

MINISTÉRIO DO
MEIO AMBIENTE E
MUDANÇA DO CLIMA

COLETÂNEA BRASILEIRA DE

Arborização Urbana

Região
Norte





República Federativa do Brasil

Luiz Inácio Lula da Silva | *Presidente*

Geraldo Alckmin | *Vice-Presidente*

Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima

João Paulo Ribeiro Capobianco | *Ministro de Estado*

Secretaria-Executiva

Anna Flávia de Senna Franco | *Secretária-Executiva*

**Secretaria Nacional de Meio Ambiente Urbano,
Recursos Hídricos e Qualidade Ambiental**

Adalberto Felício Maluf Filho | *Secretário*

Departamento de Meio Ambiente Urbano

Carlos Maurício da Fonseca Guerra | *Diretor*

Coordenação de Adaptação dos Ambientes Urbanos à Mudança do Clima

Jennifer Viezzer | *Coordenadora-Geral*

Coordenação de Cidades Sustentáveis

Salomar Mafaldo de Amorim Junior | *Coordenador-Geral*

MINISTÉRIO DO
MEIO AMBIENTE E
MUDANÇA DO CLIMA

COLETÂNEA BRASILEIRA DE

Arborização Urbana

Região
Norte

Organizadores

Fernando Periotto

Maurício Lamano Ferreira

Alessandro Reinaldo Zabotto

Brasília
MMA
2026

Idealização, Coordenação Geral e Organização

Dr. Fernando Periotto
Dr. Maurício Lamano Ferreira
Dr. Alessandro Reinaldo Zabotto

Revisão Textual

Fátima Cavallaro
Iracema Santos Fantaguci
Nildaiane Sales

Equipe do DMUR/SQA/MMA

Ana Luisa Teixeira de Campos
Carlos Maurício da Fonseca Guerra
Célia Regina Miranda Melo
Daniel de Figueiredo Ramalho
Jennifer Viezzer
Juliane Porto Cruz de Medeiros
Leonardo Mendonça de Lima
Mirela Garaventa
Salomar Mafaldo de Amorim Junior
Vanderli da Silva Leite
Vanessa Maria da Silva
Wiéner Anselmo de Medeiros Souza

Apoio Institucional

Sociedade Brasileira de Arborização
Urbana (SBAU)

Conselho Editorial Acadêmico

Dr. Alessandro Reinaldo Zabotto
Dra. Danúbia Caporusso Bargas
Dra. Débora S. Alvim
Dr. Fernando Periotto
Dra. Giuliana Velasco
Dra. Greyce Mass
Dra. Luciana Bongiovanni Martins Schenk
Dr. Mauricio Lamano Ferreira
Dr. Patrick Luan Ferreira dos Santos
Dr. Rafael Barroca Silva
Dr. Sérvio Túlio Pereira Justino

Produção Executiva

Zabotto Ambiental
Escola de Engenharia de Lorena (USP)
Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)

Capa, Projeto Gráfico e Diagramação

Maurelio Barbosa | Ás Editorial

Imagens de Capa

©Ardea-studio | Adobe Stock
©Majcot | Adobe Stock
©Ranilson | Adobe Stock

Esta publicação foi produzida pelo Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima (MMA) no contexto do Programa Cidades Verdes Resilientes (PCVR), com recursos do Termo de Execução Descentralizada nº 001927/2024-0010 com a Universidade Federal do Alagoas (UFAL) para o fortalecimento de ações para a ampliação da Arborização Urbana no Brasil. As informações apresentadas nesta obra são de inteira responsabilidade dos(as) autores(as) e não expressam, necessariamente, a posição institucional do MMA.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação - CIP

B823 Brasil. Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima.
Coletânea brasileira de arborização urbana [recurso eletrônico] : região
norte. – Brasília, DF : MMA, 2026.
534 p. : il. color.

Modo de acesso: World Wide Web
ISBN: 978-85-7738-562-1

1. Área urbana. 2. Arborização brasileira. 3. Biodiversidade. 4. Políticas
Públicas. I. Título.

CDU 711.28

IBAMA
Biblioteca Nacional do Meio Ambiente
Júlia G. de Menezes – CRB1/3001

Revisores *ad hoc*

Dra. Ana Carolina Maioli (UFLA)
Dr. Armando Tavares (IAC)
Dr. Bruno Edson Chaves (UECE)
Dra. Catarine Saunier (Museu Goeldi)
Dr. Cristiano Capellani Quaresma (UNINOVE)
Dra. Daielle Carrijo Gomes (UNEMAT)
Dr. Daniel Baron (UFSCar)
Dra. Danúbia Caporruso Bargas (EEL/USP)
Dra. Débora Cristina Rother (UFSCar)
Dra. Debora S. Alvim (EEL/USP)
Dr. Diego Conti (PUCCAMP)
Dra. Efigênia de Melo (UEFS)
Dra. Ermelina Pataca (FE/USP)
Dr. Evandro Mateus Moretto (IEE/USP)
Dr. Fabio Shibao (UNG)
Dr. Fabrício Bau Dalmas (UNG)
Dra. Giuliana Velasco (IPT)
Dr. Henrique Carmona (UFSCar)
Dr. Jefferson Sobrinho (UFRPE)
Dra. Laura Cristina Pires Lima (UNILA)
Dr. Luiz Mauro Barbosa (IPA)
Dr. Marcelo Ferraz (UNESP)
Dra. Maria Teresa Zugliani Toniato (IPA)
Dr. Miguel Francisco (IPA)
Dra. Natália Cristina de Oliveira (UNESP)
Dra. Patrícia Bulbovas Hueb (UNG)
Dr. Paulo Eduardo Moruzzi Marques (USP)
Dra. Renata Bovo Peres (UFSCar)
Dr. Roque Cielo Filho
Dr. Samuel Benedicto (PUCCAMP)
Dr. Thiago Philipe de Camargo e Timo (UFSCar)

SOBRE OS ORGANIZADORES

Fernando Periotto

Professor associado do Centro de Ciências da Natureza (CCN), campus Lagoa do Sino, da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), em Buri, SP. Doutor em Ciências pela UFSCar, onde também concluiu as graduações em Ciências Biológicas (Licenciatura e Bacharelado). Atuou por quatro anos como professor adjunto na Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), campus Medianeira, PR. Realizou pós-doutorado na ESALQ/USP, no Departamento de Ciências Florestais, e atualmente desenvolve seu segundo pós-doutorado na *Universidad de Extremadura* (UEx), na Espanha.

Maurício Lamano Ferreira

Professor visitante na *Università degli Studi di Bari* (Itália). Pós-doutor pelo Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento Territorial da Universidade do Porto (Portugal); Pós-doutor e doutor pelo Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo (CENA/USP); Mestre em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente pelo Instituto de Botânica de São Paulo (IBt/SP); graduado em Geociências pelo Instituto de Geociências da USP (IGc/USP) e em Ciências Biológicas pela Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM). Atualmente é docente do Departamento de Ciências Básicas e Ambientais da Universidade de São Paulo (DEBAS/EEL/USP).

Alessandro Reinaldo Zabotto

Biólogo, especialista em Educação Ambiental, mestre e doutor em Agronomia pela Universidade Estadual Paulista (UNESP), com período de estudos na *Universidad de Buenos Aires*, Argentina. Atua há anos liderando expedições científicas na Amazônia, com foco no levantamento da biodiversidade, incluindo flora e fauna, e na caracterização de ecossistemas tropicais. É consultor especialista em arborização urbana e planejamento ambiental, coordenando projetos que integram conservação da natureza, gestão da paisagem e desenvolvimento urbano sustentável. Sua atuação concentra-se na promoção de cidades mais resilientes às mudanças climáticas, por meio da valorização da infraestrutura verde e da arborização urbana como ferramenta estratégica de planejamento territorial.

APRESENTAÇÃO

Caro leitor,

Você tem em mãos um dos cinco volumes de uma coletânea que nasce com o propósito de contribuir para o futuro das cidades brasileiras — entre os 5.570 municípios do país, além do Distrito Federal — em um território rico em diversidade, mas ainda marcado pela precariedade ambiental em grande parte de suas áreas urbanas.

A Coletânea Brasileira de Arborização Urbana surgiu como uma luz em novembro de 2019, durante uma palestra memorável da bióloga e ex-presidente da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana (SBAU), Maria do Carmo Sanchotene (*in memoriam*). Naquele momento, ela destacou a necessidade de reunir, em uma única obra, os temas relacionados à arborização urbana brasileira, até então dispersos em diferentes fontes.

Assumimos, com coragem e determinação, o desafio de transformar essa inspiração em uma obra concreta e de alcance nacional. Não foi um caminho simples: foram anos de intenso trabalho, mais de uma centena de encontros presenciais e virtuais, muitos deles em meio ao difícil período da pandemia da COVID-19. A construção desta coletânea exigiu de nós, três organizadores, resiliência, disciplina e a convicção de que a arborização urbana brasileira merecia esse registro histórico, técnico e social.

O resultado desse esforço é uma obra estruturada em cinco volumes, cada um dedicado a uma das cinco regiões do Brasil — Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul. Em cada volume, o conteúdo foi organizado em três partes:

Parte I: Eixo da biodiversidade e aspectos gerais da arborização urbana;

Parte II: Eixo da florística, dedicado à flora de cada estado brasileiro;

Parte III: Eixo das políticas públicas, com exemplos práticos de cada região do país.

Mais do que registrar conhecimento, esta coletânea reflete uma urgência do nosso tempo. O plantio de árvores nas cidades vai muito além da questão estética: tornou-se uma necessidade vital. É preciso criar ferramentas que preparem as áreas urbanas para futuros cenários de extremos climáticos e desenvolver mecanismos que aumentem a resiliência das cidades, prestando serviços ambientais que melhorem efetivamente a qualidade de vida da população.

Cabe destacar que esse esforço somente se tornou possível graças ao apoio institucional da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana (SBAU), especialmente pela atenção e atuação do presidente da entidade à época, Sérgio Chaves, que esteve ao nosso lado desde os primeiros passos desta grandiosa obra. Tivemos, ainda, a honra de contar com a colaboração de mais de 600 pesquisadores e gestores, vinculados a mais de 80 instituições de pesquisa, universidades e órgãos municipais. A maioria é composta por professores de universidades públicas, pesquisadores ambientais e gestores públicos engajados na pauta da arborização urbana. Ressaltamos, também, que esta publicação somente se concretizou graças ao apoio do Governo Federal, por meio do Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima, cujo financiamento foi fundamental para viabilizar esta obra.

Desejamos, por fim, que esta obra, fruto de tanto esforço coletivo, traga benefícios duradouros para todo o território brasileiro — hoje e por muitos anos que virão.

Fernando Periotto

Maurício Lamano Ferreira

Alessandro Reinaldo Zabotto

Organizadores da Coletânea Brasileira de Arborização Urbana

PREFÁCIO

O Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima (MMA), por meio da Secretaria Nacional de Meio Ambiente Urbano, Recursos Hídricos e Qualidade Ambiental, tem a honra de apresentar a Coletânea Brasileira de Arborização Urbana. Esta obra é fruto de um amplo esforço colaborativo entre diversas instituições e do trabalho dedicado de autoras e autores comprometidos com a promoção da qualidade ambiental nas cidades brasileiras. A coletânea representa uma contribuição significativa para a compreensão e valorização do papel essencial que a arborização urbana desempenha na construção de cidades mais sustentáveis, saudáveis e acolhedoras.

A arborização urbana é um dos pilares da transição ecológica que o Brasil vem consolidando. Ao reconhecer as árvores urbanas como infraestrutura básica, esta coletânea dialoga diretamente com o Programa Cidades Verdes Resilientes (PCVR), iniciativa do Governo Federal que busca integrar políticas urbanas, ambientais e climáticas para promover práticas sustentáveis e potencializar os serviços ecossistêmicos nas cidades brasileiras.

A publicação também se insere como instrumento essencial para a implementação do Plano Nacional de Arborização Urbana (PlaNAU), que estabelece objetivos, metas, diretrizes, estratégias e ações para ampliar a cobertura arbórea nas cidades, promover a biodiversidade urbana e gerar benefícios acessíveis a todas as pessoas.

A Coletânea Brasileira de Arborização Urbana traduz em conhecimento aplicado os princípios do PCVR e do PlaNAU. Ao reunir contribuições de centenas de profissionais, de todas as regiões do país, oferece um panorama abrangente sobre as etapas da arborização urbana, como a produção de sementes e mudas, o plantio e o manejo; e sobre biodiversidade e serviços ecossistêmicos, com destaque para as listas de espécies nativas recomendadas. Ela serve como um guia abrangente para a implementação e gestão da arborização urbana, oferecendo uma base sólida para a execução de políticas públicas em nível federal, estadual e municipal.

O Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima reafirma, com esta obra, seu compromisso com a valorização da natureza nas cidades. Que esta publicação sirva como ferramenta de transformação, estimulando gestores, técnicos e sociedade a compreenderem a

arborização urbana como direito e dever coletivo. Assim, plantamos juntos as bases de um novo paradigma urbano, em que as árvores ocupam o centro da vida e do planejamento das cidades brasileiras.

Adalberto Maluf

Secretário Nacional de Meio Ambiente Urbano, Recursos Hídricos e Qualidade Ambiental
Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima

PRÓLOGO

É com imensa satisfação que apresento esta Coletânea Brasileira de Arborização Urbana, resultado de um esforço coletivo que ultrapassa a dimensão técnica e científica: ela expressa o compromisso humano de centenas de pessoas com cidades mais justas, resilientes e acolhedoras.

Ao longo de minha trajetória na arboricultura, sempre compreendi que as árvores urbanas representam muito mais que um elemento de paisagismo. Elas são infraestrutura vital para nossas cidades. Prestam serviços ambientais, regulam o microclima, melhoram a qualidade do ar, reduzem riscos à saúde, aproximam as pessoas da natureza e, sobretudo, simbolizam esperança em meio aos desafios que enfrentamos. Esta coletânea dá corpo a esse entendimento, estruturando-se em três grandes eixos — biodiversidade e aspectos gerais da arborização urbana, florística e políticas públicas — que se complementam e se entrelaçam para compor uma visão abrangente.

É importante lembrar que esta obra só foi possível graças ao empenho incansável dos organizadores Fernando Periotto, Maurício Lamano Ferreira e Alessandro Reinaldo Zabotto, que souberam transformar inspiração em ação, conduzindo com resiliência e sensibilidade um processo que envolveu centenas de pesquisadores, gestores e cidadãos. A eles, meu reconhecimento e gratidão.

Estou convicto de que esta coletânea se tornará referência obrigatória, não apenas para pesquisadores e técnicos, mas também para gestores públicos, planejadores urbanos e para todos aqueles que acreditam que o futuro das cidades depende da presença viva das árvores. Que esta obra inspire práticas, políticas e novos olhares, ajudando a transformar a arborização urbana em um instrumento de justiça socioambiental e de dignidade para todos.

Sérgio Chaves

Presidente da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana de 2020 a 2023

SUMÁRIO

1. AS CIDADES E AS ÁRVORES, UMA INTRODUÇÃO	1
1.1. Natureza e paisagem	2
1.2. Quando a natureza é pauta para a cidade	3
1.3. O movimento pelos parques e o urbanismo sanitarista	5
1.4. Quando a natureza se torna pauta para as cidades no Brasil	6
1.5. Arborização urbana brasileira: início da consolidação	7
1.6. Arborização, espécies e experiências	9
1.7. Arborização urbana: desafios	11
1.8. Referências	12
2. FERRAMENTAS GLOBAIS PARA APOIAR A GESTÃO DA PAISAGEM URBANA, POLÍTICAS E PROJETOS QUE PROMOVAM A SAÚDE E O BEM-ESTAR HUMANOS	15
2.1. Orientando as paisagens para um futuro melhor	16
2.2. <i>i-Tree</i> : Ferramentas de coleta de dados para melhorar a gestão, o planejamento e os projetos de florestas urbanas	17
2.3. O conceito do <i>i-Tree</i>	18
2.4. Ferramentas <i>i-Tree</i>	20
2.5. Uso do <i>i-Tree</i>	22
2.6. Projetos internacionais	23
2.7. Desenvolvimentos internacionais futuros	24
2.8. Considerações finais	25
2.9. Referências	25

PARTE 1

Apresentação	
ARBORIZAÇÃO URBANA, BEM-ESTAR E ÁREAS NATURAIS	33
3. VIVEIRISTAS, COLETORES DE SEMENTES E DIVERSIDADE GENÉTICA NA ARBORIZAÇÃO URBANA	35
3.1. Destaques deste capítulo	35
3.2. Introdução	35

3.3.	Colheita de frutos e sementes.....	37
3.4.	Composição florística da região.....	37
3.5.	Diversidade genética.....	38
3.6.	Seleção de matrizes.....	39
3.7.	Implantação de viveiros.....	40
3.8.	Seleção do local do viveiro.....	40
3.9.	Viveiros permanentes ou fixos.....	41
3.10.	Viveiros temporários ou provisórios.....	41
3.11.	Sementeiras	41
3.12.	Produção de mudas.....	41
3.13.	Definição do tipo de embalagem.....	42
3.14.	Tipos de semeadura x tamanho das sementes.....	43
3.15.	Tempo de produção de mudas x tamanho da muda (altura)	43
3.16.	Processo de adubação de mudas	43
3.17.	Considerações finais.....	44
3.18.	Referências	44
4.	MANEJO E TECNOLOGIAS NA ARBORIZAÇÃO URBANA.....	46
4.1.	Destaques deste capítulo	46
4.2.	Introdução	46
4.2.1.	O manejo da arborização urbana	46
4.3.	Conflitos existentes com a arborização.....	48
4.4.	Conflitos físicos.....	48
4.5.	Conflitos sociais.....	51
4.6.	Estudo de caso.....	52
4.6.1.	Incompatibilidade da Arborização Urbana com a área construída na cidade de Manaus (AM).....	52
4.7.	Tecnologias voltadas à arborização	52
4.8.	Mapeamento e fiscalização	52
4.9.	Manejo e conservação	54
4.10.	Estudo de caso.....	54
4.10.1.	Projeto Floresta Urbana: inventário diagnóstico de dez bairros na cidade de Santarém (PA).....	54
4.11.	Considerações finais.....	59
4.12.	Referências	59
5.	ASPECTOS TÉCNICOS DE PLANTIO E ADUBAÇÃO DE ÁRVORES URBANAS... 63	
5.1.	Destaques deste capítulo	63
5.2.	Introdução	63
5.3.	O envolvimento da comunidade como elemento fundamental para o êxito de um projeto de arborização urbana	64
5.4.	Aspectos técnicos de plantio e adubação de árvores urbanas.....	65

5.5.	Época de plantio	65
5.6.	Abertura da cova.....	65
5.7.	Adubação	66
5.8.	Área de crescimento ou área livre não pavimentada	67
5.9.	Características das mudas.....	68
5.10.	Plantio das mudas	68
5.11.	Tutoramento das mudas.....	70
5.12.	Grades de proteção.....	70
5.13.	Irrigação.....	71
5.14.	Adubação de manutenção.....	71
5.15.	Considerações finais.....	72
5.16.	Referências	72
6.	PRAGAS E DOENÇAS EM ÁRVORES URBANAS	75
6.1.	Destaques deste capítulo	75
6.2.	Introdução	75
6.3.	Principais pragas e doenças do cajueiro (<i>Anacardium occidentale</i>).....	76
6.4.	Pragas do cajueiro	76
6.5.	Desfolhadores	77
6.5.1.	Outras pragas	78
6.5.2.	Doenças	78
6.5.3.	Outras doenças.....	80
6.6.	Principais pragas e doenças do ipê-amarelo (<i>Handroanthus serratifolius</i>)	80
6.6.1.	Pragas do ipê-amarelo.....	80
6.6.2.	Doenças do ipê-amarelo.....	80
6.6.3.	Outras doenças.....	83
6.7.	Principais pragas e doenças da mangueira (<i>Mangifera indica</i>).....	83
6.7.1.	Pragas da mangueira	83
6.7.2.	Outras pragas	84
6.7.3.	Doenças da mangueira	84
6.8.	Outras doenças.....	86
6.9.	Principais pragas e doenças da sumaumeira (<i>Ceiba pentandra</i>)	87
6.9.1.	Pragas da samaumeira.....	87
6.9.2.	Doenças da samaumeira.....	87
6.10.	Principais doenças e pragas do açaí (<i>Euterpe oleracea</i>)	87
6.10.1.	Pragas do açaí.....	88
6.10.2.	Doenças do açaí	89
6.11.	Principais doenças e pragas do jambeiro (<i>Syzygium malaccense</i>)	90
6.11.1.	Pragas do jambeiro.....	90
6.11.2.	Doenças do jambeiro	91
6.12.	Principais doenças e pragas da palmeira-imperial (<i>Roystonea oleracea</i>)	92
6.12.1.	Pragas da palmeira-imperial	92
6.12.2.	Doenças da palmeira-imperial	93

6.13.	Principais pragas e doenças do oiti (<i>Moquilea tomentosa</i>).....	94
6.13.1.	Pragas do oiti.....	94
6.13.2.	Doenças do oiti.....	94
6.14.	Principais doenças e pragas da munguba (<i>Pachira aquatica</i>).....	95
6.14.1.	Pragas da monguba.....	95
6.14.2.	Doenças da monguba.....	96
6.15.	Principais doenças e pragas da castanhola (<i>Terminalia catappa</i>).....	96
6.15.1.	Pragas da castanhola.....	96
6.16.	Principais doenças e pragas da sibipiruna (<i>Cenostigma pluviosum</i>).....	97
6.16.1.	Pragas da sibipiruna.....	97
6.16.2.	Doenças da sibipiruna.....	98
6.17.	Principais doenças e pragas do pau-pretinho (<i>Cenostigma tocaninum</i>).....	98
6.17.1.	Doenças do pau-pretinho.....	98
6.18.	Pragas comuns às espécies arbóreas na arborização urbana.....	99
6.19.	Considerações finais.....	99
6.20.	Referências.....	100

7. AVALIAÇÃO DE RISCO DE QUEDA E MANEJO EM ÁRVORES ADULTAS ... 106

7.1.	Destaques deste capítulo.....	106
7.2.	Introdução.....	106
7.3.	Por que as árvores caem?.....	107
7.4.	Biomecânica – a árvore como uma estrutura.....	109
7.5.	Avaliação de risco de queda.....	112
7.5.1.	Análise de alvo.....	113
7.5.2.	Análise das condições de entorno.....	114
7.5.3.	Análise visual externa.....	114
7.5.4.	Análise interna e não destrutiva.....	117
7.6.	Uso de Inteligência Artificial na Arborização Urbana.....	121
7.6.1.	Manejo de árvores adultas.....	122
7.7.	Considerações finais.....	126
7.8.	Referências.....	127

8. ÁRVORES EXÓTICAS E INVASORAS NA ARBORIZAÇÃO URBANA..... 129

8.1.	Destaques deste capítulo.....	129
8.2.	Introdução.....	129
8.3.	Por que ainda usamos espécies exóticas em uma região tão biodiversa?.....	130
8.4.	Uso de espécies exóticas na arborização urbana.....	132
8.5.	Considerações finais.....	135
8.6.	Referências.....	135

9. MORFOFISIOLOGIA DE ÁRVORES URBANAS 138

9.1.	Destaques deste capítulo.....	138
9.2.	Introdução.....	138

9.3.	Características morfofisiológicas de importância para a arborização urbana.....	140
9.4.	Morfofisiologia do sistema radicular.....	140
9.5.	Morfofisiologia da parte aérea.....	143
9.6.	Árvores urbanas e fluxos globais de carbono, água e energia	146
9.7.	Considerações finais.....	149
9.8.	Referências	149
10.	ARBORIZAÇÃO URBANA E SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS	153
10.1.	Destaques deste capítulo	153
10.2.	Introdução	153
10.3.	Qual terminologia usar: serviços ecossistêmicos, serviços ambientais ou contribuições da natureza para as pessoas?	154
10.4.	O que são os serviços ecossistêmicos urbanos?.....	155
10.5.	Principais serviços ecossistêmicos urbanos, com ênfase na arborização urbana.....	155
10.6.	Arborização urbana e amenização climática.....	159
10.7.	Arborização urbana e o sequestro e estoque de carbono	160
10.8.	Qual é a importância das relações entre a arborização urbana e a fauna para a manutenção da biodiversidade?.....	161
10.9.	Serviços ecossistêmicos culturais.....	163
10.10.	Avaliação dos serviços ecossistêmicos em áreas urbanas	166
10.11.	O que deve ser levado em consideração na avaliação de indicadores ambientais?	167
10.12.	Quais indicadores utilizar?	168
10.13.	Pagamento por serviços ambientais	171
10.13.1.	O que significa o Pagamento por Serviços Ambientais – PSA?..	171
10.13.2.	Qual é o serviço ambiental ou uso da terra a ser pago no sistema de PSA?.....	171
10.13.3.	E no ambiente urbano, quais são os serviços ambientais que podem ser alvo de um sistema de PSA?.....	172
10.13.4.	Quais são os princípios dos sistemas de PSA?.....	172
10.13.5.	Quais são as técnicas de valoração econômica dos serviços ambientais?	172
10.14.	Existem iniciativas de PSA em ambientes urbanos no Brasil?	172
10.15.	Considerações finais.....	174
10.16.	Referências	175
11.	ARBORIZAÇÃO URBANA E FAUNA ASSOCIADA	184
11.1.	Destaques deste capítulo	184
11.2.	Introdução	184
11.3.	Interações ecológicas envolvendo a fauna urbana.....	185
11.4.	Quais os impactos da urbanização sobre a fauna?	187

11.5.	Relação entre a vegetação e a fauna nativa nas cidades	188
11.6.	Por que aumentar a diversidade da fauna é importante no ambiente urbano?	190
11.7.	A diversidade da fauna e seus ambientes nas cidades do Norte do Brasil....	190
11.8.	Que animais chamam a atenção na sua cidade?	197
11.9.	A arborização e os parques em um mosaico de ambientes para a fauna na paisagem urbana	200
11.10.	Considerações finais.....	201
11.11.	Referências	202
12.	ARBORIZAÇÃO URBANA E POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA	206
12.1.	Destaques deste capítulo	206
12.2.	Introdução	206
12.3.	Padrões de qualidade do ar e legislação: compromisso legal do Brasil	207
12.4.	Monitoramento da qualidade do ar na região Norte	209
12.5.	Fontes emissoras: queimadas e veículos na região Norte e sua influência na qualidade do ar.....	210
12.6.	Infraestruturas Verdes (IV) e a prestação de serviços ecossistêmicos em ambientes urbanos	213
12.7.	Manaus (AM) e Belém (PA): análise da influência da arborização e de IV na qualidade do ar.....	215
12.8.	Considerações finais.....	224
12.9.	Agradecimentos	226
12.10.	Referências	226
13.	ARBORIZAÇÃO URBANA E SAÚDE PÚBLICA.....	231
13.1.	Destaques deste capítulo	231
13.2.	Introdução	231
13.3.	Impacto da urbanização no meio ambiente e relação com a emergência e reemergência de doenças	233
13.4.	Visitas às florestas urbanas e a saúde física e mental.....	234
13.5.	Arborização urbana e saúde, um laço que não pode ser desatado.....	235
13.6.	Estímulos físicos de ambientes arborizados e o bom funcionamento do organismo	238
13.7.	E por que a exposição ao ar livre é um fator protetor ao desenvolvimento da miopia?.....	239
13.8.	Considerações finais.....	240
13.9.	Referências	240
14.	EDUCAÇÃO AMBIENTAL E BIODIVERSIDADE NA ARBORIZAÇÃO URBANA.....	245
14.1.	Destaques deste capítulo	245
14.2.	Introdução	245
14.3.	Evidências sobre a educação ambiental e a arborização urbana na região Norte do Brasil	248

14.4.	Proposições para educação e arborização urbana na região Norte do Brasil	252
14.5.	Santarém como estudo de caso: sua história, arborização, biodiversidade e educação ambiental.....	253
14.6.	Considerações finais.....	261
14.7.	Referências	261

PARTE 2

Apresentação

FRUTOS DA BIODIVERSIDADE BOTÂNICA NAS CIDADES BRASILEIRAS E NO MUNDO	265

15. MAPEAMENTOS FITOGEOGRÁFICOS, PEDOLÓGICOS E USO E COBERTURA DA TERRA.....	269
15.1. Destaques deste capítulo	269
15.2. Introdução	269
15.3. Representação cartográfica e base de dados.....	271
15.4. Mapeamento Fitogeográfico da região Norte.....	272
15.5. Mapeamento pedológico da região Norte.....	274
15.6. Mapeamento de uso e cobertura da terra da região Norte.....	276
15.7. A Amazônia Legal no contexto atual	278
15.8. Considerações finais.....	280
15.9. Referências	280
16. CARACTERIZAÇÃO FLORÍSTICA DO ACRE E INDICAÇÃO DE ESPÉCIES NATIVAS POTENCIAIS PARA ARBORIZAÇÃO URBANA.....	282
16.1. Destaques deste capítulo	282
16.2. Introdução	282
16.3. Caracterização política e ambiental do estado do Acre.....	283
16.4. Geologia, geomorfologia e solos.....	283
16.5. Clima, hidrografia e vegetação.....	284
16.6. Arborização urbana	285
16.7. A riqueza de espécies arbóreas na flora do Acre	286
16.8. Considerações finais	297
16.9. Referências	298
17. CARACTERIZAÇÃO FLORÍSTICA DO AMAPÁ E INDICAÇÃO DE ESPÉCIES NATIVAS POTENCIAIS PARA ARBORIZAÇÃO URBANA	300
17.1. Destaques deste capítulo	300
17.2. Introdução	300
17.3. Espécies arbóreas nativas do Amapá.....	301
17.4. Considerações finais	320
17.5. Referências	320

18. CARACTERIZAÇÃO FLORÍSTICA DO AMAZONAS E INDICAÇÃO DE ESPÉCIES NATIVAS POTENCIAIS PARA ARBORIZAÇÃO URBANA	322
18.1. Destaques deste capítulo	322
18.2. Introdução	322
18.3. Justificativa e viabilidade	325
18.4. Composição florística e atributos ecológicos das espécies nativas para arborização urbana	326
18.5. Considerações finais	335
18.6. Referências	335
19. CARACTERIZAÇÃO FLORÍSTICA DO PARÁ E INDICAÇÃO DE ESPÉCIES NATIVAS POTENCIAIS PARA ARBORIZAÇÃO URBANA	337
19.1. Destaques deste capítulo	337
19.2. Introdução	337
19.3. Arborização urbana em Belém	340
19.4. Espécies arbóreas amazônicas apropriadas ao uso urbano no Pará	340
19.5. Principais atributos das árvores ornamentais para uso urbano	366
19.6. Porte da árvore adulta	366
19.7. Forma da copa	367
19.8. Floração	368
19.9. Folhagem	370
19.10. Textura do tronco e sapopemas	371
19.11. Perfume	373
19.12. Valor cultural e/ou local	373
19.13. Considerações finais	374
19.14. Agradecimentos	375
19.15. Referências	375
20. CARACTERIZAÇÃO FLORÍSTICA DE RONDÔNIA E INDICAÇÃO DE ESPÉCIES NATIVAS POTENCIAIS PARA ARBORIZAÇÃO URBANA	378
20.1. Destaques deste capítulo	378
20.2. Introdução	378
20.3. O processo de urbanização em Rondônia	379
20.4. Planejamento e benefícios dos espaços verdes urbanos	381
20.5. Espécies arbóreas da Amazônia com potencial para arborização urbana	387
20.6. Considerações finais	389
20.7. Referências	389
21. CARACTERIZAÇÃO FLORÍSTICA DE RORAIMA E INDICAÇÃO DE ESPÉCIES NATIVAS POTENCIAIS PARA ARBORIZAÇÃO URBANA	393
21.1. Destaques deste capítulo	393
21.2. Introdução	393

21.3.	As características desejáveis para uma espécie compor a arborização urbana.....	395
21.4.	As espécies selecionadas e as unidades fitoecológicas do estado de Roraima.....	408
21.5.	A composição de espécies fundamentada em famílias botânicas	410
21.6.	Espécies com potencial para a arborização viária	411
21.7.	Considerações finais	412
21.8.	Referências	412
22.	CARACTERIZAÇÃO FLORÍSTICA DO TOCANTINS E INDICAÇÃO DE ESPÉCIES NATIVAS POTENCIAIS PARA ARBORIZAÇÃO URBANA	415
22.1.	Destaques deste capítulo	415
22.2.	Introdução	415
22.3.	Histórico de ocupação do território do estado do Tocantins e sua influência na arborização urbana.....	416
22.4.	Compartimentos ambientais e fisiográficos do estado do Tocantins	418
22.5.	Biomass, regiões fitoecológicas, ecorregiões do estado do Tocantins	418
22.6.	As principais fitofisionomias do estado do Tocantins e indicação de sua flora arbórea para a arborização urbana.....	445
22.7.	Formações savânicas	445
22.8.	Formações florestais.....	447
22.9.	Mata Ciliar Inundável e Mata Ciliar Não Inundável	449
22.10.	Mata de Galeria Inundável e Mata de Galeria Não Inundável	449
22.11.	Ipuca	450
22.12.	Mata Seca Semidecídua	450
22.13.	Mata Seca Decídua.....	451
22.14.	Mata Seca Sempre-Verde	451
22.15.	Floresta Ombrófila Densa.....	452
22.16.	Formações campestres.....	453
22.17.	Considerações finais	453
22.18.	Referências	454

PARTE 3

Apresentação	
	POLÍTICAS PÚBLICAS E ARBORIZAÇÃO URBANA NO BRASIL
	459
23.	POLÍTICAS PÚBLICAS E SUSTENTABILIDADE URBANA EM PALMAS: DESAFIOS E PERSPECTIVAS
	461
23.1.	Destaques deste capítulo
	461
23.2.	Introdução
	461
23.3.	Caracterização do município de Palmas.....
	463
23.4.	Arborização urbana de Palmas
	463

23.5. Áreas verdes de Palmas.....	465
23.6. Sistema Verde Urbano.....	466
23.7. Gestão ambiental como política pública	467
23.8. Áreas verdes provenientes do parcelamento do solo.....	468
23.9. Espaços verdes de acompanhamento viário (calçadas, canteiros, rotatórias e canteiros centrais)	468
23.10. Rotatórias.....	469
23.11. Calçadas das avenidas / ruas /alamedas.....	469
23.12. Corredores verdes	470
23.13. Programas complementares ao Plano de Arborização Urbana de Palmas..	471
23.14. Considerações finais.....	472
23.15. Referências	473

24. POLÍTICAS PÚBLICAS E PERSPECTIVAS FUTURAS PARA A ARBORIZAÇÃO URBANA NA REGIÃO NORTE DO BRASIL 475

24.1. Destaques deste capítulo	475
24.2. Introdução	475
24.3. A política de arborização urbana nos planos diretores das capitais da região Norte	476
24.4. Perspectivas futuras para cidades mais eficientes e sustentáveis na região Norte	479
24.5. Economia verde associada à arborização	482
24.6. Educação ambiental.....	483
24.7. Considerações finais.....	485
24.8. Referências	486

25. POLÍTICAS PÚBLICAS NACIONAIS RELACIONADAS À ARBORIZAÇÃO URBANA..... 489

25.1. Destaques deste capítulo	489
25.2. Introdução	489
25.3. Programa Cidades Verdes Resilientes.....	491
25.4. Plano Nacional de Arborização Urbana.....	492
25.5. Programa Agricultura Urbana e Periurbana.....	492
25.6. Programa Periferia Viva	492
25.7. Plano Clima.....	493
25.8. Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa	493
25.9. Estratégia e Plano de Ação Nacionais para a Biodiversidade	493
25.10. Programa Nacional de Conservação e Uso Sustentável dos Manguezais do Brasil	494
25.11. Novo Brasil Plano de Transformação Ecológica e Novo PAC.....	494
25.12. Considerações finais.....	495
25.13. Referências	496

26. POLÍTICAS PÚBLICAS INTERNACIONAIS EM ARBORIZAÇÃO URBANA	498
26.1. Destaques deste capítulo	498
26.2. Introdução	498
26.3. As florestas urbanas e a arborização urbana	499
26.4. Casos de sucesso em políticas públicas em arborização urbana	499
26.5. Programas internacionais, federais e estaduais	501
26.6. Diagnósticos e Inventários	503
26.7. Planos Diretores de Arborização Urbana	506
26.8. Manejo, Gestão e Estratégias para consolidação de Florestas Urbanas	507
26.9. Estratégias em Arborização Urbana	511
26.10. Legislação	512
26.11. Projetos: iniciativas que ligam planos e ações à governança	513
26.12. Melhores práticas	518
26.13. Considerações finais	520
26.14. Referências	521
LISTA DOS AUTORES	527
GLOSSÁRIO	529
ÍNDICE REMISSIVO	533

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	Imagem aérea em cores realçadas da cidade de Nova Iorque, ilustrando as variações na cobertura vegetal ao longo da paisagem urbana.....	16
Figura 2.2	Ciclo de avaliações e monitoramento das florestas urbanas para a manutenção dos benefícios florestais ao longo do tempo.	17
Figura 2.3	<i>i-Tree</i> logotipo.....	17
Figura 2.4	Diagrama ilustrando o processo básico do <i>i-Tree</i>	19
Figura 2.5	Os dados do <i>i-Tree</i> podem ser coletados em dispositivos móveis.	20
Figura 2.6	Número cumulativo de usuários únicos do <i>i-Tree</i> (2006-2020). Foram necessários 12 anos para alcançar o primeiro quarto de milhão de usuários, mas apenas 3 anos para atingir o segundo quarto de milhão ...	22
Figura 2.7	Distribuição global dos usuários do <i>i-Tree</i> (2006-2020).	22
Figura 2.8	Distribuição dos projetos <i>i-Tree Eco</i> conhecidos.	23
Figura 3.1	Resumo dos aspectos gerais envolvidos no manejo adequado das sementes arbóreas nativas.....	36
Figura 3.2	Seleção de árvores matrizes com distância mínima de 100 m entre elas...	40
Figura 3.3	Organograma simplificado das etapas a serem seguidas durante o processo de produção de mudas.....	42
Figura 4.1	Os 12 princípios para gestores e tomadores de decisão para a arborização urbana.	47
Figura 4.2	Conflito físico entre o calçamento do canteiro central e o sistema radicular (<i>Moquilea tomentosa</i> – oiti), Manaus (AM).	50
Figura 4.3	Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) de três capitais da região Norte (Belém-PA, Manaus-AM e Palmas-TO) que apresentam o Plano Diretor de Arborização Urbana – PDAU.....	53
Figura 4.4	Localização de Santarém e a disposição dos bairros inventariados pelo projeto Floresta Urbana.	55
Figura 4.5	Ficha utilizada no levantamento qualitativo da arborização urbana.....	55
Figura 4.6	Disposição das árvores enumeradas no inventário realizado pelo projeto Floresta Urbana Santarém, Santarém-PA.....	56
Figura 4.7	Características quantitativas da vegetação arbórea em 10 bairros pelo projeto Floresta Urbana Santarém, Santarém-PA.....	57

Figura 4.8	As 15 espécies mais frequentes em 10 bairros inventariados no projeto Floresta Urbana Santarém, Santarém-PA.....	57
Figura 4.9	Projeto Floresta Urbana Santarém, Santarém (PA): a) Percentual de árvores em conflito com a rede elétrica em 10 bairros e b) Fitossanidade de copas de árvores em 10 bairros.....	58
Figura 4.10	Projeto Floresta Urbana Santarém, Santarém-PA: a) Sanidade do fuste das árvores inventariadas em 10 bairros; b) Sanidade da seção de raízes das árvores para 10 bairros e c) Situação do manejo das árvores para 10 bairros.....	58
Figura 5.1	Dimensões e padrão de covas recomendadas a) formato retangular; b) formato em bacia.....	66
Figura 5.2	Área livre não pavimentada.....	67
Figura 5.3	Padrão recomendado das mudas para arborização urbana.....	68
Figura 5.4	Etapas do preparo da cova: (a) Retirada da primeira camada para o lado; (b) Retirada da segunda camada para outro lado e aplicação de adubo mineral na primeira camada; (c) Aplicação de esterco curtido na primeira camada; (d) Mistura dos materiais com o solo e colocado na cova; (e) Devolução de parte do solo da segunda camada e posicionamento da muda e (f) Preenchimento da cova com a segunda camada de solo.....	69
Figura 5.5	Tutoramento de mudas.....	70
Figura 5.6	Grades de proteção.....	70
Figura 6.1	a - b) Sintomas da antracnose em folhas de cajueiro, ocasionados pelo fungo <i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	78
Figura 6.2	a - b) Sintomas da mancha-de-pestalotia em folhas de cajueiro, ocasionada pelo fungo <i>Pestalotiopsis guepinii</i> , em ambas as faces da folha..	79
Figura 6.3	a) Sintoma inicial da crosta marrom do ipê, ocasionado pelo fungo <i>Apiosphaeria guaranitica</i> e b) Manchas amarelo-esverdeadas.....	81
Figura 6.4	Evolução dos sintomas da crosta marrom em folhas de ipê, ocasionados por <i>Apiosphaeria guaranitica</i> : a) face superior das folhas e b) face inferior das folhas.....	81
Figura 6.5	Crostas marrons enegrecidas na face superior da folha, ocasionadas por <i>Apiosphaeria guaranitica</i>	82
Figura 6.6	a - b) Mancha-de-alga em folhas de jambeiro.....	92
Figura 6.7	Ocorrência de cupins: a e b) castanhola; c e d) cajueiro; e e f) mangueira e g) ipê-amarelo.....	99
Figura 7.1	Interação de fatores na análise de risco de queda de árvores.....	108
Figura 7.2	Organismos xilófagos em árvores. a) Apodrecimento do cerne por fungos em <i>Tipuana tipu</i> . b) Ninho de cupins subterrâneos em <i>Jacaranda mimosifolia</i> . c) Galerias de broca de madeira em ferida do tronco de <i>Paubrasilia echinata</i>	109
Figura 7.3	Tigmomorfogênese em árvores. a) Espessamento de raiz em <i>Anacardium angustifolia</i> . b) Raízes escora e espessamento de tronco em <i>Cecropia</i> sp. c) Reforço da bifurcação (“orelhas no tronco”) de <i>Libidibia ferrea</i>	110
Figura 7.4	Tensões nas árvores sob a ação de ventos fortes.....	111

Figura 7.5	Nível 1 de inspeção de árvores de risco a) Talude em processo erosivo e raízes de árvores de eucalipto expostas; b) Rede de distribuição: supressão de todas as árvores	113
Figura 7.6	Alguns atributos para análise de risco de queda.....	117
Figura 7.7	Penetrografia: a) Equipamento em uso; b) Exemplo e interpretação de gráfico de penetrografia realizada com IML RESI PD500: resistência à rotação da broca (gráfico verde); penetração da broca (gráfico em azul); decaimento por cavidade (vermelho); biodeterioração interna - cavidade e apodrecimento (seta amarela); lenho sadio (seta azul claro); casca (seta roxa)	118
Figura 7.8	Tomografia sônica: a) Uso do equipamento; b) Exemplo e interpretação de tomografia sônica realizada: alta velocidade, tecido sadio (marrom); média velocidade, transição de madeira sadia e deteriorada (verde); baixa velocidade, cavidade ou tecido deteriorado (magenta e azul); c) Tomografias em diferentes alturas.....	119
Figura 7.9	Tomografia de Resistividade Elétrica realizada com o <i>PiCUS TreeTronic</i> : a) Equipamento em uso na avaliação de palmeira; b) Análise em árvore: alta resistividade elétrica (vermelho escuro); baixa resistividade (tons de azul); c) <i>Syagrus romanzoffiana</i> (palmeira jerivá) com processo de deterioração interna: cavidade (azul); porção sadia do lenho (vermelho).....	120
Figura 7.10	Radar: a) Uso do radar na avaliação do sistema radicular; b) um exemplo de radargrama, indicando a presença das raízes	120
Figura 7.11	Modelo de cálculo estrutural. Exemplo de resultado obtido do ARBIO® do IPT considerando 12 velocidades de vento (Escala Beaufort).....	121
Figura 7.12	Exemplo da técnica de três cortes	123
Figura 7.13	Folhas a serem removidas em palmeiras	124
Figura 8.1	<i>Mangifera indica</i> L. (mangueira), espécie originária da Índia	133
Figura 8.2	Espécies exóticas e invasoras na arborização urbana: a) leucena (<i>Leucaena leucocephala</i>); b) amoreira (<i>Morus alba</i>) e c) ipê-de-jardim (<i>Tecoma stans</i>).....	134
Figura 9.1	Tipos de raízes.	141
Figura 9.2	Raízes ocasionando danos à calçada	141
Figura 9.3	Diferentes padrões morfológicos de copa.....	144
Figura 9.4	Esquema simplificado dos processos fisiológicos de fotossíntese, respiração e transpiração.....	147
Figura 10.1	Principais serviços ecossistêmicos urbanos	156
Figura 10.2	Impactos negativos aos serviços ecossistêmicos urbanos	157
Figura 10.3	Serviços ecossistêmicos urbanos em uma cidade arborizada e planejada...	158
Figura 11.1	Frutos de espécies de árvores amazônicas consumidos por diferentes grupos taxonômicos da fauna nativa. a) <i>Sloanea schomburgkii</i> ; b) <i>Simaba poliphylla</i> ; c) <i>Helicostylis tomentosa</i> ; d) <i>Pouteria platiphylla</i> ; e) <i>Lindackeria paludosa</i> ; f) <i>Swartzia corrugata</i> ; g) <i>Eschweilera</i> sp.; h) <i>Virola calophylla</i> ; i) <i>Cupania rubiginosa</i> ; j) <i>Ficus mathewsii</i> ; k) <i>Matayba macrotylis</i> ; l) <i>Inga lateriflora</i> ; m) <i>Pourouma villosa</i> e n) <i>Clusia grandiflora</i>	196

Figura 11.2	Animais existentes em algumas cidades da região Norte, onde ainda há remanescentes de vegetação nativa: a) sauim-de-coleira; b) japu; c) mico-de-cheiro; d e g) periquito asa-branca; e) mamangava; f) araçari; h) abelha sem ferrão; i) quatipuru; j) gaturamo e k e l) macaco parauacu ...	199
Figura 12.1	Metas estabelecidas para Padrões de Qualidade do Ar do Brasil.....	208
Figura 12.2	Localização da área de estudo – Belém (PA) e Manaus (AM).....	216
Figura 12.3	Classificação de uso e cobertura do solo utilizando <i>I-tree Canopy</i> com pontos randômicos nas cidades de Belém (PA) e Manaus (AM).....	217
Figura 12.4	Resultado da classificação de uso e cobertura do solo utilizando <i>i-Tree Canopy</i> na cidade de Belém (PA) nas duas regiões estudadas: a) Região 1 e b) Região 2.	218
Figura 12.5	Resultado da classificação de uso e cobertura do solo utilizando <i>i-Tree Canopy</i> na cidade de Manaus (AM) nas duas regiões estudadas: a) Região 1 e b) Região 2.	220
Figura 12.6	Dados de concentração dos poluentes $MP_{2,5}$, MP_{10} e O_3 entre 2018 e 2022: a) Belém e b) Manaus.	224
Figura 13.1	Esquema representativo da inclusão social por meio de alimentos da floresta.....	232
Figura 13.2	Esquema representativo dos benefícios dos ambientes naturais na saúde humana.....	236
Figura 14.1	Região Norte do Brasil.....	248
Figura 14.2	A cidade de Santarém em meio às florestas urbanas.	254
Figura 14.3	O verde e as antigas praias, a superposição do porto da Cargill e o <i>campus</i> Tapajós da Ufopa.	255
Figura 14.4	Canteiro Central da Avenida Cuiabá: Frutos da educação ambiental..	256
Figura 14.5	Árvore nim compondo com espécies tradicionais em Santarém (PA)...	257
Figura 14.6	Sombreamento com buganvílias com estruturas de caramanchão em praça pública de Santarém (PA).....	259
Figura 14.7	Samaúma em canteiro central: Interessante ocupação, árvore em vez de estátua.	260
Figura 15.1	Localização da região Norte do Brasil.....	270
Figura 15.2	Mapa das Unidades Fitoecológicas da região Norte do Brasil.....	272
Figura 15.3	Mapa de solos da região Norte do Brasil.....	274
Figura 15.4	Mapa de uso e cobertura da terra da região Norte do Brasil.	276
Figura 15.5	As cinco zonas Amazônicas.....	279
Figura 16.1	Mapa de vegetação do estado do Acre com destaque para as tonalidades verde-claro (Floresta Aberta) e verde-escuro (Floresta Densa).....	284
Figura 16.2	Espécies arbóreas com ocorrência no estado do Acre indicadas para a arborização urbana. a) <i>Spondias mombin</i> ; b) <i>Himatanthus sucubus</i> ; c) <i>Astrocaryum articulatum</i> ; d) <i>Iriartea deltoidea</i> ; e) Visão geral de <i>Mauritia flexuosa</i> ; f) Visão dos frutos de <i>Mauritia flexuosa</i> ; g) <i>Jacaranda copaia</i> ; h) <i>Handroanthus impetiginosus</i> ; i) <i>Sparattosperma leucanthum</i>	295

Figura 16.3	Espécies arbóreas com ocorrência no estado do Acre indicadas para a arborização urbana. A partir do alto à esquerda: a) <i>Bixa orellana</i> ; b) <i>Cochlospermum orinocense</i> ; c) <i>Cordia nodosa</i> ; d) <i>Amburana acreana</i> ; e) <i>Andira inermis</i> ; f) <i>Erythrina poeppigiana</i> ; g) <i>Clitoria arborea</i> ; h) <i>Hymenaea courbaril</i> ; e i) <i>Myroxylon balsamum</i>	296
Figura 17.1	Unidades fitogeográficas do estado de Amapá.	303
Figura 17.2	Distribuição de frequência de altura das árvores nativas adequadas para arborização urbana no estado do Amapá.	319
Figura 18.1	Unidades fitogeográficas do estado do Amazonas.	324
Figura 19.1	Unidades fitogeográficas do estado do Pará.	339
Figura 19.2	Exemplos de árvores com relação ao porte usadas em: a) Ruas e avenidas, pau-preto (<i>Cenostigma tocanthinum</i>); b) Ruas estreitas, ipê-amarelo (<i>Handroanthus</i> sp.) e c) Praças e parques de Belém, guajará (<i>Chrysophyllum venezuelanense</i>).	366
Figura 19.3	Belas flores de a) <i>Amberestia nobilis</i> ; b) <i>Pachira aquatica</i> (mamorana); c) <i>Brownea grandiceps</i> (rosa da mata); d) Espécie de Guttiferae e e) <i>Cenostigma tocanthinum</i> (pau-preto).	368
Figura 19.4	a) A belíssima floração do ipê-amarelo (<i>Handroanthus serratifolius</i>); b) Floração do ipê-roxo (<i>Handroanthus impetiginosus</i>) nos domínios da floresta tropical de terra firme da Amazônia – ambas as espécies são emergentes e podem apresentar troncos com diâmetros superiores a 100 cm e alturas entre 30-40 metros e c) Flor de castanha-de-macaco (<i>Couroupita guianensis</i>).	369
Figura 19.5	a) Os tons de prata apresentados pelas folhas lobadas de algumas espécies de embaúbas (<i>Cecropia hololeuca</i>) é de rara beleza e b) O tom amarelado das folhas novas da maçaranduba (<i>Manilkara elata</i>) são muito ornamentais.	371
Figura 19.6	Aspectos da beleza dos troncos de algumas espécies que justificaria sua escolha em função dessa característica: a) Tararé (<i>Pithecolobium tortum</i>); e b) <i>Stiffia chrysantha</i>	372
Figura 19.7	a–c) Exemplares de samaúma (<i>Ceiba pentandra</i>) com sapopemas, que são raízes tabulares que afloram junto à base do tronco e lhes conferem um aspecto de vitalidade e mistério.	373
Figura 19.8	a) Exemplares de mangueiras (<i>Mangifera</i> spp.) plantadas em ruas de Belém, muitas vezes formando alamedas e b) Exemplar de pau-brasil (<i>Paubrasilia echinata</i>) plantado na Embrapa Amazônia Oriental, também em Belém.	374
Figura 20.1	a) Representação da evolução (1980-2010) do crescimento populacional do estado de Rondônia em relação ao crescimento da taxa de urbanização; b) Gráfico referente à evolução da população no meio urbano e rural do estado.	380
Figura 20.2	Unidades fitogeográficas do estado de Rondônia.	383
Figura 21.1	Unidades de vegetação do estado de Roraima.	408
Figura 22.1	Mapa fitogeográfico do estado do Tocantins.	419

Figura 24.1	Arborização e área para escoamento da chuva na calçada.....	480
Figura 24.2	Esquema de um jardim de chuva.....	481
Figura 24.3	Esquema de biovaleta.....	481
Figura 26.1	Tela do <i>Sistema de Árbol Urbano</i> de Medellín.....	500
Figura 26.2	Tela do Visor Geográfico Ambiental da cidade de Bogotá.....	501
Figura 26.3	Mapa interativo das árvores das ruas de Nova Iorque.....	505
Figura 26.4	Mapa interativo das árvores das ruas de São Francisco.....	506
Figura 26.5	Tela do Sistema de Gestão da Arborização Urbana da cidade de Bogotá.....	506

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1	Benefícios e custos das árvores quantificados e em desenvolvimento no <i>i-Tree</i>	19
Tabela 2.2	Exemplo de análises globais do <i>i-Tree</i>	23
Tabela 7.1	Atributos para análise de risco de queda de árvores no Nível de Inspeção 2.....	114
Tabela 8.1	Espécies exóticas com potencial invasor utilizadas na arborização urbana da região Norte do Brasil.....	134
Tabela 9.1	Porte das árvores.....	143
Tabela 10.1	Indicadores de serviços ecossistêmicos relacionados à arborização urbana e vinculados à função regulação.....	168
Tabela 10.2	Indicadores de serviços ecossistêmicos relacionados à arborização urbana e vinculados à função suporte ou habitat.....	169
Tabela 10.3	Indicadores de serviços ecossistêmicos relacionados à arborização urbana e vinculados à função produção ou provisão.....	170
Tabela 10.4	Indicadores de serviços ecossistêmicos relacionados à arborização urbana e vinculados à função cultural.....	171
Tabela 10.5	Exemplos de métodos de valoração econômica.....	173
Tabela 10.6	Exemplos de iniciativas de PSA no Brasil.....	173
Tabela 11.1	Lista de algumas espécies amazônicas que apresentam atrativos para a fauna. Tf = terra firme de platô e vertente, Tf.b = terra firme em baixios, Fi = florestas inundáveis, Ta = todos os ambientes.....	191
Tabela 12.1	Relação entre população e número de veículos nos estados e capitais da região Norte.....	212
Tabela 12.2	Classificação da cobertura do solo das regiões estudadas na cidade de Belém (PA), utilizando a ferramenta <i>i-Tree Canopy</i>	219
Tabela 12.3	Classificação da cobertura do solo das regiões estudadas na cidade de Manaus (AM), utilizando a ferramenta <i>i-Tree Canopy</i>	220
Tabela 12.4	Benefícios para a qualidade do ar e econômicos proporcionados pela arborização nas áreas estudadas da cidade de Belém (PA).....	221
Tabela 12.5	Benefícios para a qualidade do ar e econômicos proporcionados pela arborização nas áreas estudadas da cidade de Manaus (AM).	221

Tabela 12.6	Detalhamento da remoção de poluentes atmosféricos e ganhos econômicos proporcionados pela arborização nas áreas estudadas da cidade de Belém (PA).	222
Tabela 12.7	Detalhamento da remoção de poluentes atmosféricos e ganhos econômicos proporcionados pela arborização nas áreas estudadas da cidade de Manaus (AM).	222
Tabela 15.1	Dados territoriais e populacionais da região Norte.	270
Tabela 15.2	Distribuição original do Sistema Fisionômico-Ecológico dos estados da região Norte.	273
Tabela 15.3	Distribuição espacial dos solos nos estados da região Norte do Brasil....	275
Tabela 15.4	Distribuição espacial do uso e cobertura da terra nos estados da região Norte do Brasil.	277
Tabela 16.1	Famílias e espécies arbóreas nativas sugeridas para uso em arborização urbana nos municípios do estado do Acre – Lista Aberta com os seus respectivos atributos ecológicos, morfológicos, fenológicos, reprodutivos e de adequação de plantio às cidades.	287
Tabela 17.1	Famílias e espécies arbóreas nativas sugeridas para uso em arborização urbana nos municípios do estado do Amapá – Lista aberta com respectivos atributos ecológicos, morfológicos, fenológicos, reprodutivos e de adequação de plantio às cidades.	303
Tabela 18.1	Famílias e espécies nativas sugeridas para uso em arborização urbana nos municípios do estado do Amazonas - Lista aberta com atributos ecológicos, morfológicos, fenológicos, reprodutivos e de adequação de plantio às cidades.	327
Tabela 19.1	Relação das espécies arbóreas amazônicas com ocorrência no Pará e com potencial ornamental para uso urbano em vias públicas e áreas verdes (espécies com altura em negrito são consideradas de grande porte).	341
Tabela 20.1	Lista da composição florística de espécies nativas inseridas na arborização urbana do estado de Rondônia; e suas descrições quanto à Família botânica; Hábito de crescimento (Arv – Arbóreo, Arb – Arbustivo, Subarb – Subarbustivo, Her – Herbácea, Palm –Palmeira); Grupo Ecológico – GE (Pi – Pioneira, Si – Secundária inicial, St – Secundária tardia, Climácica – Cl); e Dormência em sementes.	383
Tabela 21.1	Famílias e espécies arbóreas nativas sugeridas para uso em arborização urbana nos municípios do estado de Roraima – Lista aberta com os respectivos atributos ecológicos, morfológicos, fenológicos, reprodutivos e de adequação de plantio às cidades.	399
Tabela 22.1	Lista de espécies nativas indicadas para arborização urbana no estado do Tocantins.	421
Tabela 23.1	Campos da ficha de coleta de dados (metodologia).....	464
Tabela 24.1	Percentual dos principais indicadores urbanísticos na região Norte	477

Capítulo 1

AS CIDADES E AS ÁRVORES, UMA INTRODUÇÃO

*Por Luciana Bongiovanni Martins Schenk, Marta Enokibara,
Eliane Guaraldo e Lucia Helena Ferreira Moura*

Todos os que se iniciam no conhecimento das ciências da natureza – mais cedo ou mais tarde, por um caminho, ou por outro – atingem a ideia de que a paisagem é sempre uma herança. Na verdade ela é uma herança em todo sentido da palavra: herança dos processos fisiográficos e biológicos, e patrimônio coletivo dos povos que historicamente a herdaram como território de ação de suas comunidades [1].

A presença da natureza nas cidades é objeto de estudos e debates contemporâneos envolvendo questões acerca de temas como sustentabilidade, resiliência, infraestrutura verde e soluções baseadas na natureza (SbN). Porém, é possível constatar que essa relação que toma a natureza e suas lógicas como modelo para o planejamento de cidades, está sendo *atualizada*, mais do que *criada*, pois suas matrizes históricas remontam ao próprio fenômeno do desenvolvimento urbano em diferentes períodos.

Esta introdução aborda um percurso histórico que aponta para a presença da natureza em uma especial fisionomia, a da arborização nas cidades, como testemunho de um esforço que procurou unir processos de ocupação urbana e a presença das árvores; esforço nem sempre contínuo, bem planejado ou executado, mas sim, sujeito a muitas intercorrências.

A alteração dos territórios pelo processo de urbanização se materializou através de séculos, tomando muitas formas. Em relação às árvores, registros mostram que há aproximadamente 10.000 anos a humanidade começa a cultivar árvores frutíferas, acontecimento coetâneo à domesticação e cultivo de plantas anuais [2].

A partir do uso inicial como produtoras de alimentos, as árvores foram plantadas também por questões de conforto, para sombreamento de caminhos e espaços de estar, bem como por questões estéticas, de embelezamento e representação, marcando lugares e criando significados.

A possibilidade de abordar o exato momento em que essa relação mais específica entre cidades e árvores se inicia é bastante controversa, em especial se a pesquisa se debruçar sobre todos os continentes e abrir seu leque de investigação do Oriente ao Ocidente. O recorte aqui

proposto dialoga com a matriz europeia, origem do processo de colonização brasileira e da relação estabelecida com as especificidades locais, ainda pouco difundidas.

No contexto brasileiro, esse escrito apresenta alguns contextos em que se percebe a presença do verde urbano num primeiro momento de forma privada, relacionada aos jardins das casas, quintais e pomares, estando ruas e praças, na maior parte das cidades e vilas, desprovidas de arborização; e, um segundo momento, representado pela introdução da arborização em espaços públicos: praças, parques, jardins públicos, hortos e arborização viária. Como peças urbanas inovadoras, esses lugares públicos e verdes guardarão diferentes qualidades, tornando-se símbolos de promoção da vida cívica, com características que procuravam fomentar o encontro social, a fruição e a contemplação de paisagens planejadas e projetadas.

Interessa especialmente, no desenvolvimento deste texto, destacar o momento associado ao plantio sistemático de árvores em logradouros públicos, um período histórico que demarca a utilização da arborização como parte da infraestrutura urbana, relacionada às ruas e avenidas, que ligam jardins, praças verdejadas e parques. Essa visão sistêmica, que nasce em meados do século XIX, representava um momento paradigmático da história humana: o anseio de planejar cidades com base em seus espaços livres públicos, criando ambientes urbanos mais agradáveis e salubres para seus cidadãos, por meio da implantação de singular infraestrutura relacionada ao verde, esteticamente elaborado pelos padrões de beleza da época.

No Brasil, do período colonial aos dias atuais, pode-se observar esse esforço de verdejar as cidades em diferentes momentos e com distintas ênfases. Não se pretende esgotar o assunto, mas antes apresentar um quadro que busca sensibilizar o leitor acerca da importância e dos desafios dessa tarefa. Assim, à luz de um percurso histórico, o escrito convida a conhecer alguns lugares nos quais as árvores protagonizaram a cena; e alguns cidadãos, que as defenderam, planejaram e plantaram essas paisagens.

1.1. Natureza e paisagem

Natureza não é algo que tenha uma definição simples. Se investigarmos seus significados será possível constatar alterações e compreensões distintas em diferentes culturas e tempos históricos, ou seja, ao longo de séculos, até os dias atuais, a natureza guardou diferentes compreensões [3].

A natureza para a cultura clássica compartilhou perspectivas que a definiram como unidade, da qual participavam todos os seres, inclusive os humanos. Para religiões, a natureza foi também definida como grande obra divina: ela manifestava esse divino e, sob essa perspectiva, o homem surge como peça especial da criação.

Interessa iluminar o momento histórico, a partir do chamado Renascimento, em que a Natureza se tornou objeto de estudo e investigação da ciência. Sob essa forma material e concreta a natureza se torna, com o passar dos séculos, mercadoria, objeto de exploração e comércio, recurso econômico desprovido de toda e qualquer subjetividade.

Contudo, é possível constatar que, culturalmente, a natureza sempre guardou uma dimensão para além do físico e material; há também um componente metafísico, subjetivo, que se mantém presente, sendo responsável pela construção de significados particulares e coletivos.

A natureza de um país constitui diferentes paisagens locais e o conjunto de paisagens constrói a identidade do país para sua população. Essa dimensão é especialmente importante para este escrito, ela testemunha a necessidade de não perdermos essa dupla dimensão da Natureza: objetiva, física e material, e subjetiva, metafísica e imaterial. É nesta última que se instalam a ideia de paisagem e os significados: a identidade, o pertencimento, a valoração e, finalmente, o reconhecimento de que as paisagens devam ser protegidas, porque elas nos representam como povo e país.

Em relação à arborização urbana, as paisagens das cidades brasileiras apresentam imagens muito distintas. Se adotarmos a perspectiva construída no âmbito da Geografia e da Filosofia [4, 5], de que a paisagem é a “relação que se estabelece entre a natureza e a humanidade”, mediada pela cultura, teremos um cenário desafiador e complexo, no que diz respeito ao Brasil e suas árvores.

A natureza se torna paisagem porque se relaciona ao repertório cultural de quem a observa, ou ainda, sobre ela reflete e atua, seja um gestor ou habitante, erudito ou pesquisador, poeta ou pintor.

As árvores, que participam da natureza viva e em movimento, passarão a compor a paisagem urbana de forma objetiva e concreta, modificando sua experiência e transformando definitivamente os modos de viver nas cidades. Cumpre ressaltar que esse percurso histórico pretende levar o leitor a perceber a questão da arborização urbana temporalmente, auxiliando em um processo fundamental que nutre toda a elaboração dessa coletânea: quais os significados, os desafios e as potencialidades da arborização urbana no contexto brasileiro atual?

1.2. Quando a natureza é pauta para a cidade

Entre os séculos XV e XVII, intervenções significativas transformaram as paisagens das principais cidades europeias, testemunhando o contato entre a arborização e as cidades, para além dos espaços privados. Neste período, denominado historicamente de Renascimento e Barroco, a revolução científica em curso engendrou uma nova cosmovisão da Natureza, informada pelas descobertas de continentes e culturas [6].

O plantio de árvores nas praças não foi comum na Idade Média [7]. A transformação dos espaços públicos na Idade Moderna, com a introdução das árvores nos jardins e parques públicos, como elementos morfológicos de configuração e composição de partes da cidade inaugurou novas fisionomias e lugares [8].

O desenvolvimento de avenidas como espaços arborizados já no século XVIII testemunhou excepcionais locais da vida urbana, descritos na literatura e representados nas gravuras e pinturas da época. São heranças e desdobramentos de espaços originalmente da elite, como o *Cours de la Reine* (1616) e o *Cours Vincenne* (1660), vias que eram passeios, ambos localizados em Paris, espaços precursores do encontro e lazer público [9].

Introduzidas por razões relacionadas à saúde e ao bem-estar e fruição, as árvores passam a participar de paradigmáticas vias urbanas – as alamedas e os bulevares, bem como de outros recintos que receberam as árvores, como os passeios e os jardins públicos, as praças ajardinadas e os parques. Estes *tipos espaciais* conformaram lugares de grande importância e significado, em especial nas chamadas Cidades Capitais [10].

Em meados do século XIX, a presença desses lugares verdes passa a ser vista como uma necessidade vital à sobrevivência das cidades. O êxodo rural e a Revolução Industrial geraram adensamento populacional e insalubridade nas grandes cidades do período. Nos bairros onde

habitavam os trabalhadores, em especial a situação de vida precária, faria surgir novos ideais que norteariam toda uma gama de práticas sociais e culturais. Movimentos organizados, sensíveis às epidemias crescentes e à qualidade da vida nas cidades, bem como sua relação com os modos de produção da economia, terminam por fomentar revoltas e repercutir manifestações. Profissionais de diferentes formações asseveraram a necessidade de transformação: as chamadas renovações urbanas, bem como a invenção de novos tipos de cidade. Nelas, a presença do verde comparecia como parte da estratégia de construção de um ambiente urbano mais salubre [11].

No que diz respeito à paisagem urbana, enquanto no século XVIII a árvore era usada especialmente como embelezamento e privilégio de alguns lugares representativos na cidade, no século XIX a arborização seria incorporada aos planos de reforma urbana como parte da infraestrutura.

O plantio de árvores, desde o século XVIII, era recomendado pela ciência para o dessecamento do solo e a circulação do ar, segundo a “teoria dos miasmas”. As espécies mais recomendadas eram as que pudessem ter ramos alongados para promover maior movimentação do ar, dissipando emanações maléficas. Essas ideias formaram a base do pensamento sanitista que inspirou as reformas urbanas de Paris e de várias outras cidades europeias na terceira metade do século XIX [12].

Exemplos paradigmáticos de meados do século XIX são os trabalhos realizados pelo prefeito Haussmann em Paris, derrubando partes da cidade antiga e inaugurando a Paris que seria conhecida como Cidade Luz [13]. Outro exemplo foram as ampliações para além da chamada Cidade Velha, consolidada, propostas pelo Plano de Idelfonso Cerdá para Barcelona, que trazia uma grade de avenidas completa, com infraestrutura de iluminação, água e esgoto e arborização.

Os planos de arborização em Paris estiveram a cargo do engenheiro Adolphe Alphand, encarregado do *Service des Promenades et Plantations* (Serviço de Passeios e Plantios), criado em 1855. Até 1846, Paris não possuía calçadas, tendo sido tornadas obrigatórias a partir desta data. A administração reorganizada por Haussmann estruturou os serviços públicos parisienses de forma integrada: o serviço responsável pelo sistema viário e pavimentação, o de água e esgotos, e o de mobiliário urbano e arborização. As ações incidiam também sobre as edificações, visando reordenar a paisagem urbana por meio de regulamentações sobre os edifícios [14].

O modelo utilizado neste período foi pioneiro e, embora seja possível perceber contatos com o passado histórico, relacionado à arborização de vias e passeios, a inovação aqui está na adoção da ideia de sistema. As redes de infraestrutura trazem essa ideia norteadora: sistemas de água e esgoto associados ao sistema de ruas e avenidas se relacionam ao sistema de áreas verdes que, completos, incluíam drenagem e iluminação, presença de mobiliário e plantio de árvores. Eram sistemas que se sobrepunham e se comunicavam.

Como exemplo, ainda em Paris, entre 1853 e 1890 foram plantadas mais de 80.000 árvores de alinhamento relacionadas às ruas e avenidas, bem como foram arborizados parques pela cidade [14].

Uma informação importante nesse percurso é a capacitação do corpo técnico e os manuais escritos sobre as temáticas, que permitiram a difusão desse modelo emblemático no processo de modernização das cidades no mundo ocidental.

Em finais do século XIX, com os processos de urbanização e industrialização se consolidando, desenvolveu-se, paralelamente, um novo campo do conhecimento: o Urbanismo. Ele nasce do encontro de diferentes abordagens profissionais em meio à necessidade de pensar e apresentar alternativas à cidade histórica, densa e insalubre. A cidade moderna e sua infraestrutura deveriam ser capazes de assegurar a qualidade dos espaços em relação à quantidade de população. Essa prerrogativa veio acompanhada do verde das árvores como parte de seu plano e desenho.

1.3. O movimento pelos parques e o urbanismo sanitaria

A adoção da arborização urbana como uma ação infraestrutural necessária para a saúde das cidades e sua população, tem outros exemplos paradigmáticos na história. Na América, ainda em meados do século XIX, o trabalho de Frederick Law Olmsted é o expoente do movimento pelos parques norte-americanos (*park movement*). Olmsted formula e propõe o sistema de espaços livres verdes como principal estratégia para planejar a paisagem das cidades. O pioneirismo está no fato de as infraestruturas urbanas, drenagem, calçadas e arborização serem planejadas e desenhadas tendo a Natureza e suas lógicas como parâmetro e modelo. O chamado *princípio orgânico* permeia suas decisões, sendo desenvolvido como um princípio em seus escritos e, ao mesmo tempo, esses lugares verdejados teriam importante papel social e cultural na cidade [15].

As experiências de viagem e os contatos com profissionais e lugares como Londres e Paris, instruíram Olmsted em sua contribuição teórica e prática. Seus escritos, planos e projetos articulavam parques e praças verdejadas através de ruas e avenidas arborizadas (*parkways*), conformando um precursor sistema de infraestrutura verde para as cidades. O sistema de parques desenvolvido originalmente para o Brooklyn em 1866 [16] alcançaria sua maturidade no sistema proposto para Boston, em 1880 [17]. Nesse período, a cidade de Boston estava assolada por epidemias e morte. Olmsted propôs um sistema de canais e lagos que iria operar na drenagem e salvaguarda da qualidade das águas. A vegetação, em inédito registro estético selvático, trabalharia com espécies relacionadas à água, que receberia fluxos da maré, tornando certos trechos dos rios salobros.

O intenso plantio de árvores proposto pretendia ser capaz de renovar os ares e alterar a temperatura, garantindo melhores condições de salubridade e vida. Ao mesmo tempo, e isso para Olmsted era fundamental, o sistema que interligava todos os lugares guardava uma dimensão social e cultural, criando espaços públicos de encontro, descanso, lazer e contemplação da natureza.

O movimento pelos parques almejou que os processos de planejamento urbanos fossem norteados pela presença da natureza, por meio de um sistema de parques, peças urbanas interligadas por praças, ruas e avenidas arborizadas. A presença da intensa arborização nos parques garantiria os benefícios mencionados e participaria da construção de significados para a vida da cidade e dos cidadãos [15].

Contudo, o desenrolar dessa história, da qual fazem parte as árvores, seria, no mais das vezes, de conflito. O desenvolvimento urbano ao longo do século XX é um processo de perdas e ganhos em relação aos espaços livres verdejados. Se por um lado as principais correntes do chamado Urbanismo Moderno (a saber, o Movimento Cidade Jardim e o Racional Funcionalismo), privilegiavam o verde em suas propostas, a adoção dessas proposições e, principalmente, os interesses em jogo em relação ao crescimento urbano e sua forma, tensionaram e subverteram os princípios e ideais originais. De fato, os inúmeros exemplos presentes na historiografia demonstram que raras vezes esses processos de planejamento puderam ser construídos em sua totalidade, ou alcançar o conjunto dos cidadãos com suas propostas.

A despeito do embate, a atualidade repercute em muitos lugares do mundo a consolidação de uma postura de defesa, salvaguarda e criação de cidades mais verdes e, especialmente, mais arborizadas. Tanto a chamada infraestrutura verde, como as soluções baseadas na natureza (SbN), se inscrevem neste contexto de pensamento sistêmico atualizado.

Infelizmente, a realidade brasileira ainda está distante dessa perspectiva. A história e seus exemplos podem nos auxiliar a compreender a premência de uma nova cultura em relação às árvores no país.

1.4. Quando a natureza se torna pauta para as cidades no Brasil

Os descobrimentos marítimos foram diretamente responsáveis pelo primeiro grande trânsito intercontinental de plantas que a humanidade conheceu. Ávidos por encontrar novas fontes de riqueza vegetal e assegurar o monopólio sobre espécies conhecidas e valorizadas no comércio europeu, os portugueses trataram de estabelecer e multiplicar as trocas de plantas úteis entre colônias do Oriente e Ocidente [9].

Retroceder ao passado é escolher entre muitos testemunhos documentais e teóricos aqueles que contribuem para o desenvolvimento da reflexão aqui construída. O momento que se recorta é aquele da *abertura do mundo* ocorrida com base no desenvolvimento técnico e científico que se relaciona ao ciclo das grandes navegações e aos contatos estabelecidos a partir deles.

Desde os séculos XVI e XVII, em decorrência do desenvolvimento do capitalismo comercial e a troca de mercadorias, o continente europeu recebeu uma infinidade de amostras vegetais, *novidades exóticas*, originárias de países longínquos. O Brasil estaria incluído nesse movimento, exportando e recebendo mudas e sementes.

Os relatos presentes em cartas testemunham processos de adaptação de flora e descrições da flora autóctone, em especial as que serviriam de alimento. Em missiva datada de 1549, o padre Manoel da Nóbrega informaria aos irmãos jesuítas portugueses acerca dos quintais nas casas e da presença neles de frutas, legumes e verduras que asseguravam a sobrevivência em relação à produção de alimentos.

Segundo Dourado, o quintal nasceu simultaneamente com a casa brasileira no período colonial. “Foi trazido pelos portugueses e sofreu miscigenação, do mesmo modo que o colono, somando influências indígenas e africanas. [...] Entre os séculos XVI e XVIII, o quintal foi o coração da vida doméstica” [9].

Importante observar que esse espaço, que guarda uma dimensão imaterial em nossa cultura, sofreu regulação a partir do Regimento de 1747, no qual o planejamento de vilas se preocupava especialmente com os pomares instalados nos quintais: as casas deveriam ser construídas em boa ordem, deixando-se entre elas um espaço demarcado suficiente para o plantio de pomares e hortas. Nestas vilas ordenadas do século XVIII, o quintal constitui-se como um espaço de matriz funcional característica, criado pelo parcelamento do interior da quadra. A importância do quintal como um espaço privado e fechado fez parte de um conjunto de normas urbanas e participava do desenvolvimento da civilidade de seus habitantes. Observa-se ainda, na obrigatoriedade de seu fechamento, uma regulação que imprimia ordem à propriedade e lugar urbano. Essa regulação foi parte da política de europeização posta em prática pelo Marquês de Pombal [18-19].

É a partir da exuberância que alguns desses quintais arborizados possuíam, com generosas proporções e grande presença de árvores, que certas paisagens como as de Olinda serão

referenciadas. Não se tratava de uma arborização pública e ao longo do sistema viário, mas antes, privada e nos miolos dos quarteirões.

Merece destaque ainda, em relação a essa paisagem e suas árvores, a ocupação holandesa no século XVII desse território. Recife materializou o contato entre culturas e repercutiu perspectivas que procuravam compreender o sítio urbano em sua complexidade de águas e vegetação. Mangues remanescentes de Mata Atlântica, o coqueiral da costa litorânea e as matas ciliares conviviam com os jardins e viveiros do Palácio de Maurício de Nassau formando uma particular paisagem. Nesse período, as árvores ganharam os recintos de acesso público e lançaram o embrião de uma cidade parque, ou jardim, antes mesmo que o termo tivesse sido cunhado¹.

A política portuguesa de ocupação do território brasileiro teve como base a constituição de uma rede de cidades nas diversas regiões brasileiras, sendo que vilas e cidades construídas no século XVIII desempenharam funções específicas, como foco na exploração do território e escoamento da produção aurífera. Essa política, fruto do governo do Marquês de Pombal, baseou-se em modelos urbanos com traçado ordenado, um bem-sucedido modelo de planificação de vilas².

No que tange às ruas das cidades no Brasil deste período, o que predominou, seguindo as antigas tradições urbanísticas de Portugal, foi uma presença do verde e das árvores em poucos e raros lugares. As ruas são configuradas pelo alinhamento das casas, não há recuos e as paredes laterais também se estabelecem sobre os limites do lote. Segundo Nestor Goulart dos Reis Filho as casas urbanas, de modo geral, até o século XVIII, não eram concebidas recuadas ou com jardins, estes serão introduzidos nas residências brasileiras durante o século XIX [21].

Expedições, pesquisas e contatos entre culturas, associados a interesses econômicos e ao desenvolvimento do país, formariam uma imagem urbana almejada pela sociedade e seus gestores. Dela participam as árvores, garantindo nova fisionomia e fruição aos lugares públicos.

1.5. Arborização urbana brasileira: início da consolidação

Parecem ter sido dois os movimentos que trouxeram a natureza, sob a forma de árvores, definitivamente para os lugares públicos da cidade brasileira: o primeiro é proveniente de um movimento ativo liderado por cientistas naturalistas europeus, de coletar e transportar o material botânico do “Novo Mundo” com a finalidade de inventariar e sistematizar um conjunto inédito de informações sobre a natureza, sobretudo a dos trópicos, ainda ignorada pela Europa. Entre esses naturalistas destacam-se o botânico francês Auguste François Cesar Provençal de Saint-Hilaire

1. “Não foram espanhóis, tampouco portugueses, que se empenharam em reconhecer a nova terra de forma sistemática, e sim os holandeses, em sua permanência no Nordeste do Brasil entre 1624 e 1654. A mais importante documentação sobre o Brasil do século XVII foi realizada pela elite dos homens trazidos por Johann Moritz von Nassau-Siegen (1604-1679), nome aportuguesado para João Maurício de Nassau quando governador-geral da nova Holanda” [6].
2. “[...] a associação entre árvore e malha urbana, ou seja, os espaços livres públicos, só adquire estreita relação quando entra em cena a reformulação de caráter político-econômico fundamentada pela ideologia do Marquês de Pombal, possivelmente, um grande divisor de águas, quando se leva em consideração a estruturação da paisagem dos primeiros núcleos coloniais. Os novos planos da metrópole provocaram um ritmo diferenciado em cidades como Belém, Recife, Rio de Janeiro e Salvador, entre outras, quebrando assim a inércia urbana a que estavam expostas” [20].

(1779-1853), que esteve no Brasil de 1816 a 1822; como também o zoólogo austríaco Johann Baptist Ritter von Spix (1781-1826) e o botânico austríaco Carl Friedrich Philipp von Martius (1794-1868), que percorreram vários estados do Brasil entre 1817 e 1820 [22-23]. Estes viajantes nos brindaram com material memorável, obras de envergadura como a *Flora Brasiliensis*, produzida entre 1840 e 1906, ainda considerada a obra mais completa sobre a nossa flora.

Posteriormente, outros naturalistas vieram e, diferentemente dos anteriores, aqui ficaram, assim como as coleções por eles levantadas. Esta geração (denominada segunda geração de naturalistas), em grande parte pesquisadores ligados à coroa por demanda e financiamento, foi instalada no Museu Imperial, posteriormente Museu Nacional do Rio de Janeiro, que inspirou a criação de outros museus de ciências naturais e hortos no Brasil, como foi o caso do Museu Paraense e seu horto zoobotânico, bem como o Museu Paulista. Este último, inaugurado em 1894 para ser um edifício-monumento para a celebração da Independência do Brasil, teve como primeiro diretor o zoólogo alemão Hermann von Ihering, que almejava reproduzir modelos difundidos no exterior, aproximando-o de um museu de ciências naturais [24].

Esse contexto propiciou o intercâmbio intenso entre a flora tropical brasileira e coleções espalhadas pelo mundo ao longo do século XIX e XX, bem como a aclimação e reprodução destas e demais espécies exóticas nos jardins e hortos botânicos, que passaram a compor os parques, os jardins públicos e, finalmente, as ruas.

As expedições e coleções, pesquisa e aclimações são a chave de constituição dos jardins botânicos, hortos e viveiros. Sem eles a empreitada de arborizar sistematicamente não se sustentaria: era preciso planejar, prever *onde e como* esse encontro entre arborização e cidade aconteceria.

Justamente acerca dessa forma de ocorrência se estabelece o segundo movimento: a prática sistemática de arborização tem origem nas ideias urbanísticas discutidas e desenvolvidas anteriormente, em relação às capitais europeias e às transformações que sofreram a partir de meados do século XIX. Estas transformações estavam contidas em planos que sistematizavam ações e buscavam adaptar as cidades a novas configurações sociais. Trata-se de um processo de transferência cultural entre metrópoles e antigas colônias na constituição das Capitais do Novo Mundo [19].

Promover a infraestrutura adequada, rompendo com um tecido urbano no mais das vezes de ruas estreitas e labirínticas, habitações pouco iluminadas e arejadas, oferecendo alternativas de coleta de resíduos e o plantio de árvores foram metas na busca de maior salubridade nas cidades brasileiras e na construção de uma imagem que representasse o desenvolvimento e pujança desses países libertos, como o Brasil.

As árvores urbanas, compartilhando o chão público e dividindo espaço com pedestres e veículos, chegaram de forma incisiva a partir de fins do século XIX e revelaram um contato entre nossos profissionais, corpo técnico, gestores e as metrópoles europeias. A perspectiva de plantio sistemático veio acompanhada do mesmo senso de saúde, limpeza e higiene que dominou o ideal de cidade moderna da Europa do século XIX.

Em um país com as condições climáticas do Brasil, além de portadoras de beleza, ornamento e decoro, as árvores seriam incluídas nos planos para se estabelecerem nas ruas, alamedas e praças, promovendo sombra e diminuição de temperatura, criando ambientes agradáveis à experiência. Aqui, a solução estética se associava à solução técnica apresentando um ideário que seria possível perceber nos escritos dos engenheiros Aarão Reis, autor do projeto da nova capital de

Minas Gerais, Belo Horizonte (1894)³, e Saturnino de Brito, autor de inúmeras obras de melhoramento e saneamento de cidades, destacadamente os planos de Vitória (ES) e os canais de Santos (SP) [20,25]. Embora tenham clara dissensão no modo de atuar, o plantio das árvores comparece nas propostas de ambos os profissionais como parte inalienável.

As cidades capitais do final do século XIX e início do século XX que também passaram por grandes mudanças e melhoramentos impulsionadas pelo desenvolvimento econômico e o perfil de seus governantes foram o Rio de Janeiro, na gestão de Pereira Passos (1902-1906), também conhecido como o “Haussmann Tropical” [26] e São Paulo, sob a direção do engenheiro-arquiteto Francisco Prestes Maia, que chega a apresentar, em parceria com expoentes, como por exemplo, Saturnino de Brito, parques para a cidade [27]. A arborização urbana se fez presente nessas reformas urbanas, nos planos e projetos de saneamento, de melhoramentos de áreas centrais, no plantio de árvores nas calçadas dos bairros e avenidas. Em relação aos aterros realizados fruto do desmonte de morros, em especial no Rio de Janeiro, foram parte de estratégia que procurou dessecar os pântanos e ganhar novos espaços para a expansão da cidade.

As árvores participaram desse processo de construção de uma especial imagem para as cidades. Ao consolidar parques, praças, ruas e avenidas verdejadas, conformou-se uma mudança significativa na fisionomia das cidades e os espaços públicos se tornaram mais acolhedores e generosos [28]. Consolida-se no início do século XX a ideia de que arborizar faz parte de uma dimensão simbólica relacionada à noção de moderna civilidade.

1.6. Arborização, espécies e experiências

Sobre o primeiro movimento relacionado aos naturalistas e às trocas realizadas, é importante ainda mencionar que muitas espécies, presentes inicialmente nos jardins e hortos botânicos formados no período colonial e imperial, passaram a compor o espaço urbano, transformando a cidade em um verdadeiro laboratório de ensaio.

Por exemplo, a **mangueira** (*Mangifera indica* L.), nativa da Índia, foi cultivada e aclimatada em Belém (PA) pelo arquiteto bolonhês Antônio José Landi, contratado em 1753 pela Comissão Demarcadora de Terras do Império [20]. A mangueira também estava na lista das espécies aclimatadas no primeiro Jardim Botânico do Brasil, o do Grão-Pará, inaugurado em 1796, e cuja relação de plantas, descrita pela Carta Régia de 1798 deveria servir de referência para a criação dos demais hortos botânicos a serem implantados nas diferentes capitanias do Brasil [6].

Seus atributos, como o rápido crescimento, a sombra frondosa e as folhas perenes, a fizeram ser a escolhida para a implantação de uma política de saneamento em grande escala na cidade de Belém no final do século XIX. Os documentos da grande obra, realizada pelo intendente Antônio José Lemos no período entre 1897 a 1912, mencionam pela primeira vez o termo “arborista”, e, o cargo de mesmo nome, foram criados para o responsável pela escolha, plantio e manutenção das espécies vegetais nos espaços livres públicos da cidade [20].

3. A planta de Belo Horizonte explica-se ainda por uma série de representações [...], ela permanece fiel a alguns mitos provenientes das Luzes, mitos em que a intervenção e a organização da Natureza são corolários. [...] O homem do século XIX é também aquele que remodela as coisas e o espaço, [...]. E sua cidade é mais uma ruptura, um mundo suplementar do que um complemento natural do sítio [19].

Antes mesmo da presença no Grão-Pará, a mangueira já constava no primeiro jardim público do Brasil, o Passeio Público do Rio de Janeiro, projetado por Valentim da Fonseca e Silva (Mestre Valentim), e inaugurado em 1783, referenciado como local de encontro social e passeio.

A sombra das mangueiras também foi notada nesse lugar pelo botânico Von Martius, que passou pelo recinto quando do início de sua viagem de coleta no Brasil (1817-20). Após algumas décadas, a despeito dos problemas relacionados ao crescimento da espécie em condições urbanas (calçadas), nem sempre favoráveis ao seu porte e abundante frutificação, a mangueira continuou a ser utilizada, como na arborização em Belo Horizonte (MG).

Apesar do aparente sucesso das espécies aclimatadas no Jardim Botânico de Belém (PA), os demais hortos demoraram a se instalar. Somente após a invasão napoleônica em Portugal em 1807 e a fuga da Família Real para o Brasil em 1808 é que a implantação dos jardins botânicos foi retomada (Segawa, 1996). Neste mesmo ano foi fundado o Jardim Botânico do Rio de Janeiro, que terá um dos espécimes mais emblemáticos na história da paisagem carioca no período imperial – a **palmeira imperial** (*Roystonea oleracea* (Jacq.) O.F.Cook), proveniente das Antilhas. Inicialmente de uso exclusivo do imperador, as emblemáticas aleias do Jardim Botânico vão estar presentes em diversos planos de melhoramentos e de embelezamentos dessa cidade, como o Canal do Mangue (1919). Essa palmácea tem presença marcante em cartões postais do início do século XX de norte a sul do país, tanto nas cidades como nas áreas rurais, com destaque nas fazendas de café. A palmeira, introduzida no Império, tornou-se, assim, o símbolo da República [29, 30].

Entre os botânicos estrangeiros que atuaram em favor da introdução de árvores na cidade brasileira, merece destaque Auguste François-Marie Glazou (1828-1906). Esse francês bretão que ocupou o cargo de diretor do Passeio Público e, em 1869, acumulou o cargo de diretor de Parques e Jardins da Casa Imperial, continuou a trabalhar na arborização do Rio de Janeiro e aí permaneceu até 1897, mesmo após o advento da República, fazendo uso de espécies autóctones como a **sapucaia** (*Lecythis pisonis* Cambess.) e a **palmeira Jerivá**, (*Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman) [31].

A linguagem plástica e estilística reproduziu os modelos europeus, mas nem sempre o repertório vegetal. Glazou, por exemplo, um ávido coletor e herborizador da flora brasileira, trouxe e adaptou espécies nativas de suas viagens a Minas Gerais, norte do Brasil e Goiás e as utilizou em seus projetos. São testemunhas desse processo pioneiro espécies como a **monguba** (*Pachira aquatica* Aubl.) e o **oiti** (*Moquilea tomentosa* Benth.) que foram utilizadas na arborização na cidade do Rio de Janeiro e dali se espalharam para outras cidades.

Espécies como o **ipê amarelo** (*Handroanthus chrysotrichus* (Mart. ex DC.) Mattos) começaram a aparecer ao lado de espécies exóticas, como os **alfeneiros** (*Ligustrum sinense* Lour.) e as **quaresmeiras** (*Pleroma granulosum* (Desr.) D.Don.). Esta última, abundante em nossas matas, ganha o nome relacionado à sua floração para lembrar o período de festividades religiosas (Quaresma); essas espécies, até a atualidade, são utilizadas na arborização das cidades brasileiras [30].

Porém, o percurso da inserção das espécies nativas ocorreu de modo lento. Pode-se dizer que a discussão e a proteção do que verdadeiramente era autóctone ganhou corpo principalmente a partir dos debates que se aproximavam da comemoração do Centenário da Independência, em 1922. Essa percepção foi acompanhada de outra, relacionada ao processo de desmatamento. Nas primeiras décadas do século XX, as proporções do desmatamento já chamavam atenção, sendo objeto de artigos, denúncias e pronunciamentos de especialistas, mesmo que o problema já ocorresse e tivesse sido documentado desde o período colonial.

Ações de valorização da árvore como elemento importante no espaço urbano e para o país podem ainda ser exemplificadas pela instituição, em 1902, na cidade paulista de Araras, do Dia da Árvore, celebrado em 21 de setembro. Os proponentes foram profissionais fundamentais para o conhecimento da flora autóctone no Brasil: o botânico sueco Alberto Löfgren [32], fundador do Horto Botânico de São Paulo, também conhecido como Horto da Cantareira (atual Parque Estadual Alberto Löfgren) e o agrônomo João Pedro Cardoso, do Instituto Agrônomo de Campinas (SP).

Esse repertório de espécies arbóreas nativas e exóticas passou a compor a arborização urbana não só nas capitais, mas também em várias outras cidades criadas ou reformuladas nas primeiras décadas do século XX no Brasil. Particularmente no caso de São Paulo, o estado se encarregou, por meio do “Serviço de Distribuição de Mudanças e Sementes” de distribuir mudas para mais de 100 cidades do estado no período de 1909 a 1912, com um repertório de mais de 30 espécies [33].

Apesar da grande variedade, algumas espécies deste repertório já vinham sendo utilizadas desde o período imperial. Preocupado com a diversidade e a maior inserção de espécies nativas nas cidades, o botânico autodidata brasileiro, Frederico Carlos Hoehne (1882-1959), lançou, em 1944, um pequeno livro de bolso denominado *Arborização Urbana* [34]. Dedicado “aos senhores prefeitos”, trata-se, provavelmente, de um dos primeiros manuais de arborização urbana do Brasil, pois sua estrutura se aproxima, em muito, dos manuais atuais. Com um elenco de 419 espécies descritas, 92 estão presentes no Manual de Arborização de São Paulo (2015) [35]. Se isso demonstra uma atualidade da contribuição de Hoehne, por outro lado demonstra, também, a necessidade de atualizar e renovar nosso repertório vegetal, sobretudo o nativo ou autóctone.

O grande aporte de material vegetal arbóreo experimentado por São Paulo e outras cidades brasileiras só pôde sair do horto, do viveiro e das coleções, mesmo que de início ainda experimentalmente, graças às mudanças urbanísticas que possibilitaram a inserção das árvores nas ruas.

1.7. Arborização urbana: desafios

As árvores comparecem nos espaços urbanos brasileiros de forma constante e intencional desde o último quartel do século XIX. A árvore passou a ser um elemento de infraestrutura, como demonstra o exame atencioso de relatórios de sucessivas gestões municipais, onde os programas de plantio acompanhavam de perto os serviços de alinhamento e regularização de ruas, a instalação das primeiras redes de água e esgoto, a iluminação pública, a inauguração das linhas de bondes e depois ônibus. Foi um elemento de distinção entre locais mais e menos valorizados, sinalizando modos diferentes de morar [36].

Cumprir lembrar que as cidades brasileiras planejadas desse período, de Teresina (PI), na metade do século XIX, sob a égide do Urbanismo Sanitarista, além da já citada Belo Horizonte (MG), planejada e projetada por Aarão Reis e Francisco Bicalho, até as que estabeleceram maior contato com os modelos modernos, especialmente o modelo Cidade Jardim, todas essas cidades já nasceram arborizadas: o plano guardava especial lugar para as árvores.

Destacam-se como exemplos de cidades cuja fisionomia se estrutura no protagonismo das árvores, total ou parcialmente: Goiânia (GO), de 1933, planejada por Atilio Correia Lima e ampliada entre 1935 e 1937 por Armando de Godoy; o trabalho de Jorge Macedo Vieira, em dezenas de bairros jardins, e cidades como Águas de São Pedro (SP) em 1937, e Maringá (PR)

em 1945. Especial recorte deve ser feito às superquadras cuja densa arborização permite incluir o plano de Brasília (DF) de 1960, por Lucio Costa e Oscar Niemeyer [28].

A qualidade espacial destas cidades, ou parte delas, presente até a atualidade, em muito se deve ao planejamento e projeto de seus espaços livres verdes, com ênfase aos parques e à qualidade de suas ruas e calçadas arborizadas.

Da história, o que se constata é a passagem daquilo que foi originalmente episódico e raro, a praça, o parque, a rua ou a avenida arborizados e relacionados ao privilégio, para algo que participa de um sistema infraestrutural verde, e essa rede será capaz de impactar a vida dos cidadãos em muitas dimensões. Assim, o plano de arborização urbana se torna uma contribuição relevante e necessária para estabelecer cidades saudáveis e agradáveis para se viver.

O que se pode apreender desse plano é que o processo de planejamento dos espaços livres de uma cidade é tarefa interdisciplinar e transversal, por isso, há que se perceber a premência de articular conhecimento racional ao subjetivo, o técnico ao estético, tendo a história como um forte aliado para a compreensão de que esses processos já tiveram início há muito tempo.

A técnica aprofunda suas pesquisas e desenvolve estratégias de plantio, reprodução e manejo de maneira a nos revelar contemporaneamente dimensões ecossistêmicas fundamentais à vida; a estética diz respeito à qualidade da experiência que os lugares guardam, ou podem guardar: ela opera culturalmente e nos auxilia na tarefa de sensibilizar e educar. A cultura se constrói entre essas instâncias, objetivas e subjetivas, atribuindo significado e identidade aos lugares. Esse percurso histórico é igualmente político, ele mostra que nós e as cidades somos parte de todo esse processo; as decisões, anseios e direitos devem ser continuamente construídos e alimentados.

Desse modo, o desafio primeiro parece ser distinguir princípios e valores junto a nossos gestores e população que norteiem a tarefa. Em seguida, inventariar essa multiplicidade de realidades fazendo um balanço por regiões, atentos às diversidades dos biomas, procurando desenvolver planos que articulem qualidades técnicas, estéticas e éticas na construção de uma cultura que perceba as árvores de nossas cidades e suas regiões, como um patrimônio material e imaterial, vivo e necessário para nossas vidas.

1.8. Referências

- [1] Ab'Sáber A. Os domínios de Natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas. São Paulo: Ateliê Editorial; 2003.
- [2] Diamond J. Armas, Germes e Aço. São Paulo: Record, 2017.
- [3] Lenoble R. História da Ideia de Natureza. Edições 70: Lisboa; 1969.
- [4] Berque A. La pensée paysagère. Paris: Aux Éditions Éoliennes, 2016.
- [5] Roger A. Breve tratado del paisaje. Madrid: Editorial Biblioteca Nueva; 2014.
- [6] Segawa HM. Ao Amor do Público. Jardins no Brasil. São Paulo: Nobel: FAPESP; 1996.
- [7] Zucker P. Town and square: from the Agora to the village green. New York: Columbia University Press; 1959.
- [8] Lamas JMRG. Morfologia urbana e desenho da cidade. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian; 1990.
- [9] Dourado GM. Belle Époque dos Jardins: da França ao Brasil do século XIX ao início do XX [thesis]. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2008.

- [10] Salgueiro HA, org. Cidades Capitais do Século XX. São Paulo: EDUSP; 2001.
- [11] Choay FO. Urbanismo. Editora Perspectiva: São Paulo; 2000.
- [12] Corbin A. Saberes e odores: o olfato e o imaginário social nos séculos XVIII e XIX. São Paulo: Companhia das Letras; 1987.
- [13] Benevolo L. Diseño de la Ciudad Contemporánea. Barcelona: Gustavo Gili, 1977.
- [14] Landau, B. La fabrication des rues de Paris au XIXe siècle: un territoire d'innovation technique et politique. Les Annales de la Recherche Urbaine [Internet]. 1992. [cited 2024 Jul 08];57-58: 24-45. Available from: <https://doi.org/10.3406/aru.1992.1696> doi: 10.3406/aru.1992.1696
- [15] Schenk LBM. Arquitetura da paisagem entre o Pinturesco, Olmsted e o Moderno [thesis]. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo; 2008.
- [16] Schuyler D, Censer J, ed. The Papers of Frederick Law Olmsted. Baltimore and London: Johns Hopkins University Press ;1992. Volume 4, The Years of Olmsted, Vaux & Company; 1865-1874.
- [17] Spirn AW. O Jardim de Granito, a natureza no desenho da cidade. São Paulo: Edusp, 1995.
- [18] Marx, MA. Cidade no Brasil, terra de quem? São Paulo: Melhoramentos; 1980.
- [19] Delson RM. Novas vilas para o Brasil-Colônia: planejamento espacial e social no Século XVIII. Brasília: Ed. ALVA-CIORD; 1997.
- [20] Andrade RA Construção da Paisagem Urbana no Brasil. Processos e práticas da Arborização. In: Vasconcellos VM; Terra CG; Andrade R; Trindade JA; Benassi AH. Arborização Urbana. Ensaios Historiográficos. Rio de Janeiro: EBA/UFRJ; 2004.
- [21] Reis Filho NG. Quadro da Arquitetura no Brasil. São Paulo: Perspectiva; 1970.
- [22] Lisboa KM. A Nova Atlântida de Spix e Martius: natureza e civilização na Viagem pelo Brasil (1817-1820). São Paulo: HUCITEC: FAPESP; 1997.
- [23] Kury L. Viajantes-naturalistas no Brasil oitocentista: experiência, relato e imagem. Hist. cienc. saúde-Manguinhos. 2001; 8 (supl.): 863-80.
- [24] Lopes MM. O Brasil descobre a pesquisa científica: os museus e as ciências naturais no século XIX. São Paulo: HUCITEC: Editora UNB; 2009.
- [25] Bernardini SP. A dureza do fazer. A práxis na urbanística de Saturnino de Brito a partir do seu plano de saneamento para a cidade de Santos (1905-1910). Rev. Risco [Internet]. 2016 [cited 2024 Jul 08]; 22: 47-62. Available from: <https://doi.org/10.11606/issn.1984-4506.v0i22p47-62> doi: 10.11606/issn.1984-4506.v0i22p47-62
- [26] Benchimol JL. Pereira Passos: um Haussmann tropical. A renovação urbana da cidade do Rio de Janeiro no início do século XX. Rio de Janeiro: Secretaria Municipal de Cultura, Turismo e Esportes, Departamento Geral de Documentação e Informação Cultural, Divisão de Editoração, 1992.
- [27] Toledo BL. Prestes Maia e as origens do Urbanismo moderno. São Paulo: Empresa das Artes, 1996.
- [28] Leme MCS, org. Urbanismo no Brasil 1895-1965. São Paulo: Studio Nobel; FAU USP FUPAM;1999.
- [29] Enokibara M, Ferrari DC, Rosa AS. Sala de Aula na TV — episódio sobre a Palmeira Imperial. Bauru: TV Unesp;2021 Nov. 16 [cited 2024 Jul 08]. Vídeo: 31 min 44 s. Available from: <https://www.youtube.com/watch?v=kV6EY31deVY>

- [30] Guaraldo E. Repertório e Identidade: espaços públicos em São Paulo 1890-1930 [thesis]. São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo; 2002.
- [31] Hetzel B; Negreiros S, org. Glaziou e as raízes do Paisagismo no Brasil. Rio de Janeiro: Manati; 2011.
- [32] Enokibara M, Romero LB. Alberto Löfgren e o estudo sobre os nomes populares das plantas “indígenas” do estado de São Paulo (1894) [Internet]. In: Constantino NRT, Jeane AR, Rosin GR Benini SM, organizadoras. Paisagem: natureza, cultura e o imaginário. Tupã: ANAP, 2017. [cited 2024 Jul 08]. p. 89-112. Available from: <https://www.amigosdanatureza.org.br/biblioteca/livros/item/cod/162>
- [33] Romero LB, Enokibara M. Repertório vegetal da arborização urbana do Estado de São Paulo no início do Século XX. Rev. Nac. Gerenc. Cidades, [Internet]. 2018 [cited 2024 Jul 08]; 6(39): 76-94. Available from: <https://doi.org/10.17271/2318847263920181786> doi: 10.17271/2318847263920181786
- [34] Hoehne FC. Arborização Urbana. São Paulo: Instituto de Botânica; 1944.
- [35] Carvalho GB., Enokibara M. “Arborização Urbana” (1944): a atualidade do livro de Frederico Carlos Hoehne. Rev. Nac. Gerenc. Cidades [Internet]. 2018 [cited 2024 Jul 08]; 6(43): 25-40. Available from: <https://doi.org/10.17271/2318847264320181896> doi:10.17271/2318847264320181896
- [36] Guaraldo E. Paisagem e Paisagismo na Primeira República [dissertation]. São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo; 1996.

Capítulo 2

FERRAMENTAS GLOBAIS PARA APOIAR A GESTÃO DA PAISAGEM URBANA, POLÍTICAS E PROJETOS QUE PROMOVAM A SAÚDE E O BEM-ESTAR HUMANOS

*Por David J. Nowak
USDA Forest Service*

As árvores urbanas oferecem inúmeros benefícios à sociedade, incluindo o resfriamento das temperaturas do ar, a redução do uso de energia em edifícios e do dióxido de carbono (CO₂) atmosférico, a melhoria da qualidade do ar e da água, a mitigação do escoamento pluvial e das inundações, o fortalecimento da saúde humana e do bem-estar social, além da redução dos impactos do ruído [1]. Nos Estados Unidos, estima-se que as árvores urbanas gerem mais de 18,3 bilhões de dólares por ano em valor devido a diversos serviços: remoção de poluentes do ar (5,4 bilhões), redução do uso de energia em edifícios (5,4 bilhões), sequestro de carbono (4,8 bilhões) e emissões evitadas de poluentes (2,7 bilhões) [2]. Muitos outros benefícios ainda precisam ser quantificados.

Além dos benefícios das florestas urbanas, existem diversos custos associados ao plantio, manutenção e remoção de árvores, bem como a projetos paisagísticos inadequados, que podem aumentar os custos ambientais (por exemplo, alergias causadas por pólen, aumento do uso de energia no inverno devido à sombra das árvores, alterações na biodiversidade local causadas por espécies invasoras ou exóticas). Compreender os custos e benefícios relacionados às árvores urbanas pode levar a uma gestão, políticas e projetos mais eficazes para melhorar o ambiente urbano por meio das árvores.

A importância das árvores e florestas urbanas tende a aumentar nos próximos anos, à medida que as populações urbanas crescem e as áreas urbanas se expandem. Estima-se que a população urbana global aumente em mais 2,5 bilhões de pessoas até 2050, elevando a proporção da população urbana mundial para 68% [3]. Nos Estados Unidos, a área urbana deverá passar de 3,6% (27,4 milhões de hectares) em 2010 para 8,6% (66,0 milhões de hectares) em 2060 [2].

Enquanto a população e as áreas urbanas estão em expansão, a cobertura arbórea nas cidades vem diminuindo nos últimos anos. Nas áreas urbanas existentes, a média global de cobertura arbórea urbana teve uma leve, porém estatisticamente significativa, queda de 26,7% para 26,5% (c. 2012-2017); uma perda de cerca de 40 mil hectares por ano. Paralelamente à perda de árvores, houve um aumento da cobertura impermeável, que cresceu significativamente de 24,3% para 25,9% (326 mil hectares por ano) em nível global [4]. A redução da cobertura arbórea e o aumento de superfícies impermeáveis nas cidades elevam tanto as temperaturas do ar quanto o escoamento de água. Essas mudanças ambientais, somadas ao aumento previsto das temperaturas globais devido às mudanças climáticas, representarão grandes desafios para os gestores urbanos no esforço de preservar a saúde e o bem-estar humanos em um mundo cada vez mais urbanizado.

2.1. Orientando as paisagens para um futuro melhor

Para conduzir as florestas urbanas rumo a um futuro saudável que proporcione benefícios ideais à sociedade, o primeiro passo é fazer um levantamento da composição e distribuição atual da floresta (Figura 1). Embora os gestores municipais saibam que há árvores em suas cidades, esse recurso não pode ser devidamente gerido e mantido sem informações básicas sobre o mesmo. Frequentemente, os gestores sabem quantas pessoas, carros, edifícios, postes de luz, entre outros elementos urbanos existem, mas possuem pouca ou nenhuma informação sobre os recursos vegetais. Gerir uma cidade sem compreender seus recursos arbóreos é como administrar um supermercado sem saber o que há nas prateleiras.

Com base nessas informações iniciais, é possível estimar o valor atual dos benefícios e serviços prestados pela floresta urbana, e elaborar planos para manter ou ampliar esses benefícios para as gerações futuras. Uma vez que os planos florestais são desenvolvidos e implementados, a estrutura da floresta pode ser reavaliada para verificar se houve mudanças conforme o esperado ou planejado (Figura 2). Esse processo de reavaliação, ou monitoramento, é essencial para entender como as florestas urbanas estão se transformando e para orientá-las em direção ao estado futuro desejado.

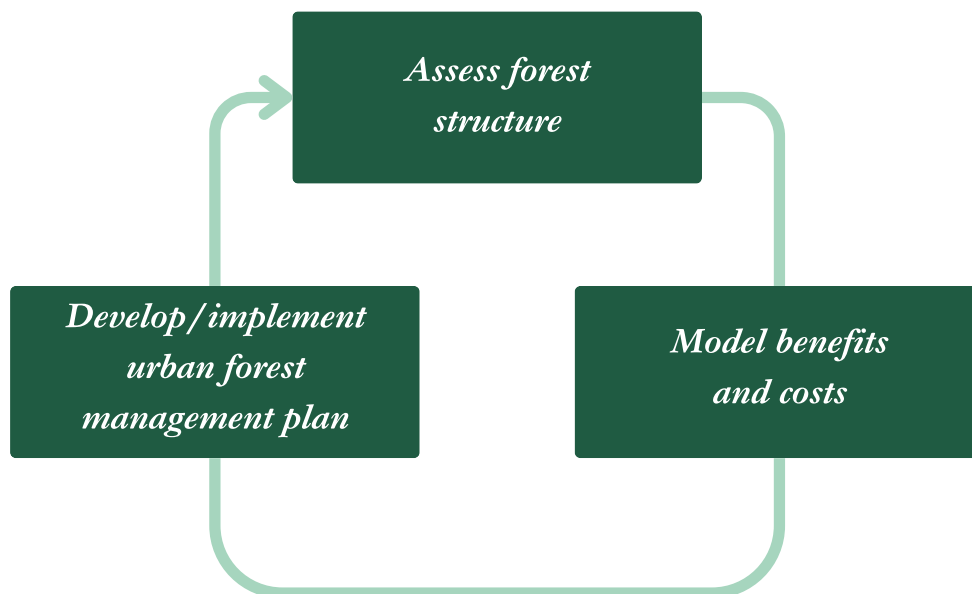
Nos Estados Unidos, o Serviço Florestal do Departamento de Agricultura (USDA Forest Service) estabeleceu um programa de inventário e monitoramento de florestas urbanas para auxiliar na gestão municipal [5]. Esse programa utiliza o modelo *i-Tree Eco* (www.itreetools.org) para ajudar na avaliação dos serviços ecossistêmicos e dos valores das florestas. O *i-Tree* também está sendo integrado a dados de inventários de florestas rurais, com o objetivo de avaliar os serviços ecossistêmicos e os valores derivados dessas áreas.

Figura 2.1 – Imagem aérea em cores realçadas da cidade de Nova Iorque, ilustrando as variações na cobertura vegetal ao longo da paisagem urbana.



Fonte: Elaboração a partir de dados do Satélite Sentinel-2.

Figura 2.2 – Ciclo de avaliações e monitoramento das florestas urbanas para a manutenção dos benefícios florestais ao longo do tempo.



Fonte: Elaborado por Zabotto Ambiental a partir de Nowak [6].

2.2. *i-Tree*: Ferramentas de coleta de dados para melhorar a gestão, o planejamento e os projetos de florestas urbanas

O *i-Tree* (www.itreetools.org) é um conjunto de ferramentas de *software* desenvolvido pelo Serviço Florestal do USDA, pela empresa Davey Tree Expert e diversos parceiros por meio de uma colaboração público-privada (Figura 3). Essas ferramentas foram criadas para envolver populações urbanas e rurais na avaliação e valorização de seus recursos florestais, na compreensão de riscos florestais e no desenvolvimento de planos de gestão sustentável das florestas, com o objetivo de melhorar a qualidade ambiental e a saúde humana. As ferramentas permitem avaliar tanto árvores individuais quanto florestas em áreas urbanas e rurais. A visão do *i-Tree* é promover a melhoria da saúde das florestas e das pessoas por meio de tecnologias gratuitas, acessíveis e fáceis de usar, que incentivem o engajamento global na gestão e na resiliência florestal.

Figura 2.3 – *i-Tree* logotipo



Fonte: *i-Tree*.

Para alcançar essa visão, o *i-Tree* continua a desenvolver ferramentas com os seguintes objetivos principais:

- Avaliar e monitorar os recursos florestais locais;
- Compreender os serviços e valores proporcionados pelas árvores e florestas;
- Avaliar riscos às populações florestais e humanas;
- Desenvolver planos de manejo florestal sustentáveis;
- Melhorar a qualidade ambiental e a saúde humana;
- Selecionar espécies arbóreas e locais de plantio adequados;
- Engajar partes interessadas e o público em geral.

Ao atingir esses objetivos, os usuários do *i-Tree* podem criar paisagens florestais saudáveis, sustentáveis e resilientes ao longo do *continuum* urbano-rural. O propósito deste artigo é apresentar uma visão geral das ferramentas do *i-Tree* que podem ser utilizadas em um contexto global.

2.3. O conceito do *i-Tree*

A premissa básica por trás do *i-Tree* é ilustrada na Figura 4. A estrutura refere-se às informações físicas do recurso florestal (por exemplo, número de árvores, composição de espécies, tamanhos e localização das árvores, área foliar etc.). Esses atributos são diretamente medidos pelos usuários ou estimados pelo *i-Tree* com base nas medidas estruturais.

A partir dos dados de estrutura, juntamente com dados ambientais locais (como dados meteorológicos), diversas funções das árvores (por exemplo, trocas gasosas, crescimento) são estimadas. Essas funções são então convertidas em serviços ecossistêmicos (como remoção de poluentes), utilizando outros dados locais (por exemplo, concentrações de poluentes).

Esses serviços são convertidos em benefícios (como ar mais limpo e impactos positivos na saúde humana), com base em dados adicionais (por exemplo, condições atmosféricas locais, dados populacionais). Por fim, os benefícios são convertidos em valores econômicos por meio de diferentes métodos e procedimentos econômicos.

Os objetivos da gestão florestal normalmente visam melhorar a saúde ambiental, a saúde humana e/ou os valores econômicos das florestas. No entanto, os gestores não atuam diretamente sobre as funções ou valores — eles manejam a estrutura florestal (isto é, plantam e removem árvores, protegem as florestas existentes e escolhem espécies e locais) com o intuito de otimizar os serviços e os valores florestais.

Contudo, os gestores não são os únicos a influenciar a estrutura florestal. A floresta existente e o ambiente local exercem uma influência significativa por meio da regeneração natural, crescimento e mortalidade das árvores, tempestades, pragas, doenças, plantas invasoras e outros fatores. Dentro dessas influências ambientais também estão os efeitos colaterais não intencionais das ações humanas e do desenvolvimento (como introdução de espécies exóticas, pragas, aumento da temperatura do ar e da poluição, mudanças climáticas etc.). Pessoas e natureza atuam constantemente na alteração da estrutura florestal e, conseqüentemente, nos serviços e valores que essa floresta oferece.

Figura 2.4 – Diagrama ilustrando o processo básico do *i-Tree*.



Fonte: Elaborado por Zabotto Ambiental a partir do *i-Tree*.

As ferramentas do *i-Tree* fornecem informações sobre a estrutura das florestas que auxiliam os gestores ao revelar a composição de espécies, tamanhos, localizações e potenciais riscos florestais (como pragas e doenças), além de dados sobre diversos serviços, custos e valores (Tabela 1). As avaliações podem ser realizadas com base em dados de campo ou por meio de dados obtidos por imagens aéreas (por exemplo [7]). Os métodos utilizados pelas ferramentas estão descritos em detalhes em [8-9].

Tabela 2.1 – Benefícios e custos das árvores quantificados e em desenvolvimento no *i-Tree*.

Efeito no ecossistema	Atributo	Quantificado	Valorado
Atmosférico	Temperatura do ar	●	○
	Emissões evitadas	●	●
	Uso de energia em edifícios	●	●
	Sequestro de carbono	●	●
	Armazenamento de carbono	●	●
	Conforto humano	○	
	Pólen	○	
	Remoção de poluentes	●	●
	Transpiração	●	
	Radiação ultravioleta	●	○
	Emissões de comp. orgânicos voláteis	●	
Comunitário / Social	Estética / Valorização imobiliária	○	○
	Alimentos / Fármacos	○	
	Índices de saúde	○	
	Produtos florestais	○	○
Terrestre	Áreas socialmente vulneráveis	●	
	Biodiversidade	○	
	Plantas invasoras	●	
	Ciclagens de nutrientes	○	
Aquático	Habitat de fauna silvestre	●	
	Escoamento superficial evitado	●	●
	Inundações	○	○
	Interceptações de chuvas	●	
	Temperatura de cursos d'água	●	
	Qualidade das águas	●	○

● = atributo atualmente quantificado ou valorado no *i-Tree*

○ = atributo em desenvolvimento no *i-Tree*

Fonte: *i-Tree*.

2.4. Ferramentas *i-Tree*

A suíte de modelagem *i-Tree* é composta por diversas ferramentas, sendo que algumas delas podem ser utilizadas fora dos Estados Unidos. O *i-Tree Eco* é o programa central da suíte *i-Tree*. Essa ferramenta utiliza dados de campo obtidos por amostragem ou inventário para avaliar a estrutura da floresta, os serviços ecossistêmicos e seus respectivos valores para qualquer população arbórea. Os resultados incluem: número de árvores, distribuição dos diâmetros, diversidade de espécies, remoção de poluentes do ar e efeitos sobre a saúde, armazenamento e sequestro de carbono, redução do escoamento superficial, emissões de compostos orgânicos voláteis (VOCs), redução da radiação ultravioleta (UV) e impactos no consumo de energia dos edifícios.

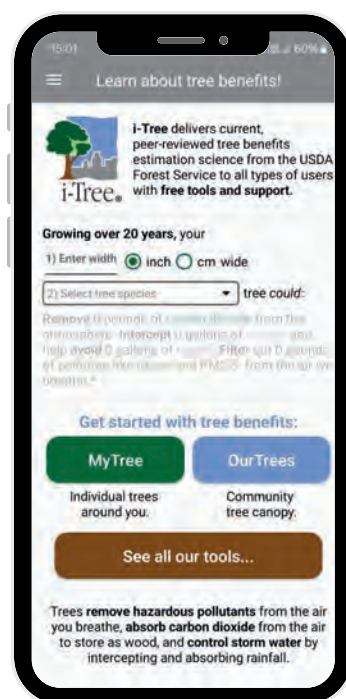
O programa opera com dados de árvores coletados em campo, além de dados meteorológicos e de poluição atmosférica locais em base horária. O *i-Tree Eco* foi projetado para orientar o usuário de forma simples e completa desde a configuração do projeto até a coleta e análise dos dados. Possui diversas funcionalidades para facilitar o uso, incluindo programas para seleção de parcelas, entrada de dados por dispositivos móveis (Figura 5), geração e exportação de tabelas e gráficos, além da criação automática de relatórios. Adicionalmente, o *i-Tree Eco* permite realizar projeções futuras sobre o número total de árvores, a cobertura do dossel e os serviços ecossistêmicos e valores associados. Devido à necessidade de coleta local de dados em campo, o *i-Tree Eco* fornece as estimativas mais precisas dos benefícios proporcionados pelas árvores.

O programa foi desenvolvido para funcionar prontamente nos Estados Unidos, Canadá, México, Austrália, Europa, Colômbia, Coreia do Sul e em algumas cidades internacionais selecionadas. Outros países em desenvolvimento incluem Nova Zelândia e Ucrânia. Para áreas que ainda não possuem versões nacionais do *i-Tree Eco*, o programa *i-Tree Database* (ver abaixo) pode ser utilizado para habilitar o *i-Tree Eco* para essas regiões.

i-Tree Database é uma ferramenta *online* que permite a usuários internacionais enviarem dados locais geográficos (ex.: latitude, longitude), de poluição e precipitação para importação no *i-Tree*. Uma vez processados esses dados, os usuários podem rodar o *i-Tree Eco* para sua cidade ou região. Também é possível visualizar e submeter informações de novas espécies arbóreas, contribuindo para a construção de um banco de dados global de árvores.

i-Tree Canopy é uma ferramenta baseada na *web* que permite aos usuários interpretar visualmente imagens aéreas do Google de sua área, de forma rápida e fácil, para gerar estimativas

Figura 2.5 – Os dados do *i-Tree* podem ser coletados em dispositivos móveis.



Fonte: *i-Tree*.

estatísticas da cobertura arbórea e de outros tipos de cobertura (ex.: gramados, edificações, água), com cálculos de incerteza associados. É uma forma simples, rápida e econômica de gestores públicos e urbanos estimarem com precisão as coberturas do solo. O *i-Tree Canopy* pode ser usado em qualquer parte do mundo onde existam imagens do Google de alta resolução e sem nuvens. Imagens históricas também podem ser usadas para análises de mudanças ao longo do tempo. Os usuários podem desenhar sua área de análise, carregar arquivos *shapefile* ou utilizar limites geográficos pré-carregados. Os resultados incluem resumos e um mapa com pontos codificados por cores. Alguns serviços ecossistêmicos e valores das árvores também são estimados com base em condições ambientais dos EUA, Reino Unido ou da Suécia.

i-Tree Design é uma ferramenta *online* que utiliza mapas do Google e permite ao usuário desenhar a planta de sua casa para visualizar como as árvores ao redor afetam o uso e a economia de energia, além de outros serviços ambientais e valores. Os usuários podem adicionar várias árvores e visualizar os benefícios atuais, futuros e passados. O *i-Tree Design* atualmente funciona nos Estados Unidos e no Canadá, mas pode ser adaptado para qualquer região onde o *i-Tree Eco* esteja disponível.

MyTree é um aplicativo simples e *online*, voltado para dispositivos móveis, que permite aos usuários quantificarem facilmente os benefícios e valores de árvores individuais. O programa usa condições ambientais dos Estados Unidos e do Canadá para estimar os benefícios locais das árvores, mas pode ser desenvolvido para uso global em regiões que já utilizam o *i-Tree Eco* e o *i-Tree Design*. Uma nova funcionalidade foi adicionada, permitindo ao usuário “marcar” árvores em um banco de dados global para auxiliar no monitoramento populacional e na educação sobre árvores. Essa ferramenta tem o potencial de se tornar um inventário arbóreo universal, apoiando iniciativas como o *Trillion Trees*.

i-Tree Hydro Research Suite é voltado para pesquisa e simula os efeitos de mudanças na cobertura arbórea e de superfícies impermeáveis no fluxo de água e na qualidade da água em uma bacia hidrográfica, com base em dados horários. Possui rotinas de calibração automática para adequar os resultados do modelo aos dados medidos de fluxo de água. Gera tabelas e gráficos mostrando as alterações no fluxo e na qualidade da água de acordo com as mudanças na cobertura da bacia. Esta ferramenta pode ser utilizada globalmente, desde que existam dados suficientes de clima, fluxo hídrico e demais entradas requeridas.

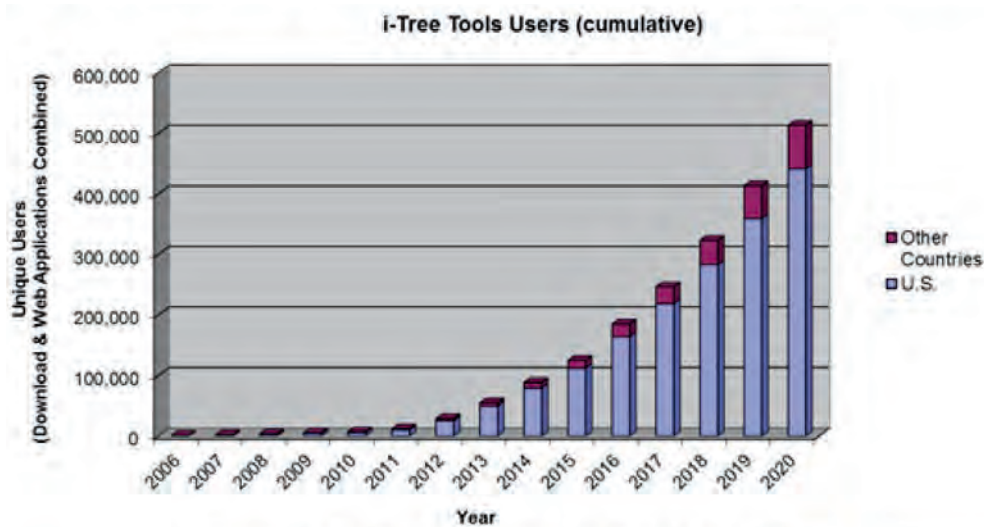
i-Tree Species é uma ferramenta *online* desenvolvida para ajudar os usuários a selecionarem as espécies arbóreas mais apropriadas com base nas funções ambientais desejadas e na localização geográfica. Baseia-se em avaliações do desempenho funcional de várias espécies na maturidade. A maioria das espécies presentes na ferramenta é de clima temperado.

Outras ferramentas do *i-Tree* existem, mas atualmente só funcionam nos Estados Unidos. As ferramentas *i-Tree* têm sido usadas para apoiar planos de manejo florestal, justificar programas de plantio de árvores, proteger os recursos arbóreos urbanos e obter apoio financeiro para programas de arborização urbana [10]. Elas facilitam o processo para que qualquer pessoa possa avaliar os recursos florestais urbanos locais e seu valor, representando o primeiro passo essencial para a criação de cidades mais saudáveis por meio das árvores.

2.5. Uso do *i-Tree*

Desde seu lançamento em 2006, o uso do *i-Tree* cresceu exponencialmente para atender à demanda global (Figura 6). Até o final de 2020, mais de 513.000 usuários únicos haviam utilizado os produtos *i-Tree* em 159 países (82% de todos os países do mundo) (Figura 7).

Figura 2.6 – Número cumulativo de usuários únicos do *i-Tree* (2006-2020). Foram necessários 12 anos para alcançar o primeiro quarto de milhão de usuários, mas apenas 3 anos para atingir o segundo quarto de milhão.



Fonte: *i-Tree*.

Figura 2.7 – Distribuição global dos usuários do *i-Tree* (2006-2020).

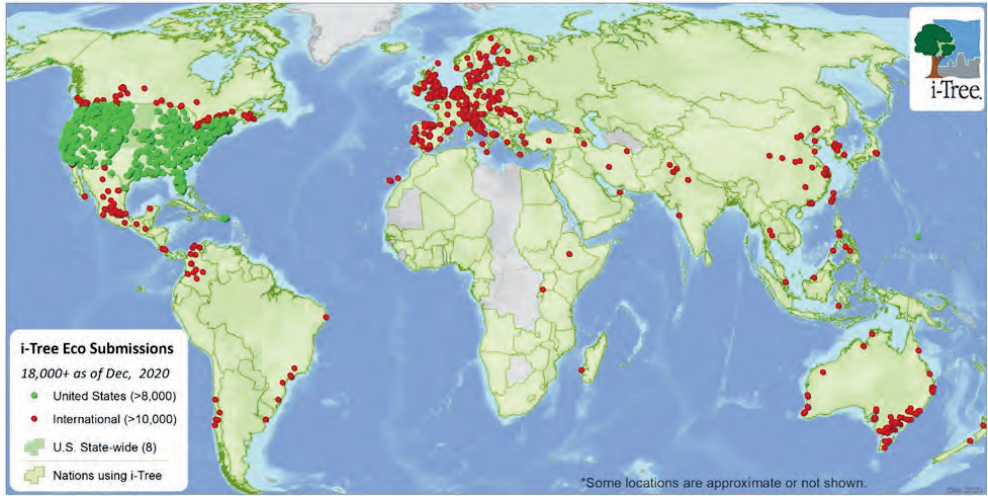


2.6. Projetos internacionais

O desenvolvimento do *i-Tree Eco* acelerou a coleta e a análise de dados de florestas urbanas e rurais em todo o mundo, com mais de 18.000 projetos *i-Tree Eco* registrados (Figura 8). Essa coleta de dados internacional tem fornecido informações valiosas que ampliam a compreensão sobre os benefícios e valores das florestas, promovem uma gestão florestal mais eficaz e ajudam a entender os padrões e variações nos serviços ecossistêmicos e nos valores das florestas urbanas.

Por meio de um processo padronizado de coleta de dados, o *i-Tree Eco* se estabelece como um padrão global para coleta e análise de dados de florestas urbanas. Ao explorar os relatórios de diversas cidades ao redor do mundo (Tabela 2), os gestores podem descobrir como colegas internacionais estão utilizando dados florestais urbanos para expandir o conhecimento sobre florestas urbanas e aprimorar sua gestão.

Figura 2.8 – Distribuição dos projetos *i-Tree Eco* conhecidos.



Fonte: *i-Tree*.

Tabela 2.2 – Exemplo de análises globais do *i-Tree*.

País	Cidade/localização	Referência
Austrália	Múltiplas cidades	2020 Vision 2014 [11]
	Perth	Saunders et al. 2012 [12]
Canadá	Edmonton	City of Edmonton 2012 [13]
	Halifax	Foster and Duinker 2017 [14]
	Oakville	McNeil and Vava 2006 [15]
	Peel Region	TRCA 2011 [16]
	Toronto	Nowak et al. 2013b [17]
Chile	Santiago	Escobedo et al. 2006 [18]

(continua)

(continuação)

País	Cidade/localização	Referência
China	Dalian	Wang et al. 2018 [19]
	Luohe	Song et al. 2020 [20]
	Shenzhen	Wu et al. 2019 [21]
Colômbia	Medellín	del Pilar Arroyave-Maya et al. 2019 [22]
República Dominicana	Santo Domingo	Bauer et al. 2016 [23]
Inglaterra	London	Rogers et al. 2015 [24]
	Torbay	Rogers et al. 2011 [25]
França	Estrasburgo	Selmi et al. 2016 [26]
Alemanha	Duisburgo	Scholz et al. 2018 [27]
Hungria	Szeged	Kiss et al. 2015 [28]
Iraque	Atrush forest	Qaro and Akrawee 2020 [29]
Irlanda	Belfast	Mills et al. 2016 [30]
	Dublin	Mills et al. 2016 [30]
Itália	Bolzano	Russo et al. 2016 [31]
México	Mérida	de la Concha et al. 2018 [32]
	Praia de Carmen	de la Concha and Reynoso 2017 [33]
Holanda	Múltiplas cidades	Loeffen et al. 2019 [34]
Noruega	Oslo	Cimburova and Barton 2020 [35]
Portugal	Porto	Graça et al. 2017, 2018 [36] [37]
Escócia	Edimburgo	Hutchings et al. 2012 [38]
Espanha	Barcelona	Chaparro and Terradas 2009 [39]
	Madri	Millán et al. 2017 [40]
	Santa Cruz de Tenerife	Millán et al. 2020 [41]
Suíça	Genebra	Guinaudeau 2016 [42]
	Zurique	Wälchli 2012 [43]
Estados Unidos	Chicago, IL	Nowak et al. 2013a [44]
	Houston, TX	Nowak et al. 2017 [45]
	Nova Iorque, NY	Nowak et al. 2018 [46]
	San Juan, Porto Rico	Brandeis et al. 2014 [47]
	Washington, DC	Nowak et al. 2006 [48]

Fonte: *i-Tree*.

2.7. Desenvolvimentos internacionais futuros

Através de parcerias internacionais e financiamento adicional, a equipe do *i-Tree* planeja continuar aprimorando a base científica dos modelos, incorporar novos serviços ecossistêmicos e valores, além de expandir o desenvolvimento e a aplicação das ferramentas globalmente (por exemplo, adicionando novas versões nacionais). Entre os novos serviços e valores ecossistêmicos em desenvolvimento estão os efeitos das árvores na temperatura de cursos d'água [49], na temperatura do ar [20] e os impactos da temperatura do ar na saúde humana [51].

Alguns manuais e diversas documentações do *i-Tree* já foram traduzidos para vários idiomas (como espanhol, chinês, francês, alemão e coreano), mas ainda há necessidade de tradução para outras línguas. Atualmente, o foco internacional está na criação de modelos nacionais do *i-Tree Eco*, a fim de ampliar a adoção da ferramenta em diferentes países. Uma vez que o *i-Tree Eco* é desenvolvido para determinada nação, as ferramentas *i-Tree Design*, *Canopy* e *MyTree* também podem ser implementadas, auxiliando na conscientização da população sobre os valores das árvores e no aprimoramento da gestão florestal.

Mais informações sobre o desenvolvimento internacional do *i-Tree* estão disponíveis em: https://www.itreetools.org/resources/intl_overview.php.

O objetivo final do *i-Tree* é desenvolver recomendações de boas práticas de manejo baseadas em dados florestais e ambientais locais. Essas recomendações ajudam os gestores a manter florestas saudáveis e funcionais, promovendo a saúde e o bem-estar humanos por meio da escolha adequada de espécies, localização e taxa de plantio de árvores para atingir os resultados desejados. O valor dos benefícios associados às árvores também pode ser utilizado para promover práticas sustentáveis de manejo florestal.

2.8. Considerações finais

Pelo fato de as florestas urbanas gerarem milhões de dólares em benefícios em escala local, investir em uma melhor compreensão desse recurso é fundamental. O primeiro passo para entender esse recurso é fazer um levantamento da situação atual e de seus valores. A partir desse conhecimento básico, é possível desenvolver planos de manejo florestal mais bem informados e monitorar as florestas para garantir que os resultados desejados dos planos sejam alcançados. Informações básicas sobre o estado do recurso são essenciais para uma melhor gestão e para o desenvolvimento de estratégias que otimizem os valores florestais, a saúde e o bem-estar humano, tanto para as gerações atuais quanto futuras.

Agradecimentos: Este trabalho foi financiado pela *Northern Research Station* do Serviço Florestal do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA). O autor agradece a Mike Binkley, Dan Crane e Eric Greenfield pelos comentários úteis em uma versão anterior deste manuscrito.

Aviso legal: O uso de nomes comerciais neste artigo é feito apenas para fins informativos e por conveniência dos leitores. Tal uso não constitui endosso oficial ou aprovação, por parte do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos ou do Serviço Florestal do USDA, de qualquer produto ou serviço em detrimento de outros que possam ser adequados.

2.9. Referências

- [1] Nowak DJ, Dwyer JF. Understanding the benefits and costs of urban forest ecosystems. In: Kuser J, editor. *Urban and community forestry in the Northeast*. New York: Springer; 2007. p. 25-46.
- [2] Nowak DJ, Greenfield EJ. US urban forest statistics, values and projections. *J For*. 2018;116(2): 164-77. [acesso 17 jul. 2024] Disponível em: <https://academic.oup.com/jof/article/116/2/164/4930764>

- [3] United Nations (UN). 68% of the world population projected to live in urban areas by 2050, says UN [Internet]. 2018 [acesso 17 jul. 2024]. Disponível em: <https://www.un.org/development/desa/en/news/population/2018-revision-of-world-urbanization-prospects.html>
- [4] Nowak DJ, Greenfield EJ. Recent changes in global urban tree and impervious cover. *Urban For Urban Green*. 2020;49:126638. [acesso 17 jul. 2024] Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S161886671930295X>
- [5] Edgar CB, Nowak DJ, Majewsky MA, Lister TW, Westfall JA, Sonti NF. Strategic national urban forest inventory for the United States. *J For*. 2021;119(1):86-95. [acesso 17 jul. 2024] Disponível em: <https://academic.oup.com/jof/article/119/1/86/6013758>
- [6] Nowak DJ. Improving city forests through assessment, modelling and monitoring. *Unasylva*. 2018;69:30-6. Disponível em: <https://www.fs.usda.gov/treearch/pubs/55851>
- [7] Nowak DJ. A guide to assessing urban forests. NRS-INF-24-13. Newtown Square (PA): US Department of Agriculture, Forest Service, Northern Research Station; 2019. [acesso 17 jul. 2024] Disponível em: <https://www.fs.usda.gov/treearch/pubs/50214>
- [8] Nowak DJ, Crane DE, Stevens JC, Hoehn RE, Walton JT, Bond J. A ground-based method of assessing urban forest structure and ecosystem services. *Arboric Urban For*. 2008;34:347-58. Disponível em: <https://www.fs.usda.gov/treearch/pubs/19526>
- [9] Nowak DJ. Understanding i-Tree: summary of programs and methods. Gen Tech Rep NRS-200. Madison (WI): US Department of Agriculture, Forest Service, Northern Research Station; 2020. [acesso 17 jul. 2024] Disponível em: <https://doi.org/10.2737/NRS-GTR-200>
- [10] Driscoll CT, Lambert KF, Chapin FS, Hart C, Nowak DJ, Spies TA et al. Science and society: the role of long-term studies in environmental stewardship. *BioScience*. 2012;62(4):354-66.
- [11] 202020 Vision. Where are all the trees? An analysis of tree canopy cover in urban Australia [Internet]. 2014 [citado em 15 jan. 2025]. Disponível em: <http://202020vision.com.au/help-hub/the-research-hub/detail/?id=1868>
- [12] Saunders SM, Dade E, Van Niel K. An urban forest effects (UFORE) model study of the integrated effects of vegetation on local air pollution in the western suburbs of Perth, WA. In: 19th International Congress on Modelling and Simulation; 2011 dez. 12-16; Perth, Australia. Disponível em: https://www.itreetools.org/documents/353/Urban_Forest_Effects_Study_Perth_Western_Australia.pdf
- [13] City of Edmonton. Urban forest management plan: Edmonton's urban forest – taking root today for a sustainable tomorrow [Internet]. Edmonton: City of Edmonton; 2012 [acesso 15 jan. 2025]. Disponível em: https://www.edmonton.ca/residential_neighbourhoods/PDF/Urban_Forest_Management_Plan.pdf
- [14] Foster D, Duinker P. The HRM urban forest in 2016 [Internet]. Halifax: Dalhousie University, School for Resource and Environmental Studies; 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.21478.32324>
- [15] McNeil J, Vava C. Oakville's urban forest: our solution to our pollution [Internet]. 2006. [acesso 20 jan. 2025] Disponível em: <https://www.itreetools.org/resources/reports/Oakville's%20Urban%20Forest.pdf>
- [16] Toronto and Region Conservation Authority (TRCA). Peel Region urban forest strategy [Internet]. Toronto: TRCA; 2011. [acesso 20 jan. 2025] Disponível em: https://www.itreetools.org/documents/336/Peel_Urban_Forest_Strategy.pdf

- [17] Nowak DJ, Hoehn RE, Bodine AR, Greenfield EJ, Ellis A, Endreny TE et al. Assessing urban forest effects and values: Toronto's urban forest. USDA For Serv North Res Stn Res Bull NRS-79. Newtown Square (PA); 2013. [acesso 20 jan. 2025] Disponível em: <https://www.fs.usda.gov/treesearch/pubs/43543>
- [18] Escobedo FJ, Nowak DJ, Wagner JE, Luz de la Maza C, Rodriguez M. The socioeconomics and management of Santiago de Chile's public urban forests. *Urban For Urban Green*. 2006; 4:105-14. [acesso 20 jan. 2025] Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2005.12.002>
- [19] Wang X, Yao J, Yu S, Miao C, Chen W, He X. Street trees in a Chinese forest city: structure, benefits and costs. *Sustainability*. 2018;10(3):674. [acesso 20 jan. 2025] Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su10030674>
- [20] Song P, Kim G, Mayer A, He R, Tian G. Assessing the ecosystem services of various types of urban green spaces based on i-Tree Eco. *Sustainability*. 2020;12(4):1630. [acesso 20 jan. 2025] Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/4/1630>
- [21] Wu J, Wang Y, Qiu S, Peng J. Using the modified i-Tree Eco model to quantify air pollution removal by urban vegetation. *Sci Total Environ*. 2019;688:673-83.
- [22] Arroyave-Maya MP, Posada-Posada MI, Nowak DJ, Hoehn RE. Remoción de contaminantes atmosféricos por el bosque urbano en el Valle de Aburrá. *Colomb For*. 2019;22(1):5-16.
- [23] Bauer J, Pérez ME, Olivero S. Technical report: i-Tree urban forest assessment in Santo Domingo's Colonial City [Internet]. USFS International Institute of Tropical Forestry; 2016. [acesso 20 jan. 2025] Disponível em: https://www.itreetools.org/documents/395/a01__iTree%20ColonialCity_eng_mar16.pdf
- [24] Rogers K, Sacre K, Goodenough J, Doick K. Valuing London's urban forest: results of the London i-Tree Eco Project [Internet]. London: Treeconomics; 2015. [acesso 20 jan. 2025] Disponível em: https://www.itreetools.org/documents/354/Valuing_Londons_Urban_Forest.pdf
- [25] Rogers K, Jarratt T, Hansford D. Torbay's urban forest: assessing urban forest effects and values. Treeconomics; 2011. [acesso 20 jan. 2025] Disponível em: https://www.itreetools.org/documents/348/Torbay_UF_Report.pdf
- [26] Selmi W, Weber C, Rivière E, Blond N, Mehdi L, Nowak D. Air pollution removal by trees in public green spaces in Strasbourg city, France. *Urban For Urban Green*. 2016;17:192-201.
- [27] Scholz T, Hof A, Schmitt T. Cooling effects and regulating ecosystem services provided by urban trees — novel analysis approaches using urban tree cadastre data. *Sustainability*. 2018; 10(3):712. [acesso 20 jan. 2025] Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su10030712>
- [28] Kiss M, Takacs Á, Pogacsas R, Gulyas Á. The role of ecosystem services in climate and air quality in urban areas: evaluating carbon sequestration and air pollution removal by street and park trees in Szeged (Hungary). *Morav Geogr Rep*. 2015;23:36-46.
- [29] Qaro SAM, Akrawee ZM. Assessment of carbon storage and sequestration by using i-Tree program for Atrush forest/north of Iraq. *Iraqi J Agric Sci*. 2020;51(Special). [acesso 20 jan. 2025] Disponível em: <https://doi.org/10.36103/ijas.v51iSpecial.884>
- [30] Mills G, Anjos M, Brennan M, Williams J, McAleavey C, Ningal T. The green 'signature' of Irish cities: an examination of the ecosystem services provided by trees using i-Tree Canopy software. *Irish Geogr*. 2016;48(2):62-77.
- [31] Russo A, Escobedo FJ, Zerbe S. Quantifying the local-scale ecosystem services provided by urban treed streetscapes in Bolzano, Italy. *AIMS Environ Sci*. 2016;3:58-76.

- [32] de la Concha H, Cano MLR, Burgos AG. Inventario del arbolado urbano de la ciudad de Mérida [Internet]. Media Ciudad Blanca; 2018. [acesso 20 jan. 2025] Disponível em: https://www.itreetools.org/documents/207/Inventario_Urbano_Merida_imprmir_en_dos_caras.pdf
- [33] de la Concha H, Reynoso R. Resultados del inventario urbano de Playa del Carmen, Q. Roo. Agrinet Tecnologia Forestal; 2017.
- [34] Loeffen M, Copijn O, Custers M, van Kuik F et al. De BATEN van BOMEN: resultaten van i-Tree Eco in Nederland. Platform i-Tree Netherlands; 2019.
- [35] Cimburova Z, Barton DN. The potential of geospatial analysis and Bayesian networks to enable i-Tree Eco assessment of existing tree inventories. *Urban For Urban Green*. 2020;55:126801.
- [36] Graça MS, Gonçalves JF, Alves PJ, Nowak DJ, Hoehn R, Ellis A et al. Assessing mismatches in ecosystem services proficiency across the urban fabric of Porto (Portugal): the influence of structural and socioeconomic variables. *Ecosyst Serv*. 2017;23:82-93.
- [37] Graça M, Alves P, Gonçalves J, Nowak DJ, Hoehn R, Farinha-Marques P et al. Assessing how green space types affect ecosystem services delivery in Porto, Portugal. *Landsc Urban Plan*. 2018;170:195-203.
- [38] Hutchings T, Lawrence V, Brunt A. Estimating the ecosystem services value of Edinburgh's trees [Internet]. Edinburgh: Forestry Commission; 2012. [acesso 20 jan. 2025] Disponível em: https://www.forestresearch.gov.uk/documents/5204/FR_Hand_iTreeEval_Edinburgh_2018.pdf
- [39] Chaparro L, Terradas J. Ecological services of urban forest in Barcelona [Internet]. Bellaterra: CREAF, Universitat Autònoma de Barcelona; 2009. [acesso 20 jan. 2025] Disponível em: <https://www.itreetools.org/documents/302/Barcelona%20Ecosystem%20Analysis.pdf>
- [40] Millán J, Gonzalo A, Gómez F, Nowak D. Valor del bosque urbano de Madrid [Internet]. Dasotec; 2017. [acesso 20 jan. 2025] Disponível em: https://www.itreetools.org/documents/549/Valor_Bosque_Urbano_Madrid.pdf
- [41] Millán J, Gonzalo A, Nowak D. The value of Santa Cruz de Tenerife's urban forest: effects on air quality, reducing contamination and resident's health [Internet]. Dasotec; 2020. 82 p.
- [42] Guinaudeau B. Ecosystem services of isolated trees in Canton of Geneva [thesis]. Geneva: Université de Genève; 2016.
- [43] Wälchli G. Ökosystemdienstleistungen als ökonomische Strategie? i-Tree: ein Instrument für die Wertermittlung von Stadtbäumen [thesis]. Zurich: Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften; 2012.
- [44] Nowak DJ, Hoehn RE, Bodine AR, Crane DE, Dwyer JF, Bonnewell V et al. Urban trees and forests of the Chicago region. USDA For Serv North Res Stn Res Bull NRS-84. Newtown Square (PA); 2013.
- [45] Nowak DJ, Bodine AR, Hoehn RE, Edgar CB, Riley G, Hartel DR et al. Houston's urban forest, 2015. USDA For Serv South Res Stn Res Bull SRS-211. Newtown Square (PA); 2017.
- [46] Nowak DJ, Bodine AR, Hoehn RE, Ellis A, Hirabayashi S, Coville R et al. The urban forest of New York City. USDA For Serv North Res Stn Res Bull NRS-117. Newtown Square (PA); 2018.
- [47] Brandeis TJ, Escobedo FJ, Staudhammer CL, Nowak DJ, Zipperer WC. San Juan Bay Estuary watershed urban forest inventory. USDA For Serv South Res Stn Gen Tech Rep SRS-190. 2014.

- [48] Nowak DJ, Hoehn R, Crane DE, Stevens JC, Walton JT. Assessing urban forest effects and values: Washington DC's urban forest. USDA For Serv North Res Stn Res Bull NRS-1. 2006.
- [49] Abdi R, Endreny T, Nowak D. A model to integrate urban river thermal cooling in river restoration. *J Environ Manage.* 2020;258:110023.
- [50] Yang Y, Endreny TA, Nowak DJ. A physically-based local air temperature model. *J Geophys Res Atmos.* 2013;118:1-15.
- [51] Sinha P, Coville RC, Hirabayashi S, Lim B, Endreny TA, Nowak DJ. Urban tree cover saves lives from extreme heat. *Ecol Model.* 2021;449:109553.



A close-up photograph of a green leaf, showing a dense network of veins. The veins are a lighter shade of green than the leaf's surface, creating a complex, web-like pattern. The lighting is soft, highlighting the texture of the leaf. The text 'PART 1' is overlaid on the right side of the image.

PART 1

Apresentação

ARBORIZAÇÃO URBANA, BEM-ESTAR E ÁREAS NATURAIS

A arborização urbana é fundamental para a qualidade de vida das pessoas e pode ser entendida como uma iniciativa, um programa ou uma política pública. Mas ela é sobretudo uma característica da qualidade das áreas urbanas. Lembrando que, particularmente no Brasil e na América Latina, a maior parte da população vive em cidades. A ciência vem demonstrando, com novos resultados divulgados quase a cada dia, que as árvores e as áreas naturais nos meios urbanos e periurbanos são cruciais para a promoção da saúde e do bem-estar. E isso é progressivamente mais importante com a emergência climática que já chegou entre nós. Tais qualidades são reforçadas quando há uma distribuição da vegetação por toda a cidade, por exemplo com árvores isoladas combinadas com áreas naturais, verdes e azuis, concentradas, por exemplo, em parques.

Seus resultados positivos estão associados ao lazer, ao conforto psicológico, ao incentivo a exercícios físicos e à convivência social, assim como à redução de danos dos eventos climáticos cada vez mais intensos e frequentes. Pode não ser fácil compreender a emergência climática em razão das toneladas de carbono lançadas na atmosfera, mas percebemos os danos que uma enchente e outras catástrofes causam. Por outro lado, ainda que no dia a dia pensemos na necessidade de mais habitações e possamos até defender mais vias de transporte, não há quem não aprecie a paisagem agradável de uma cidade arborizada e parques disponíveis. As árvores contribuem sobremaneira para a estabilidade térmica, especialmente ao amenizar as ondas de calor intenso – as quais, já se sabe, prejudicam não só o conforto e o bem-estar, mas a saúde, e reduzem a longevidade. As áreas naturais promovem a infiltração das águas, evitando ou reduzindo as consequências de chuvas cada vez mais concentradas, não raro desastrosas para a economia e para nossas vidas.

Além das árvores nas calçadas, as áreas verdes e azuis podem estar dispersas, como em canteiros de avenidas, cantos da urbanização em loteamentos, praças e outros espaços menores, assim como devem estar presentes em áreas mais significativas, como parques urbanos, parques lineares, florestas urbanas, unidades de conservação e outros tipos de áreas conservadas ou protegidas. Apenas a sua existência já é um fator positivo. É por meio dos espaços livres, de árvores e áreas verdes que as cidades respiram – e, com elas, sua população, residente e visitante. Assim, seria melhor que esses conjuntos estivessem organizados, planejados e geridos em sistemas

– especialmente municipais, mas com apoios estaduais e nacionais –, que buscassem sua ampliação, sua manutenção e a melhoria do acesso e da qualidade da interação entre as pessoas e esses elementos naturais.

Nesse sentido, é importante que o conceito de arborização urbana inclua também as áreas naturais, organizadas em sistemas de áreas verdes e azuis, conservadas ou protegidas, as quais deveriam ser promovidas por políticas públicas e programas. Tais espaços verdes e azuis são sempre importantes, mas, quando há vida silvestre, quando representam fragmentos dos ecossistemas naturais de suas regiões, trazem mais qualidade às cidades. Dessa forma, precisamos resgatar o planejamento adequado das cidades, reconhecer e promover as iniciativas adequadas de arborização, assim como gerar um movimento que nos leve a políticas públicas e programas nacionais, estaduais e municipais de áreas naturais, verdes e azuis, conservadas ou protegidas, organizadas em sistemas.

Dr. Cláudio Carrera Maretti

Pesquisador e ex-presidente do ICMBio
(Instituto Brasileiro de Gestão de Áreas Protegidas)

Capítulo 3

VIVEIRISTAS, COLETORES DE SEMENTES E DIVERSIDADE GENÉTICA NA ARBORIZAÇÃO URBANA

*Por Noemi Vianna Martins Leão, Sérgio Heitor Sousa Felipe
e Elizabeth Santos Cordeiro Shimizu*

3.1. Destaques deste capítulo

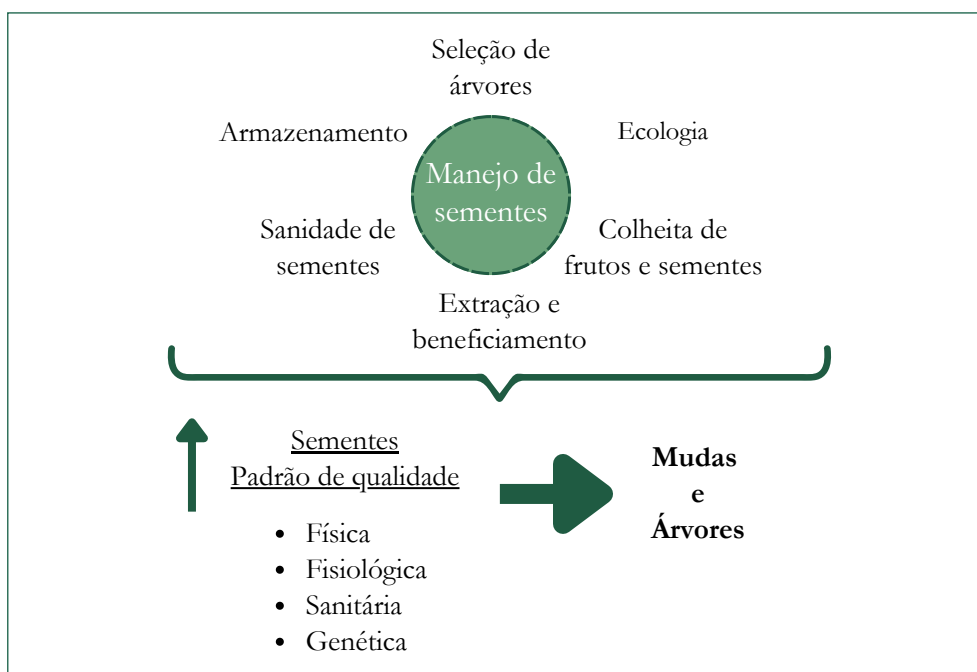
1. A seleção de árvores deve considerar características fenotípicas superiores, ampla base genética e adaptação às condições locais;
2. A produção e manejo adequados de mudas garantem qualidade morfofisiológica, genética e sanitária essencial para a arborização urbana;
3. O uso de sementes evoluiu e hoje exige maior rigor técnico e conhecimento sobre espécies nativas para arborização;
4. As Áreas de Coleta de Sementes (ACS) são estratégicas para fornecer sementes de qualidade e conservar a genética das espécies nativas;
5. A produção de sementes e mudas na Amazônia é base para uma arborização urbana mais sustentável no Norte do Brasil.

3.2. Introdução

Arborização urbana pode ser entendida como o conjunto de diferentes espécies vegetais que compõem os espaços urbanos, propiciando o aumento da qualidade de vida humana nas cidades por meio da melhoria do microclima, redução da poluição do ar, redução do ruído, interceptação da água de chuva, retenção de carbono, fonte de alimento e abrigo para a fauna silvestre e valores estéticos e culturais [1,2]. Contudo, para oportunizar esses benefícios à população, a arborização urbana deve ser planejada e manejada com base em conhecimentos técnicos-científicos [3].

O planejamento e manejo da arborização urbana deve iniciar desde a seleção adequada das sementes, passando pela produção de mudas, plantio em local definitivo, manutenção e monitoramento das árvores no ambiente urbano. No geral, diversos aspectos estão envolvidos no manejo das sementes que propiciam a obtenção deste material vegetal com maior qualidade física, fisiológica, sanitária e genética, que possam alcançar em paralelo mudas e árvores com traços desejáveis, como bons índices de crescimento e desenvolvimento (Figura 1). Estas etapas requerem atenção máxima, uma vez que sementes com menor padrão de qualidade poderão afetar negativamente toda a cadeia a curto, médio e longo prazo.

Figura 3.1 – Resumo dos aspectos gerais envolvidos no manejo adequado das sementes arbóreas nativas.



Fonte: Autores; Zabotto Ambiental.

Entre os grandes gargalos para o uso de espécies arbóreas nativas na arborização urbana, deve-se, muitas vezes, atentar para a ausência de programas de colheita de sementes das espécies nativas, mesmo diante do bioma Amazônia, que é um *hotspot* reconhecido nacional e internacionalmente em virtude de se caracterizar por alto endemismo e elevada biodiversidade de espécies. Neste cenário, há a necessidade urgente do desenvolvimento de estratégias tecnológicas que contribuam diretamente para o fornecimento de sementes de espécies arbóreas nativas com maior padrão de qualidade física, fisiológica, sanitária e genética, e que possam ser utilizadas na produção de mudas para atender diferentes demandas de arborização urbana.

No passado, muito pouco se discutiu a respeito do padrão de qualidade das sementes para uso na arborização, o que tem mudado cada vez mais com o passar do tempo, quando se adquirem maiores informações técnico-científicas a respeito do manejo das sementes e o seu potencial impacto durante a formação da muda e cultivo das árvores nas cidades. Assim, são requeridas sementes florestais com maior padrão de qualidade, que possam ser utilizadas na produção de mudas para atender as diferentes demandas da arborização urbana.

Embora exista esse aumento na demanda por mudas de espécies arbóreas para fins de arborização, muitos produtores encontram dificuldade para produzi-las, em razão do comércio de sementes de espécies florestais nativas não ser consolidado, o que leva a pouca oferta e, principalmente, reduzida quantidade no número de espécies nativas que possam ser utilizadas. Nesse sentido, para a obtenção de sementes de procedências reconhecidas e ampla base genética, que possam atender ao aumento na demanda por sementes de espécies florestais arbóreas, é fundamental que sejam desenvolvidos projetos de implantação de Áreas de Coletas de Sementes (ACS). Além disso, a implantação de ACS não somente poderá atender a potencial oferta de sementes, como também passa a ser importante estratégia para a conservação *in situ* das espécies arbóreas nativas.

O presente capítulo discutirá os aspectos gerais de produção de sementes e mudas de espécies arbóreas nativas na região Norte, e potenciais estratégias que podem ser implementadas para ampliar as áreas verdes nas cidades, por meio da exploração racional de fontes de sementes nativas, manejo de sementes e mudas, e da base genética das espécies arbóreas como fomento para arborização urbana.

3.3. Colheita de frutos e sementes

As sementes são os insumos primordiais para a produção de mudas de espécies arbóreas nativas, pois elas são a principal matéria-prima vegetal de propagação destas árvores. Em paralelo, anterior à colheita de frutos e sementes, diversos fatores relacionados às condições edafoclimáticas como clima, solo, disponibilidade de luz, nutrientes e água podem afetar a produção de sementes em árvores procedentes de populações naturais, concomitantemente com a influência das características genéticas das árvores [4].

Durante a colheita de frutos e sementes em populações naturais, faz-se necessário determinar a quantidade de frutos e sementes a serem retirados de cada árvore, pois existem poucos estudos a respeito do quantitativo ideal que podem ser coletados, ao ponto de não afetar a regeneração natural e nem alterar a oferta de alimentos para a fauna. Assim, pode ser realizada a colheita referente somente a um terço do total de frutos/sementes produzidas de cada árvore matriz, para que a sustentabilidade florestal não seja fortemente afetada.

Na etapa de colheita, é necessário que as árvores estejam identificadas e confirmadas taxonomicamente, por meio do depósito de exsicata em herbários nacionais. Além disso, faz-se necessário o preenchimento de dados geográficos, edafoclimáticos e dendrométricos das árvores para registro de informações básicas da procedência.

3.4. Composição florística da região

O desenvolvimento de estudos sobre fitossociologia, como a composição florística e estrutural em tipologias florestais do bioma Amazônia se faz necessário para o melhor entendimento da dinâmica florestal e aplicação de ações de manejo sustentável. A fitossociologia estuda as inter-relações de espécies vegetais no espaço e no tempo, referindo-se principalmente às questões quantitativas da composição, estrutura, dinâmica, história, distribuição e relações ambientais da comunidade vegetal [5]. No geral, estudos fitossociológicos em florestas ombrófilas densas, na Amazônia, constituem tema prioritário para a conservação deste bioma. Além disso, o manejo sustentável e respectivos usos dessas florestas devem ser precedidos pelo conhecimento de sua composição florística e de sua estrutura vertical e horizontal [6].

No estado do Pará, por exemplo, foram instaladas sete Áreas de Coletas de Sementes (ACS's) de espécies florestais nativas da região, sendo denominadas de ACS da Floresta Nacional do Tapajós, no município de Belterra; ACS da Ilha de Germoplasma e ACS da Base 4 da Usina

Hidrelétrica, em Tucuruí; ACS da Terra Indígena Parakanã, em Novo Repartimento; ACS do Parque Ecológico do Gunma, em Santa Bárbara; ACS do Parque Estadual do Utinga, em Belém e, mais recentemente, está em fase de implantação a ACS do Parque da Fundação Zoobotânica de Marabá.

Embora as ACS's sejam importantes fontes de sementes, para suprir a elevada demanda de material propagativo para o atendimento de adequação dos imóveis rurais à Lei de Proteção da Vegetação Nativa no (nº 12.651, de 25 de maio de 2012), esses sítios florestais também podem ser fontes de material vegetal de espécies nativas para serem utilizadas na arborização urbana do estado do Pará. Na prática, o uso das ACS's como fonte de sementes para arborização urbana já vem sendo realizado no estado do Pará, porém de forma pontual, conforme exemplificado pelo uso de sementes de pau-preto (*Cenostigma tocanthum* Ducke – família Fabaceae) da ACS da Ilha de Germoplasma e ACS da Base 4 da Usina Hidrelétrica, em Tucuruí, que são utilizadas para produção de mudas em diferentes cidades do estado do Pará.

As ACS's, Ilha de Germoplasma e Base 4, localizadas em Tucuruí, possuem elevada riqueza de espécies equivalentes a 221 e 383 diferentes espécies, respectivamente [7]. Mais importante, também possuem alta abundância de indivíduos de pau-preto com elevada variabilidade genética, que podem ser usados na arborização como forma de conservação genética da espécie.

O valor cultural também pode ser explorado pelo uso de espécies arbóreas que derivaram nomes de cidades, mas devido ao intenso processo de urbanização, há poucos exemplares de indivíduos atualmente nessas cidades. Esse fato pode ser exemplificado pelos municípios de Ananindeua e Castanhal, no estado do Pará, os quais receberam esses nomes em virtude da elevada abundância de árvores conhecidas popularmente como Anani (*Symphonia globulifera* – família Clusiaceae) e Castanheira (*Bertholletia excelsa* – Lecythidaceae), respectivamente, durante a formação dessas cidades.

Ressalta-se que o uso de árvores de Castanheira deve ser restrito nas cidades, em razão de possuir frutos grandes, dispersos por gravidade (barocoria), que podem causar sérios danos e riscos à população. Contudo, isso não limita seu plantio em áreas protegidas, o que pode ser uma importante estratégia para a preservação e manutenção de exemplares. Deste modo, fortalecer o uso de espécies nativas de elevado valor cultural é transmitir conhecimento florístico e das tradições culturais para as gerações futuras, além da preservação ambiental.

Além das ACS's, é possível colher sementes em fragmentos florestais urbanos, como no Bosque Rodrigues Alves, que possui uma área de 15 hectares contendo exemplares da flora e fauna amazônica, assim como o Parque Zoobotânico do Museu Paraense Emílio Goeldi, com dimensões equivalentes a 5,4 hectares, o Parque Ecológico Gunnar Vingren (PEGV), que possui cerca de 35 hectares, o Parque Ambiental Municipal Adhemar Monteiro, em Paragominas (PA), com área estimada em 11 hectares.

3.5. Diversidade genética

A diversidade genética e florística de espécies são dois pontos fundamentais que devem ser considerados com maior atenção em projetos de arborização urbana. A procedência, número total de árvores matrizes, número de sementes coletadas por matriz e a contribuição gamética têm papel central no sucesso dos programas. É necessário o desenvolvimento de estudos de

diversidade genética nos locais de coleta das sementes, seja em populações naturais ou em populações de árvores plantadas.

Estudo envolvendo a análise genética em árvores de mogno-brasileiro originárias da terra indígena Parakanã, situada entre os municípios de Novo Repartimento e Itupiranga, no estado do Pará, revelou elevado potencial genético para a conservação de germoplasma, colheita de sementes e para programas de melhoramento genético. Promover estudos neste sentido, para inserir esses exemplares em programas que atendam projetos de arborização passam a ser instrumentos poderosos de conservação *ex situ* das espécies. Outro ponto que deve ser considerado são as definições do número de árvores a serem colhidas, que possibilitem a obtenção de sementes com ampla base genética. A diversidade genética é fundamental para que essas sementes produzam árvores capazes de responder às mudanças ambientais, uma vez que, quanto maior a diversificação da população, maior a variabilidade de respostas às mudanças [4].

No geral, é indicado que o número de árvores selecionadas para colheita de sementes possa variar de 30 a 60 árvores amostradas ao considerar aspectos como a biologia reprodutiva das espécies, grau de endogamia dos indivíduos e a dimensão da área do plantio, permitindo que seja alcançada ampla base genética [8]. Por outro lado, menores números de árvores também podem ser consideradas, conforme estudos desenvolvidos para a espécie *Genipa americana*, no qual os autores observaram que um total de 20 árvores matrizes possui elevada diversidade genética [9].

3.6. Seleção de matrizes

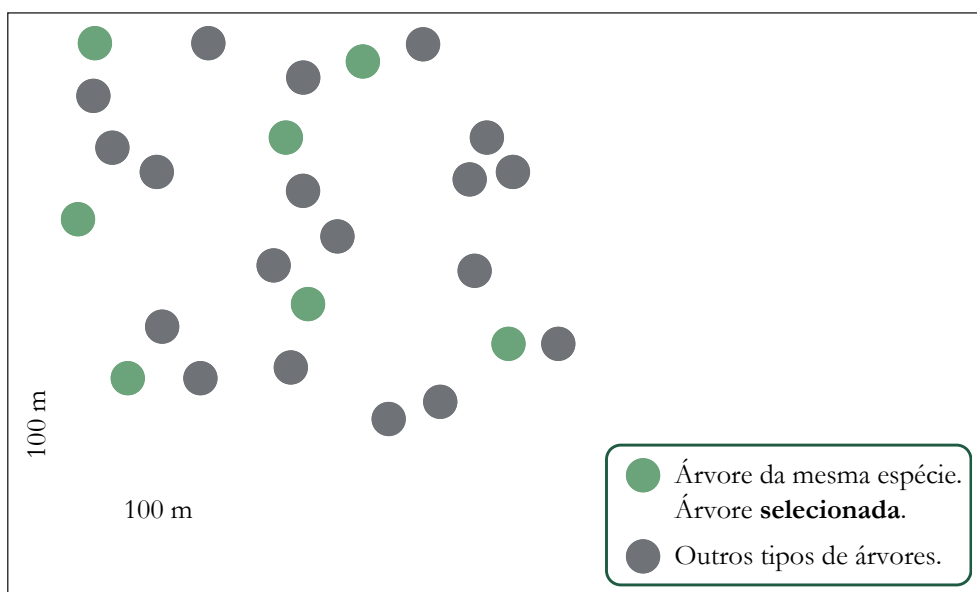
A produção de sementes envolve critérios de seleção e marcação de árvores, estudos de fenologia reprodutiva, métodos de colheita, transporte, secagem, extração e beneficiamento e armazenamento. Nesse sentido, para a obtenção de sementes de procedências reconhecidas e ampla base genética, que possam atender o aumento na demanda por sementes de espécies florestais, é fundamental que sejam desenvolvidos projetos para a implantação de Área de Coleta de Sementes (ACS), em diferentes tipologias florestais na região Norte. Além disso, a implantação de ACS não somente poderá atender a potencial oferta de sementes na região, como também passa a ser importante estratégia para a conservação *in situ* das espécies arbóreas nativas.

Para obtenção de material propagativo de qualidade é necessário selecionar árvores com características desejáveis. As árvores matrizes devem ser preferencialmente de espécies nativas e localizadas em florestas que apresentam características fenotípicas superiores quando comparadas com outras da mesma espécie. Durante a amostragem das árvores no campo, a divisão em quadras da ACS pode propiciar uma melhor visualização da distribuição espacial da espécie arbórea e auxiliar diretamente na seleção das árvores mais equidistantes possíveis (Figura 2).

Devem-se levar em consideração os seguintes aspectos:

- Selecionar o máximo de progênes possíveis, sendo o mínimo 30 matrizes;
- As árvores matrizes devem estar equidistantes 100 m umas das outras;
- Altura e diâmetro do fuste bem desenvolvido;
- Ausência de ataque de pragas e doenças.

Figura 3.2 – Seleção de árvores matrizes com distância mínima de 100 m entre elas.



Fonte: Autores; Zabotto Ambiental.

3.7. Implantação de viveiros

Os viveiros florestais são áreas com um conjunto de infraestrutura que permitem empregar técnicas para produzir mudas florestais em quantidade e qualidade, para serem plantadas em local definitivo.

3.8. Seleção do local do viveiro

Para a escolha do local, devem-se levar em consideração os seguintes aspectos:

- **Facilidade de acesso**

É fundamental que se tenha facilidade para transportar as mudas, ou que seja próximo do local a ser realizado o plantio definitivo.

- **Disponibilidade de água**

É um dos principais fatores, o ideal é que tenha qualidade e quantidade disponível, mesmo no período seco, para que não ocorram perdas de mudas por falta de água.

- **Luminosidade**

Deve-se escolher um local ensolarado, para que as plantas realizem fotossíntese, entretanto não podemos esquecer que existem espécies que necessitam de sombra. Os raios solares irão gerar a “rustificação” das mudas (maior adaptação das mudas para enfrentar as condições adversas do campo).

- **Declividade**

O terreno pode ser levemente inclinado, mas o ideal é que seja plano. Antes da implantação, deve ser observado se ocorrem inundações no terreno, pois o excesso de água poderá causar estresse fisiológico pela ausência de oxigênio nas raízes e induzir a redução da capacidade fotossintética, a concentração de nutrientes nas folhas e, até mesmo, a morte das plantas.

- **Tipo de solo**

Os solos devem ser leves, profundos, bem drenados e livres de ervas daninhas, para que não abriguem possíveis pragas no viveiro, que poderão causar futuros danos.

3.9. Viveiros permanentes ou fixos

São aqueles que produzem mudas em grandes quantidades para atender diferentes setores. As instalações têm custo mais elevado, em virtude de as instalações serem mais sofisticadas e o planejamento tem de ser minucioso, pois objetiva produzir mudas durante muitos anos. Na seleção do local, é importante atentar para a escolha de áreas que propiciem o fácil escoamento da produção, como a proximidade com rodovias.

3.10. Viveiros temporários ou provisórios

São aqueles construídos próximos à áreas de plantio e as instalações são de baixo custo. São implantados para atender a um curto período e produz principalmente mudas de crescimento rápido.

3.11. Sementeiras

São canteiros onde as sementes são semeadas e, após a emergência e o desenvolvimento das plântulas, ocorre a seleção das mais vigorosas e sadias para posteriormente serem transplantadas ou repicadas para os recipientes, que podem ser tubetes, sacolas plásticas ou outras embalagens. Além disso, são destinadas a produzir grande quantidade de plântulas por metro quadrado. Deve possuir cobertura para proteção das sementes e o ideal é que sejam usadas telas de sombreamento com filtro de 50% da luz natural.

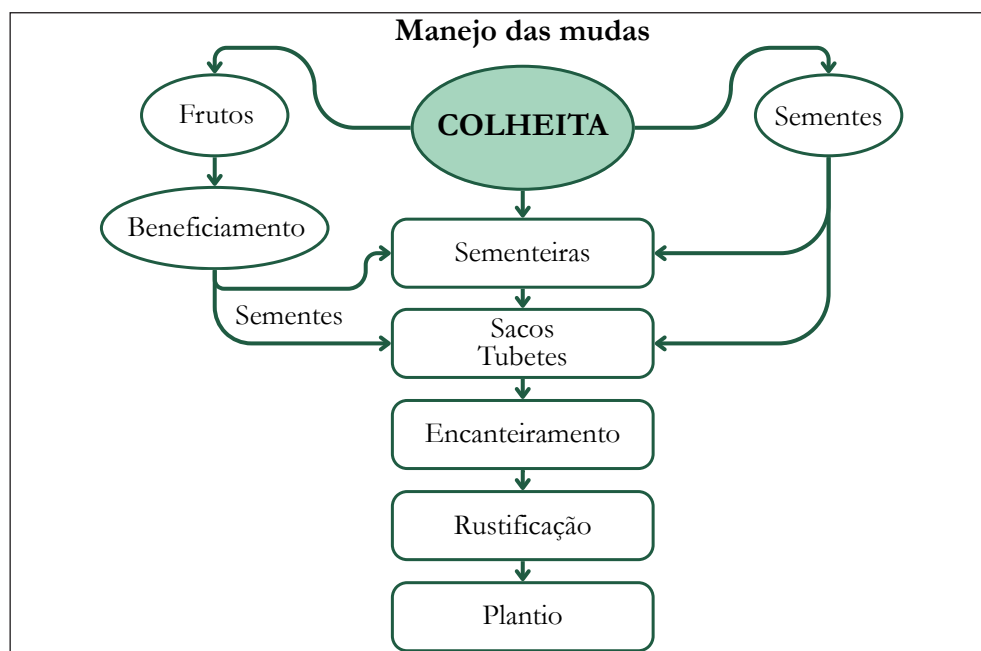
3.12. Produção de mudas

A propagação das espécies arbóreas é realizada principalmente pelo método sexuado. Após a coleta dos frutos e/ou sementes, ocorre o beneficiamento, extração e secagem. Algumas espécies precisam ser semeadas logo após o beneficiamento, por serem recalcitrantes (perdem a viabilidade rapidamente), possuindo tempo de vida curta.

A luminosidade, durante a produção de mudas arbórea, pode indicar o grau de tolerância das espécies às condições de sombreamento e subsidiar informações para a obtenção de mudas com maior padrão de qualidade [10]. Nesta etapa, definir a quantidade de luz necessária para o crescimento e desenvolvimento das mudas pode basear-se no grupo ecológico. Assim, espécies pioneiras poderão ser conduzidas a pleno sol, secundárias com sombreamento de 50% (telas de poliolefinas de cor preta) e climáceas com níveis de sombreamento entre 50 e 70%.

A produção de mudas em grandes quantidades e com qualidade requer a máxima atenção do produtor, desde o processo de colheita de frutos e sementes, até o manejo das mudas no viveiro. Adoção de tratos culturais como a monda (remoção manual de plantas daninhas presentes no substrato), irrigação e desbaste (seleção e retirada das plântulas menos vigorosas em paralelo à manutenção da plântula com melhor característica fenotípica) são fundamentais para o bom desenvolvimento das mudas (Figura 3).

Figura 3.3 – Organograma simplificado das etapas a serem seguidas durante o processo de produção de mudas.



Fonte: Autores; Zabotto Ambiental.

Entre as limitações técnicas para o maior uso de espécies vegetais nativas em vias públicas, tem-se a ausência de conhecimento do padrão de qualidade dessas mudas, que levam às principais perguntas: Qual o crescimento e desenvolvimento ideal da muda para plantio definitivo? Qual volume de embalagem deve ser considerado para produção de mudas das espécies arbóreas? Qual a dimensão da copa e o sistema radicular?

3.13. Definição do tipo de embalagem

A seleção das embalagens ou recipientes deve considerar aspectos importantes como o crescimento, desenvolvimento e a distribuição do sistema radicular de forma mais natural possível,

sem propiciar qualquer tipo de deformação; dimensões dos recipientes (altura e seção transversal), com adequado volume de substrato para cada espécie; proteção e acondicionamento adequado das raízes durante o transporte; possibilidade de reaproveitamento e custos de aquisição e de produção final das mudas, uma vez que influencia na quantidade de insumos e água requeridos pelo volume final de substrato a ser usado [11].

Quanto maior o tempo para o crescimento da muda, maior deve ser o recipiente para facilitar o seu pleno desenvolvimento, tanto do sistema radicular, quanto da parte aérea. Equacionar o custo da produção da muda arbórea com o padrão de qualidade exigido para seu plantio nas diversas cidades não é tarefa fácil, pois, no geral, é necessário que as mudas produzidas apresentem altura da primeira bifurcação entre 1,80 m e 2,30 m, o que, em contrapartida, demandará o uso de recipientes maiores e aumentará os custos de produção.

Os recipientes mais utilizados são os sacos plásticos de polietileno com espessuras variadas, tubetes de polipropileno reutilizáveis e vasos de polipropileno, disponíveis no mercado em diversos tamanhos. Na produção de mudas com a finalidade de plantio em área urbana, a recomendação da embalagem deve possuir capacidade entre 15 e 20 litros de substrato para um bom crescimento e desenvolvimento radicular [12].

3.14. Tipos de semeadura x tamanho das sementes

A semeadura pode ser direta no recipiente (sacos, tubetes, vasos) ou indireta, realizada em sementeira para posterior transplantio ou repicagem. As sementeiras podem ser no chão, suspensas ou em bandejas.

3.15. Tempo de produção de mudas x tamanho da muda (altura)

O planejamento para a produção das mudas é um item importante, seguindo o calendário fenológico de dispersão das espécies para a colheita e semeadura. Muitas espécies florestais apresentam dormência e necessitam de tratamento para acelerar a germinação; além disso, existem espécies que se desenvolvem lentamente no viveiro, fatores que exercem forte influência no tempo total de produção das mudas. O período de permanência no viveiro depende do desenvolvimento de cada espécie, que pode variar entre 2 a 12 meses, para atingir altura entre 30 cm a 1,60 metro de altura (dados não publicados do LASF, Embrapa Amazônia Oriental). As mudas com a finalidade de plantio em área urbana devem apresentar 1,50 m a 1,80 m de altura, diâmetro à altura do peito (DAP) mínimo de 3 cm; altura da primeira ramificação de 1,20 m a 1,60 m; copa formada por 3 (três) a 4 (quatro) ramos partindo, preferencialmente, de pontos distintos do caule e o sistema radicular bem formado.

3.16. Processo de adubação de mudas

A adubação balanceada das espécies arbóreas nativas é essencial para que cresçam e se desenvolvam rapidamente, com características fenotípicas desejáveis, como elevado vigor, maior

resistência a pragas e doenças e, principalmente, maior tolerância às condições de ambiente definitivo. No geral, a correção da acidez do substrato e a adubação devem ser recomendadas, de acordo com a análise química do substrato e exigências nutricionais das espécies vegetais.

A demanda nutricional das espécies arbóreas nativas é bastante variável, havendo poucos estudos diante da elevada biodiversidade de espécies arbóreas nativas [13]. Porém, na etapa de produção das mudas os aspectos ecológicos das espécies (pioneiras, secundárias e clímax) podem ser considerados, uma vez que as espécies pioneiras tendem a ser mais exigentes em comparação com as demais espécies no estágio de muda, em razão do crescimento rápido em paralelo com o acúmulo de biomassa [14].

Nas últimas décadas, o reconhecimento da importância funcional e ecológica da simbiose dos fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) com as plantas é cada vez mais ratificado [15]. No estabelecimento da simbiose, as plantas apresentam maior crescimento e desenvolvimento por meio do aumento da absorção de nutrientes, especialmente aqueles menos solúveis, como fósforo, zinco, ferro e cobre, resultando em plantas mais nutridas e vigorosas, com mais resistência às condições ambientais adversas [16,17]. Logo, o uso destas tecnologias passa a ser interessante estratégia, uma vez que, além dos FMAs propiciarem diferentes benefícios no desenvolvimento das mudas, também favorecem a sustentabilidade dos solos [18].

3.17. Considerações finais

Considerando o avanço dos últimos anos nas políticas públicas de arborização urbana na região Norte, seguida por maior mobilização e organização de entidades públicas presentes nas diversas cidades e municípios, espera-se que ocorra o desenvolvimento dos planos de arborização urbanas e estas políticas públicas sejam aplicadas de fato.

3.18. Referências

- [1] Nicodemo MLF, Primavesi O. Por que manter árvores na área urbana? São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste; 2009. 41 p. (Documentos/Embrapa Pecuária Sudeste, 89).
- [2] Silva Filho DF. Cadastramento informatizado, sistematização e análise da arborização das vias públicas da área urbana do município de Jaboticabal, SP [dissertação]. Jaboticabal (SP): Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”; 2002.
- [3] Elias GA, Citadini-Zanette V, Santos R. Árvores nativas para a arborização urbana: um estudo de caso no Sul do Brasil. *Rev Bras Agroecol.* 2020;15(5):249-60.
- [4] Guardia MC, Asperti LM, Fidalgo AO, Garcia VA. Produção e obtenção de sementes. In: Barbedo CJ, Santos Junior NA, organizadores. Sementes do Brasil: produção e tecnologia para espécies da flora brasileira. São Paulo: Instituto de Botânica; 2018. p. 41-62.
- [5] Dengler J. Phytosociology. In: Richardson D, Castree N, Goodchild MF, Kobayashi AL, Liu W, Marston R, editors. The international encyclopedia of geography: people, the earth, environment, and technology. Chichester: Wiley; 2017.

- [6] Kauai F, Corte APD, Cysneiros V, Pelissari AL, Sanquetta CR. Evaluation of forest inventory processes in a forest under concession in the southwestern Brazilian Amazon. *Acta Amazon.* 2019;49(2):91-6.
- [7] Leão NVM, Ohashi ST, Felipe SHS. Situação atual da pesquisa e produção de sementes de espécies florestais nativas na Amazônia Oriental. In: Piña-Rodrigues FCM, Figliolia MB, Silva A, organizadores. *Sementes florestais tropicais: da ecologia à produção.* Londrina (PR): ABRATES; 2015. p. 381-95.
- [8] Sebbenn AM. Número de árvores matrizes e conceitos genéticos na coleta de sementes para reflorestamentos com espécies nativas. *Rev Inst Florestal.* 2002;14(2):115-32.
- [9] Sebbenn AM, Kageyama PY, Vencovsky R. Conservação genética *in situ* e número de matrizes para a coleta de sementes em população de *Genipa americana* L. *Sci For.* 2003;(63):13-22.
- [10] Leão NVM, Shimizu ESC, Felipe SHS. Shading improves initial growth and quality of *Parkia multijuga* Benth. seedlings. *Aust J Crop Sci.* 2019;13:1908-13.
- [11] Carneiro JGA. Produção e controle de qualidade de mudas florestais. Curitiba: UFPR/FUDEP; Campos: UENF; 1995.
- [12] Porto LPM, Brasil HMS, organizadores. Manual de orientação técnica da arborização urbana de Belém. 2. ed. Belém (PA): Prefeitura Municipal de Belém; 2013.
- [13] Ventura MJS. Compensação da fertilização de base em mudas de *Colubrina glandulosa* Perkins e *Handroanthus ochraceus* (Cham.) Mattos produzidas em tubetes [tese]. Lavras (MG): Universidade Federal de Lavras; 2012.
- [14] Scremin-Dias E, et al. Produção de mudas de espécies florestais nativas: Manual 2. Campo Grande: Ed. UFMS (Rede de Sementes do Pantanal); 2006.
- [15] Giovannini L, Palla M, Agnolucci M, Avio L, Sbrana C, Turrini A, et al. Arbuscular mycorrhizal fungi and associated microbiota as plant biostimulants: research strategies for the selection of the best performing inocula. *Agronomy.* 2020;10(1):106.
- [16] Bhandana P, Rana MS, Sun X, Moussa MG, et al. Arbuscular mycorrhizal fungi and its major role in plant growth, zinc nutrition, phosphorous regulation and phytoremediation. *Symbiosis.* 2021. doi:10.1007/s13199-021-00756-6. Epub ahead of print.
- [17] Pereira S, Santos M, Leal I, Tabarelli M, Santos MG. Arbuscular mycorrhizal inoculation increases drought tolerance and survival of *Cenostigma microphyllum* seedlings in a seasonally dry tropical forest. *For Ecol Manag.* 2021;492:119213.
- [18] Hao L, Zhang Z, Hao B, Diao F, Zhang J, Bao Z, Guo W. Arbuscular mycorrhizal fungi alter microbiome structure of rhizosphere soil to enhance maize tolerance to La. *Ecotoxicol Environ Saf.*

Capítulo 4

MANEJO E TECNOLOGIAS NA ARBORIZAÇÃO URBANA

*Por Everton Cristo de Almeida, Yêda Maria Boaventura Corrêa Arruda,
Leonardo Lincoln de Oliveira Rosa e Flavio Ricardo Costa Nascimento*

4.1. Destaques deste capítulo

1. Planos Municipais de Arborização orientam diretrizes, zoneamento, objetivos e estratégias garantindo decisões assertivas e participação social;
2. Inventários e monitoramento constantes fornecem dados sobre quantidade, qualidade, estado fitossanitário e conflitos apoiando ações de manejo;
3. A falta de planejamento gera conflitos com infraestrutura como danos em calçadas, interferências em redes e riscos à segurança;
4. Educação ambiental e participação social reduzem vandalismo, podas irregulares e conflitos fortalecendo a cogestão da arborização;
5. Tecnologias como geotecnologias, imagens de satélite, drones e softwares de gestão permitem inventariar, monitorar e fiscalizar de forma ágil e precisa.

4.2. Introdução

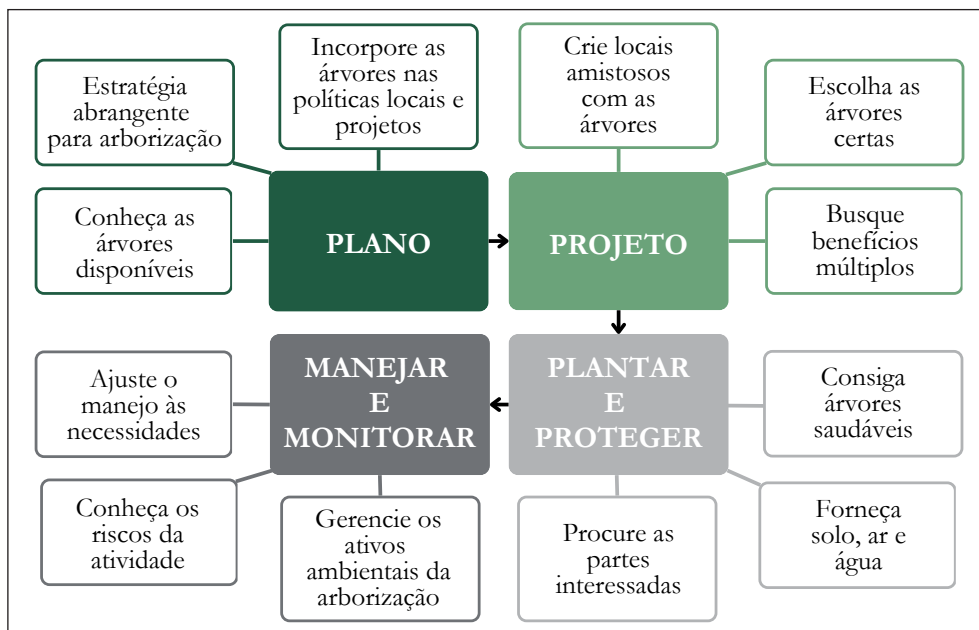
4.2.1. O manejo da arborização urbana

A premissa para o êxito das ações na arborização urbana deve partir de instrumentos legais, como os Planos Municipais de Arborização Urbana, que balizam a tomada de decisão e respaldam as instituições envolvidas diretamente nas ações, por meio de estratégias adotadas e definição das diretrizes, objetivos gerais e específicos do manejo da arborização urbana. Os planos de arborização devem ser construídos pensando na integração mais harmoniosa possível entre a vegetação e o meio urbano, isso facilitará as tomadas de decisão para os gestores e para as partes interessadas (Figura 1).

O manejo deve considerar o estado dos indivíduos arbóreos do município, avaliando fatores como: idade, distribuição e ocorrência das espécies, espaço físico disponível, porte dos indivíduos e espécies indesejadas. A partir de um inventário qualiquantitativo, define-se o zoneamento que ajudará nas estratégias variadas de plantio, modificação das espécies, tipos de manejo e/ou

erradicação de espécies não conformes, entre outras informações de suma importância para o planejamento do manejo [2-6].

Figura 4.1 – Os 12 princípios para gestores e tomadores de decisão para a arborização urbana.



Fonte: Elaborado por Zabotto Ambiental a partir de *Trees & Design Action Group* [1].

O conhecimento do objeto de estudo, por meio do inventário, é fundamental para a assertividade das ações, é peça-chave para a fase de planejamento, que não deverá ser único e estacionário, deve ser constantemente atualizado e retroalimentado pelos atores envolvidos na arborização.

A sustentabilidade deve ser o pilar nas ações de manejo no meio urbano, tanto ambiental quanto financeiramente. Os investimentos devem ser levados em consideração pensando em aperfeiçoar os custos de manutenção associados à arborização, que deve possuir recursos constantes nos planos orçamentários, em que uma parte advém de impostos municipais [7-9].

Universidades e centros de pesquisa que se dedicam à arborização urbana podem e devem contribuir com o manejo da arborização na produção de conteúdo técnico e científico, para o aperfeiçoamento das técnicas de manejo, principalmente no combate de vetores e pragas que afetem os indivíduos arbóreos.

O manejo referente à poda deve ser uma ação articulada e tratada a partir de uma gestão participativa que envolva os atores da arborização, secretarias de meio ambiente, saneamento, mobilidade urbana, urbanismo e iluminação pública, concessionárias de energia, abastecimento de água e esgoto e outros agentes identificados [10]. A condução malfeita pode acarretar resultados drásticos de perda da vegetação, com a morte dos indivíduos arbóreos [11].

A execução das ações de manejo deve ser acompanhada por um programa de educação ambiental que vise divulgar e difundir para a sociedade a relevância da arborização urbana; estimulando por meio de ações público-privadas a cogestão da manutenção e proteção da arborização urbana; divulgando à comunidade a importância de ações como plantio e manejo de acordo com

as orientações técnicas; conscientizando a população sobre as espécies indesejáveis e os locais inadequados para o plantio de árvores em áreas públicas [12].

4.3. Conflitos existentes com a arborização

A arborização urbana é um dos elementos mais importantes para a qualidade de vida nas cidades, pois contribui para o conforto térmico, para a melhora da qualidade do ar e para o embelezamento das ruas. No entanto, quando feita sem planejamento, pode gerar conflitos ligados a calçadas, redes elétricas, sinalizações e construções. Esses problemas são comuns em municípios de diferentes portes no Brasil, resultado da falta de diretrizes técnicas e legais adequadas para o manejo da vegetação [13].

Diversos estudos mostram que os conflitos mais frequentes estão ligados à fiação elétrica, a danos em calçadas e a podas inadequadas.

Em Monte Alegre (PA), por exemplo, foi identificado que 14,4% das árvores apresentavam interferência com a rede elétrica, além de outros problemas estruturais que poderiam ser evitados com um Plano Diretor de Arborização [14]. Situação semelhante ocorre em cidades do Sudeste, como Jaboticabal (SP), onde quase 30% das árvores apresentaram conflito com a fiação e outras tantas com edificações e iluminação pública [15].

No Rio de Janeiro, pesquisas em bairros como a Taquara apontaram que mais de 70% das árvores analisadas apresentavam algum tipo de conflito com equipamentos urbanos, reforçando a necessidade de políticas públicas de manejo eficiente [16]. Já em Valença (RJ), 45% das árvores tinham interferência com a rede telefônica e 38% com a elétrica, revelando a carência de planejamento na escolha das espécies e locais de plantio [17]. Esses exemplos demonstram que os conflitos com a arborização urbana são recorrentes no Brasil e precisam ser tratados de forma integrada, unindo conhecimento técnico, gestão pública e participação da comunidade.

A inexistência de planejamento urbano é confirmada pela seleção inapropriada de espécies, produção de mudas sem padrão de qualidade e plantio inadequado das espécies arbóreas, mas também indicam a falta de requisitos técnicos na implantação e no manejo da arborização urbana. Isto pode resultar na incompatibilidade das árvores com a infraestrutura urbana instalada, como postes de iluminação, instalações subterrâneas, caixas de inspeção, fachadas, entre outras [18]. Nestas condições, as árvores ficam mais sujeitas às injúrias, principalmente por práticas de manejo inadvertidas, seguidas da biodeterioração do lenho por fungos, cupins e brocas de madeira [19].

4.4. Conflitos físicos

A arborização urbana constitui elemento essencial para a qualidade ambiental e social das cidades, mas sua implantação desordenada pode gerar diversos conflitos físicos com a infraestrutura urbana. Esses conflitos envolvem desde o rompimento de calçadas e danos em muros até

o contato de copas com fiações elétricas e bloqueio da iluminação pública, trazendo custos adicionais de manutenção, riscos de acidentes e redução da vitalidade das árvores, frequentemente submetidas a podas drásticas. Em Macapá (AP), por exemplo, verificou-se que árvores plantadas em calçadas comprometiam tanto a circulação de pedestres quanto a integridade de edificações, demonstrando a necessidade de planejamento urbano integrado [20]. Situação semelhante foi observada em Boa Vista (RR), onde as espécies utilizadas na arborização apresentaram alta taxa de conflitos com redes aéreas e passeios, evidenciando falhas de manejo e escolha inadequada de espécies [21].

Iniciativas recentes apontam caminhos para mitigar tais problemas. Em Castanhal (PA), a adoção de ferramentas digitais como o aplicativo UrbanTree possibilitou mapear a arborização, identificar conflitos e subsidiar ações de manejo adequadas, reduzindo riscos e facilitando o planejamento [22]. Em São Luís (MA), inventários qualiquantitativos mostraram a baixa diversidade de espécies e sua contribuição direta para o aumento dos conflitos com equipamentos urbanos, reforçando a necessidade de políticas públicas de arborização mais criteriosas [23]. Esses resultados indicam que os conflitos físicos não são pontuais, mas recorrentes no Brasil, e que seu enfrentamento exige tanto a seleção de espécies adaptadas ao espaço urbano quanto o uso de tecnologias de monitoramento e o fortalecimento da gestão ambiental das cidades.

Postes de energia e iluminação pública: Os postes implantados nos logradouros públicos são um dos maiores agentes de pressão sobre a arborização urbana, a eles estão associadas estruturas que disputam espaço com a vegetação na parte aérea (tronco e copa), na distribuição de energia elétrica, na iluminação pública, em semafóricos, sinalização, telefonia e segurança.

A arborização urbana, quando mal planejada, pode gerar sérios conflitos com a infraestrutura elétrica e de iluminação pública. Em Palmas (TO), verificou-se que grande parte das árvores plantadas em calçadas e vias públicas apresentava contato direto ou proximidade com postes e fiação, ocasionando a necessidade frequente de podas corretivas. Esses conflitos não apenas comprometem a forma natural das árvores e reduzem seus benefícios ambientais, como também impactam diretamente a eficiência da iluminação pública, prejudicando a segurança de pedestres e motoristas durante o período noturno [24].

Redes aéreas: As redes aéreas possuem compatibilidade com a arborização urbana, entretanto, a manutenção e melhoria das redes devem ser contínuas, objetivando sempre a conservação dos exemplares arbóreos, visando à mínima interferência. No caso das redes de distribuição de energia elétrica, o manejo é mais técnico e com periodicidade menor, principalmente quando as redes são compostas de cabos nus que não toleram o contato com a vegetação, este conflito causa a interrupção no fornecimento de energia e pode ainda levar a acidentes com choques elétricos. O uso de cabeamento revestido ou multiplexado permite o contato simples da árvore com a rede energizada, reduz o volume de galhos a serem cortados e permite uma convivência harmônica entre a vegetação e a rede elétrica [25].

As Companhias Energéticas em todo Brasil têm uma grande contribuição nos aspectos técnicos do plantio e da poda em área urbana, com orientações e recomendações do porte das árvores a serem plantadas nos diferentes logradouros, estas apresentadas em seus Manuais.

Saneamento e abastecimento hídrico: As redes subterrâneas de abastecimento hídrico e de coleta de esgoto configuram o conflito mais preocupante para com a arborização urbana, seja

no momento de implantação, sejade manutenção dessas redes. As estruturas a serem implantadas devem priorizar a alocação no meio-fio evitando a concorrência por espaço com as raízes da planta. Em locais que o espaço não permite compatibilizar, deve-se avaliar a troca das espécies e/ou o diâmetro e profundidade da tubulação.

Drenagem e pavimentação: Os projetos de arquitetura das cidades no que tange à arborização urbana, na maioria dos casos, se estabelecem a partir de modelos copiados de outras realidades, sejam elas europeias, seja de cidades brasileiras com características edafoclimáticas diferentes.

A expansão demográfica aumenta a pavimentação e o alargamento de vias, diminuindo cada vez mais o calçamento e as áreas livres permeáveis, essenciais para o bom desenvolvimento das raízes. Com a diminuição das golias e o plantio de espécies inadequadas, muitos exemplares acabam por sofrer corte indevido de raízes, ou ter seu sistema radicular recoberto por pisos de calçada ou asfaltamento, esse processo pode enfraquecer a árvore a ponto de não oferecer estabilidade (Figura 2).

Figura 4.2 – Conflito físico entre o calçamento do canteiro central e o sistema radicular (*Moquilea tomentosa* – oiti), Manaus (AM).



Fonte: Autores.

4.5. Conflitos sociais

Por exercerem uma pressão indireta sobre a arborização e por estarem associados a áreas comerciais, à segurança pública, ao paisagismo e a ocupações desordenadas, são mais difíceis de serem mitigados.

O conflito social relacionado à arborização urbana manifesta-se em práticas como vandalismo, poda irregular, supressão de árvores para destacar fachadas comerciais e maus-tratos às plantas, evidenciando a falta de conscientização da população acerca do valor ambiental e coletivo desses elementos naturais.

Tais situações reforçam a percepção das árvores como obstáculos, em vez de patrimônio público, agravando as tensões entre a preservação ambiental e as demandas urbanas. Nesse sentido, a arborização urbana muitas vezes é entendida como um problema diante do confronto das árvores com equipamentos urbanos, fiações elétricas, encanamentos e fachadas comerciais [27,28].

Violência e vandalismo: O índice de criminalidade em determinada região pode estar associado à falta de iluminação adequada, que por sua vez traz consigo o estereótipo do empecilho da vegetação, quando na verdade as alternativas tecnológicas e um bom planejamento quanto à iluminação pública resolveriam o problema.

O vandalismo prejudica o planejamento e a condução de uma arborização saudável, e caracteriza-se como a quebra de mudas, retirada arbitrária do local de plantio, pisoteio, anelamento, corte, entre outros. A solução para estas problemáticas passa por um efetivo programa de Educação Ambiental, ações em que a população adote a árvore com objetivos de prover os devidos cuidados, além de expandir e intensificar a fiscalização, algumas ações podem ser a instalação de estruturas de sinalização e proteção dos vegetais, como placas e gradis de ferro.

Caiação: A caiação de árvores é um termo que designa as pinturas à base de cal em troncos de árvores, que ainda é uma prática vista em muitos municípios e que não agrega valores positivos ao manejo da arborização. Algumas espécies não respiram somente pelas folhas, mas também pelo caule, por estruturas chamadas lenticelas, e todas as espécies arbóreas transpiram pelo caule, ou seja, o caule é uma estrutura com a função de trocas gasosas da planta. Quando ocorre a pintura dessa estrutura, há uma obstrução dos poros, prejudicando assim a saúde do vegetal.

Fachadas de estabelecimentos: Trata-se do conflito existente entre a fachada do imóvel, seja ele comercial, seja não, e a arborização viária no passeio, geralmente são solicitadas a poda ou remoção, para unicamente dar maior visibilidade aos projetos luminotécnicos da fachada, seus revestimentos e propagandas [29,30].

É necessário que os processos de fiscalização por parte dos órgãos ambientais competentes sejam robustos e, principalmente, deem mídia aos autos de infração lavrados em desfavor ao delinquente. A publicidade do fato, associada ao programa de educação ambiental, sensibilizará e conscientizará a sociedade da valoração dos imóveis em áreas cuja arborização é bem-cuidada [31,32,18].

4.6. Estudo de caso

4.6.1. Incompatibilidade da Arborização Urbana com a área construída na cidade de Manaus (AM)

Mesmo com toda a magnitude ambiental que cerca a cidade de Manaus, a mesma possui uma pobre relação com a fauna e flora locais, a considerar pela arborização urbana; dentre as capitais brasileiras e o Distrito Federal, ocupa o 25º lugar com 23,9% de área urbana arborizada [33]. Em 2018, um estudo realizado em 10 grandes avenidas de Manaus constatou algum tipo de conflito físico entre as árvores plantadas e os elementos urbanos das vias, principalmente do sistema radicular: 42,2% das árvores apresentaram afloramento das raízes dentro da área de plantio; em 26,9%, as raízes afetaram as calçadas e/ou construção e 0,7% das raízes afetaram a rede de esgoto. A interferência da parte aérea das árvores foi inferior a 30%, porém o maior conflito foi com a rede elétrica (25,6%). Nas avenidas estudadas, as árvores apresentavam um bom manejo a considerar os tratos silviculturais nas suas copas. Quando analisamos a manutenção da poda, 28,2% (n=85) haviam sido podadas anteriormente; 58,1% (n=175) apresentavam poda com rebroto; 0,7% (n=2) com poda drástica e 12,9% (n=39) não haviam sido podadas. Consequentemente, a necessidade de tratos silviculturais caiu drasticamente (171 árvores não necessitavam de poda – 56,8%), mas a poda de limpeza com a liberação da rede elétrica foi a mais contabilizada nas 301 árvores (n=79, 26,2%). Os resultados satisfatórios quanto à poda devem-se à implantação do Plano Diretor de Arborização Urbana em Manaus desde 2012, com atualização em 2016.

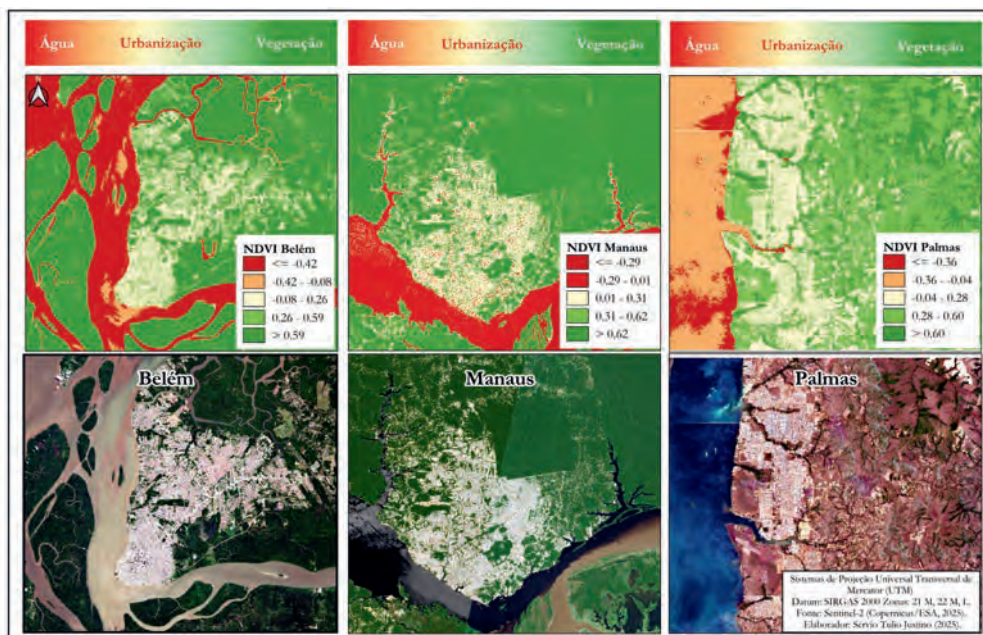
4.7. Tecnologias voltadas à arborização

A arborização urbana passou a ser um campo de atuação que requer empenho com a utilização de muitas tecnologias inovadoras para o segmento, tendo em vista as diversas dificuldades encontradas [34]. O manejo da arborização requer o uso de ferramentas já conhecidas no meio da gestão (ações de plantio, informação e conscientização, monitoramento, entre outras), porém aplicadas em outras ciências. Com a definição de objetivos específicos claros e tangíveis quanto ao que se quer para a arborização urbana, é imprescindível traçar metas, determinar zoneamentos, fomentar o estudo e a pesquisa. O desenvolvimento e a garantia de um manejo de qualidade requerem atualização, também, nos métodos de controle e execução das práticas em arborização urbana.

4.8. Mapeamento e fiscalização

É a etapa primordial para gerir a arborização urbana. O inventário qualiquantitativo é uma ferramenta demorada e trabalhosa para ser realizada, contudo imprescindível. As tecnologias de imagem por satélite permitem a realização de um inventário muito mais célere, bem como o monitoramento e acompanhamento da análise da vegetação por meio de ferramentas como o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada – NDVI (Figura 3).

Figura 4.3 – Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) de três capitais da região Norte (Belém-PA, Manaus-AM e Palmas-TO) que apresentam o Plano Diretor de Arborização Urbana – PDAU.



Fonte: Sérgio Justino; IBGE; Zabotto Ambiental.

Os inventários de arborização urbana convencionais demandam elevados investimentos, além de uma alta demanda de tempo. As geotecnologias podem ser consideradas como importantes instrumentos de auxílio no monitoramento e quantificação de áreas verdes, pois apresentam um custo baixo, de forma rápida e precisa [35].

Os estudos realizados com esta tecnologia são utilizados em cidades de primeiro mundo e denotam confiabilidade. O estudo realizado, a arborização urbana foi classificada utilizando imagens de alta resolução do satélite *RapidEye*, obtendo resultados satisfatórios para Berlim, capital da Alemanha (36). A China tem lançado programas de arborização desde 1978 e realiza o monitoramento dessas áreas por meio do uso de índices de vegetação gerados pelo sensor MODIS [37].

Os VANTs ou drones dão a possibilidade de monitorar continuamente as florestas urbanas devido à agilidade e independência de sua utilização. Eles podem ser uma solução rápida para acompanhar o dinamismo da expansão urbana. Contudo, ainda não existe autorização dos órgãos responsáveis para voos de VANTs nas cidades, mas a verdadeira limitação é a segurança, tanto do ponto de vista de acidentes com quedas, atingindo pessoas e patrimônio, como do ponto de vista de privacidade [38].

As tecnologias de imagem por satélite sobretudo têm um potencial muito mais efetivo no âmbito da fiscalização, tendo em vista que a poda em níveis de prejudicar o vegetal ou ainda a supressão pode ser visualizada por estas imagens, identificando períodos de atuação, e por meio de outros mecanismos de segurança, como câmeras de circuitos privados ou de segurança pública, podem identificar os infratores.

4.9. Manejo e conservação

Existem empresas que vêm desenvolvendo *softwares* e plataformas *online* com a proposta de promover o gerenciamento da arborização urbana, disponibilizando interfaces de controle ágeis e precisas [39]. Esses programas podem indicar o tempo de retorno para intervenção nestes vegetais a partir da localização, do porte, da espécie e de outras variáveis, além de possibilitar o registro das intervenções e montar as pastas de cada indivíduo arbóreo.

Após a etapa de inventário, é ideal que os dados continuem sendo atualizados devido ao contínuo trabalho a ser desenvolvido, como plantio, supressão e podas. O órgão ambiental municipal e os atores envolvidos devem se capacitar para a utilização de *softwares* que cadastram árvores em tempo real.

Outra vertente de trabalho com a arborização urbana é a gestão dos resíduos oriundos da poda; estes podem ser tratados por meio dos picadores de galho, que reduzem as granulometrias ideais para terem serventias diversas, como forração de poleiros de aves, abafamento de ervas daninhas em plantio, incorporação em material para compostagem, e até misturados à alimentação de animais.

4.10. Estudo de caso

4.10.1. Projeto Floresta Urbana: inventário diagnóstico de dez bairros na cidade de Santarém (PA)

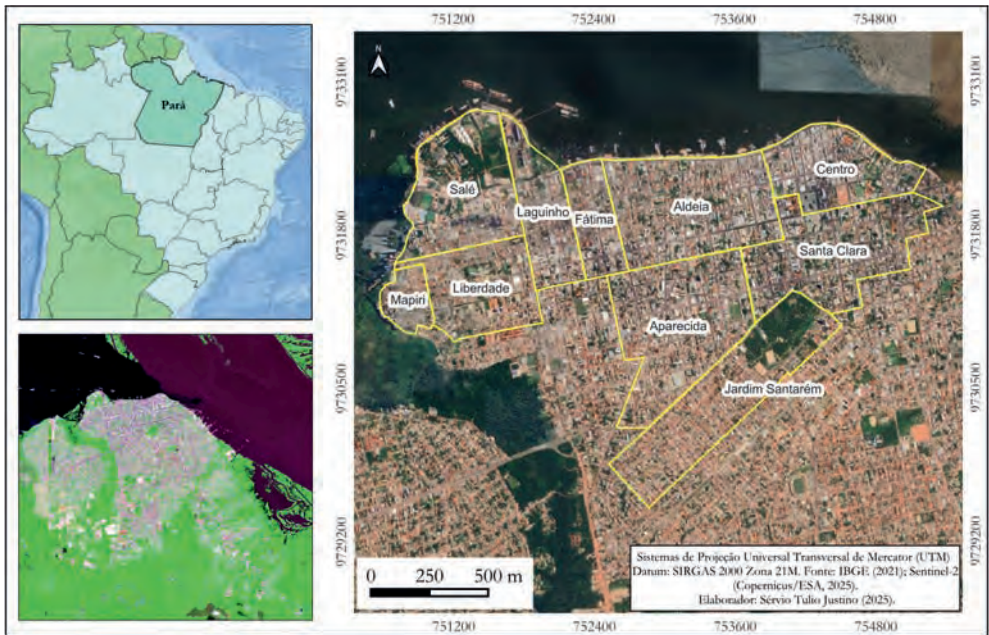
O Projeto Floresta Urbana foi concebido no Laboratório de Sementes Florestais da Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA) a partir de um projeto de extensão universitária, que envolve professores, técnicos de secretarias municipais e estaduais, estudantes de graduação e a sociedade civil que se interessa pela temática arborização urbana. O objetivo do projeto Floresta Urbana é compreender como se dá a relação entre o poder público e a população santarena com a sua arborização e todos os outros elementos que compõem o conceito de Floresta Urbana.

Floresta Urbana é um conceito que pode ser entendido como o conjunto da arborização urbana viária e rodoviária, as áreas verdes, os corredores de biodiversidade, as áreas de preservação permanente, os quintais agroflorestais, os cinturões verdes, as unidades de conservação municipais, estaduais e federais que estejam em conexão com o meio urbano e periurbano, como um mosaico, sendo fundamental para o equilíbrio do ecossistema urbano.

Santarém está localizada no oeste paraense, Amazônia Central, é a terceira cidade mais populosa do Pará, considerada como cidade média [33]. Possui Plano Diretor Participativo, que não cita diretamente o assunto arborização urbana, e as Leis que dispõem sobre a arborização não tiveram o devido efeito e se tornaram desatualizadas.

O projeto inventariou 10 bairros (Mapiri, Liberdade, Salé, Laguinho, Fátima, Aldeia, Centro, Santa Clara, Aparecida e Jardim Santarém), dos 56 existentes atualmente, distribuídos em quatro zonas. Priorizamos ruas e avenidas com infraestrutura urbana consolidada, com esgoto, asfalto, meio-fio e calçada, com o objetivo de coletar informações da arborização urbana já integrada ao mobiliário urbano (Figura 4).

Figura 4.4 – Localização de Santarém e a disposição dos bairros inventariados pelo projeto Floresta Urbana.



Fonte: Sérgio Justino; IBGE; Zabotto Ambiental.

Foi utilizado um formulário para coleta de informações, como as dimensões da árvore, o estado fitossanitário, a necessidade de manejo, sua localização no terreno e o registro fotográfico e uma lista com os códigos das espécies mais comuns na arborização urbana em todo o Brasil, conforme mostra a Figura 5.

Figura 4.5 – Ficha utilizada no levantamento qualitativo da arborização urbana.



Projeto Floresta Urbana – IDEFLOR-bio/SEMMA/SEMAP/UFOPA/EMATER
Projeto Piloto de Arborização Urbana de Santarém
Ficha de Inventário da Arborização Urbana

Pág. Nº _____

Responsável:				Data:		Bairro:				Obs:					LAT (UTM)	LONG (UTM)	Nº Foto
Nº Arv.	Nº Casa	COD. Sp.	DAP (cm)	Alt. Tot. (m)	DC (m)	Pos. Copa	San. Copa	Pos. Fuste	San. Fuste	Pos. Raiz	San. Raiz	Fiação	Manejo	Fenol.			

Pos.Copa = 0-copa normal; 1-Rua; 2-residência >>> **Pos.Raiz** = 0-sem afloramento; 1-afloramento >>> **Fenolog** = 0-ausente; 1-floração; 2-frutificação; 3-queda de folha >>> **San.Copa** = 0-sem problemas; 1-cupim; 2-Parasitas. e 3-Podridão >>> **San.Raiz** = 0-sem problema; 1-raiz cortada; 2-Apodrecimento >>> **Pos.Fuste** = 0-fuste normal; 1-Rua; 2-residência >>> **Fiação** = 0-ausente; 1-potencial; 2-presente >>> **San.Fuste** = 0-sem problemas; 1-cupim; 2-Podridão >>> **Manejo** = 0- ausente; 1-poda; 2-substituição e 3-remoção >>>

Cod. Sp.	Nome Vulgar	30	Entina ou Pau-brasil (falso)	60	Mulungu	90	Tamarindo negro ou Dialium
1	Acácia de sítio	31	Espartilho ou tulipeira	61	Munguba	91	Tanibuca
2	Acácia javanense	32	Espirradeira	62	Muruci	92	Taperetá
3	Açaí-açu	33	Figo italiano	63	Nim	93	Tatá-juba
4	Açaizero	34	Flamboyant	64	Oiti	94	Tento vermelho ou Tento Carolina
5	Acerola	35	Frambozesinho ou Barba-de-barata	65	ocura ou Resedá	95	Urucurana
6	Algaroba	36	Freixo cinza	66	Palheteira	96	Vilqueiro
7	Ameixa-do-pará	37	Ginja ou pitanga	67	Palmeira de salão	97	Alvineira
8	Andirá-asi	38	Colábera	68	Palmeira imperial	98	Matafome espinhenta

Fonte: Autores.

O inventário contou com a forte participação de alunos de graduação do curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA), com técnicos da Secretaria Municipal de Agricultura e Pesca de Santarém (SEMAP), da Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SEMMA), da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER) e do Instituto de Desenvolvimento Florestal e da Biodiversidade do Estado do Pará (Ideflor-bio). As informações alimentaram um banco de dados com as variáveis coletadas das árvores em via pública, com a tomada da localização e do registro fotográfico (Figura 6).

Figura 4.6 – Disposição das árvores enumeradas no inventário realizado pelo projeto Floresta Urbana Santarém, Santarém-PA.



Fonte: Autores.

O inventário coletou informações de 2.681 árvores, com uma média de 31 árvores por quilômetro de calçada e 51% de espécies exóticas. Destaque para o bairro de Santa Clara, o segundo maior em tamanho, com 119 hectares, que abrigou o maior número de árvores e de espécies em via pública, num total de 649 indivíduos e 43 espécies, seguido pelos bairros Aparecida com 581 e Liberdade com 272 indivíduos arbóreos (Figura 7).

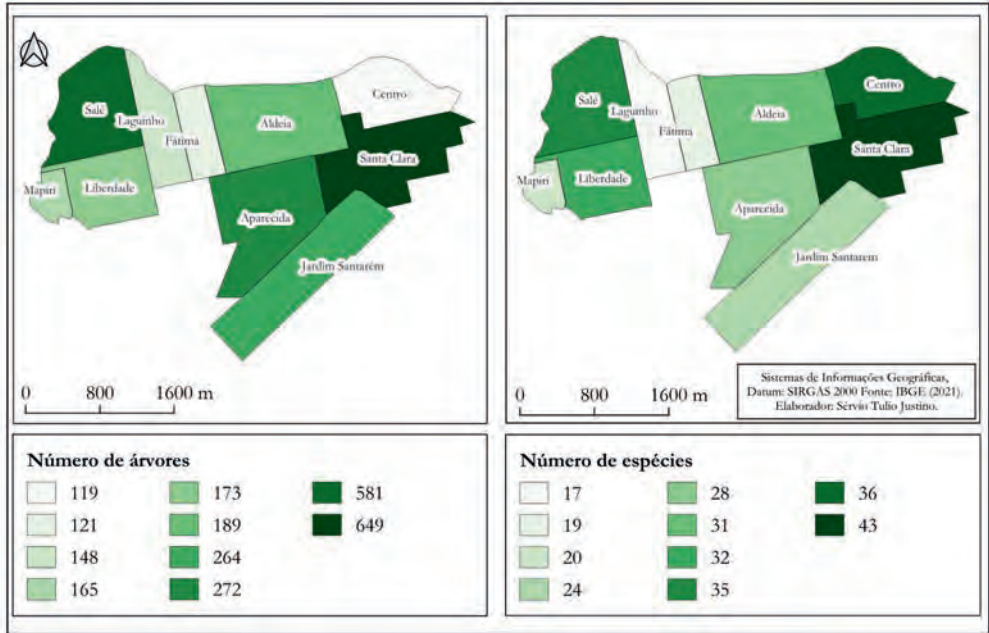
As espécies arbóreas mais frequentes nos 10 bairros inventariados, ou seja, aquelas espécies que mais se repetiram foram a mangueira (*Mangifera indica*) (n=664), o oiti (*Moquilea tomentosa*) (n=406), o nim (*Azadirachta indica*) (n=328) e o ipê-amarelo (*Handroanthus serratifolius*) (n=262), conforme Figura 8.

Dentre os conflitos mais comuns na arborização urbana, a rede de distribuição elétrica é considerada o mais importante, pois pode afetar diretamente a distribuição, bem como expor ao risco iminente de descargas elétricas e até mesmo de destruição do sistema de distribuição, causando os apagões e muito prejuízo. Para os bairros inventariados, houve um percentual de aproximadamente 16% de conflito (n=428), como mostra a Figura 9a.

Foram coletados os principais indicadores de risco para árvores no meio urbano, como a fitossanidade da área de copa, do tronco ou fuste e da seção ou zona de raízes. Na copa, identificamos

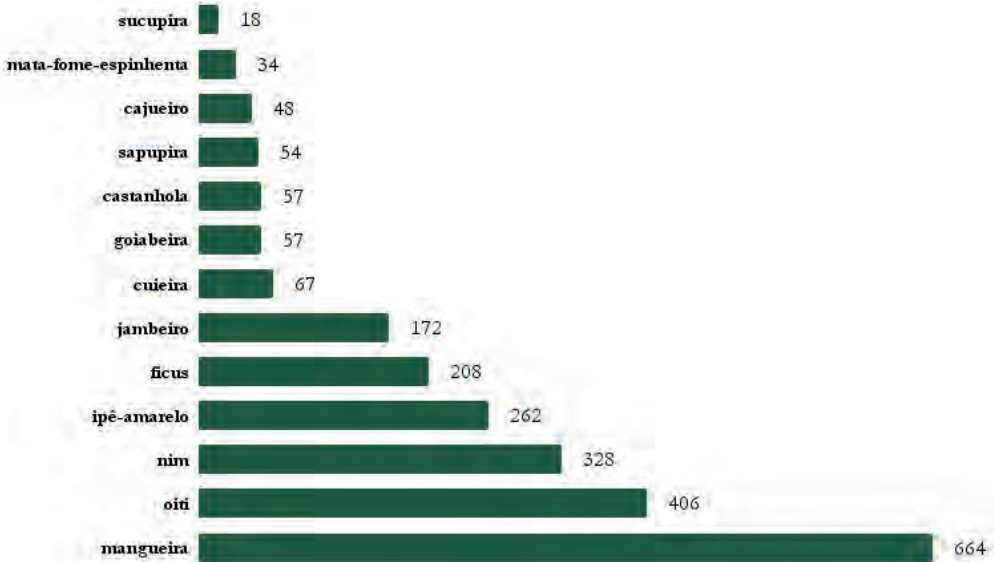
parasitas como erva-de-passarinho (*Passovia* spp.) e o apuí (*Ficus* spp.) em pelo menos 188 ou 7,1% indivíduos nos 10 bairros, conforme Figura 9b.

Figura 4.7 – Características quantitativas da vegetação arbórea em 10 bairros pelo projeto Floresta Urbana Santarém, Santarém-PA.



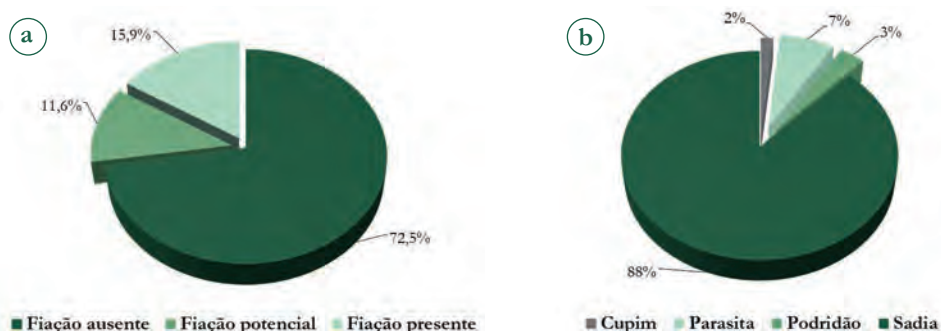
Fonte: Sérgio Justino; Zabotto Ambiental.

Figura 4.8 – As 15 espécies mais frequentes em 10 bairros inventariados no projeto Floresta Urbana Santarém, Santarém-PA.



Fonte: Autores.

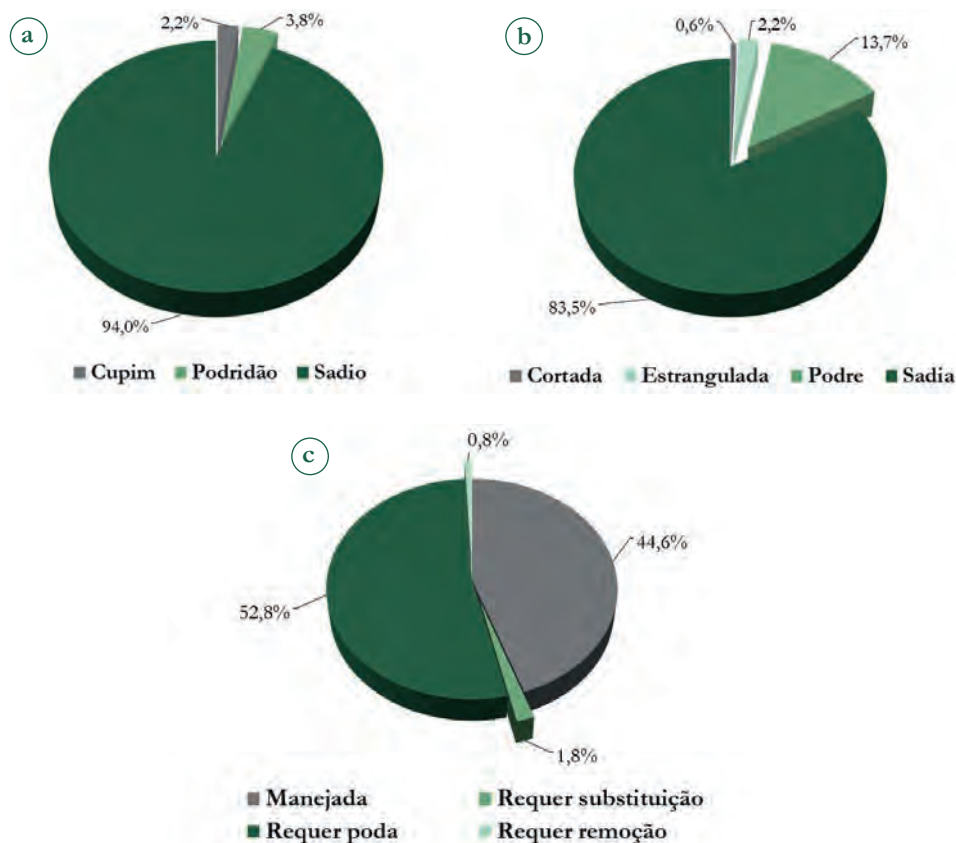
Figura 4.9 – Projeto Floresta Urbana Santarém, Santarém (PA): a) Percentual de árvores em conflito com a rede elétrica em 10 bairros e b) Fitossanidade de copas de árvores em 10 bairros.



Fonte: Autores.

O caule ou o fuste é uma das principais estruturas de sustentação da árvore, o que torna de suma importância identificar o estado em que se encontra, evitando danos. Neste inventário, a podridão do fuste e a presença de cupins foram discretas (Figura 10a), mas servem de alerta para as boas práticas de corte de galhos e o manejo adequado das árvores.

Figura 4.10 – Projeto Floresta Urbana Santarém, Santarém-PA: a) Sanidade do fuste das árvores inventariadas em 10 bairros; b) Sanidade da seção de raízes das árvores para 10 bairros e c) Situação do manejo das árvores para 10 bairros.



Fonte: Autores.

A técnica correta de plantio é de fundamental importância para a boa formação da seção de raízes de uma árvore no meio urbano, e qualquer obstáculo ou maus-tratos na seção das raízes pode acarretar sérias consequências à sustentação da árvore, podendo causar rachaduras na calçada e até mesmo o tombamento. Neste inventário, foram coletadas informações como podridão, corte e estrangulamento de raízes ou colo completamente cimentado, com destaque para a podridão que, se não forem tomadas as devidas providências, pode haver tombamento (Figura 10b).

O manejo da arborização urbana é o gerenciamento das árvores na cidade, é um conjunto de atividades fundamentais para a manutenção e longevidade, com a finalidade de atender à sustentabilidade no meio urbano, resguardando a segurança e o bem-estar dos moradores de uma cidade e contribuindo para o meio ambiente. Em Santarém, mais da metade das árvores precisam de poda e uma pequena parte precisa ser substituída e removida (Figura 10c).

Santarém encontra-se em situação análoga a muitas cidades do interior da região Norte, com seus problemas recorrentes de falta de planejamento urbano e conhecimento técnico dos gestores sobre a arborização. O município ainda preserva os costumes na utilização de suas espécies da flora local e espécies exóticas com forte ligação sociocultural com o povo santareno.

Este inventário diagnóstico já oferece subsídios técnicos para a construção do plano de arborização urbana, uma vez que Santarém necessita criar um planejamento para implantação, manejo e monitoramento da arborização viária, de suas áreas verdes e das unidades de conservação municipais.

4.11. Considerações finais

Grande parte das tecnologias mostradas neste capítulo não está disponível na região Norte, seja por falta de conhecimento sobre o seu uso, seja porque seus planos diretores ainda não conseguem abranger as dimensões e diretrizes que transformam a arborização em fontes de benefícios para as cidades.

Ainda existem muitos casos isolados e com necessidades diversas, que vão desde o planejamento urbano até a criação e melhoria de áreas de convívio social. As cidades da região Norte, em especial as cidades amazônicas, precisam resgatar a sua identidade com a flora, a fauna e sua cultura regional, que emprega um modo de viver e uma arquitetura baseada no natural, com utilização de materiais e infraestrutura mais adaptados ao clima quente e úmido.

Desta forma, esperamos que este capítulo possa incentivar as partes interessadas, como governos locais e a sociedade em geral a cobrar e entender sobre os inúmeros benefícios da arborização urbana bem manejada, os ativos gerados pelas árvores ao longo do tempo e, principalmente, na correta construção de seus Planos de Arborização Urbana.

4.12. Referências

- [1] Trees & Design Action Group. Trees in the townscape: a guide for decision makers [Internet]. 2012 [acesso 20 dez. 2020]. Disponível em: http://www.tdag.org.uk/uploads/4/2/8/0/4280686/tdag_trees-in-the-townscape_november2012.pdf

- [2] Carvalho J, Nucci JC, Valaski S. Inventário das árvores presentes na arborização de calçadas da porção central do bairro Santa Felicidade – Curitiba-PR. *Rev Soc Bras Arbor Urb.* 2010; 3(1):126-43.
- [3] Mazioli BC. Inventário e diagnóstico da arborização urbana de dois bairros da cidade de Cachoeiro do Itapemirim, ES [dissertação]. Vitória (ES): Universidade Federal do Espírito Santo; 2012.
- [4] Melo RR, Lira Filho JA, Rodolfo Júnior F. Diagnóstico qualitativo e quantitativo da arborização urbana no bairro Bivar Olinto, Patos, Paraíba. *Rev Soc Bras Arbor Urb.* 2007;2(1): 64-80.
- [5] Pimentel EMC, Ximenes LC. Levantamento qualiquantitativo da arborização urbana na Avenida Marechal Rondon, Santarém-PA. *Gaia Sci.* 2020;14(2):112-26.
- [6] Paiva AV, et al. Inventário e diagnóstico da arborização urbana viária de Rio Branco, AC. *Rev Soc Bras Arbor Urb.* 2010;5(1):144-59.
- [7] Binotti F, Besen FG. Disclosure das informações sobre custos e investimentos ambientais divulgados pelas empresas que compõem o Índice de Sustentabilidade Empresarial do segmento de Energia Elétrica. *Rev Adm Gest Contemp.* 2019;(28):17-33.
- [8] Leal L, Biondi D, Rochadelli R. Investimentos destinados à arborização de ruas na cidade de Curitiba: uma abordagem a partir da Teoria de Renda da Terra. *Sci For.* 2008;36(78):141-9.
- [9] Libório MP, et al. Imposto Predial e Territorial Urbano: tratando espacialmente desafios econômicos, sociais e políticos. *Urbe.* 2020;12:1-18.
- [10] Periotto F, et al. Arborização urbana: características, funções e manejo. In: Zabotto AR, editor. *Estudos sobre impactos ambientais: uma abordagem contemporânea.* Botucatu: FEPAF; 2019. p. 58-72.
- [11] Santos PLF, et al. Implicações técnicas e ecossistêmicas do manejo inadequado da arborização urbana: o caso das podas drásticas em oitis na cidade de Ilha Solteira-SP. *J Urban Technol Sustain.* 2019;2(1):26-36.
- [12] Pradella DZA, Silva JWF, Nisi TCC, et al. *Cadernos de educação ambiental: arborização urbana.* São Paulo: SMA/CEA; 2015.
- [13] Silva JVM, Botezelli L, Bucci MED. Levantamento florístico e análise dos conflitos da arborização urbana da região central de Cabo Verde, Minas Gerais. *Rev Soc Bras Arbor Urb.* 2022; 17(2):19-36.
- [14] Bacelar WJL, Parry MM, Herrera RC, França IF, Parry SM. Diagnóstico qualiquantitativo da arborização urbana da cidade de Monte Alegre, Pará, Brasil. *Cienc Flor.* 2020;30(4): 1019-31.
- [15] Nobre PS, Bataghin FA. Conflitos da arborização urbana na cidade de Jaboticabal-SP. *Cienc Tecnol Fatec-JB.* 2020;12(1 Supl):110-4.
- [16] Souza RC, Cintra DP. Arborização viária e conflitos com equipamentos urbanos no bairro da Taquara, RJ. *Floresta Ambient.* 2007;14(1):25-33.
- [17] Cunha VLCM, Magalhães LMS, Freitas WK, Mendonça BAF. Conflitos da arborização com elementos urbanos na cidade de Valença, estado do Rio de Janeiro. *Rev Soc Bras Arbor Urb.* 2020;15(2):28-41.
- [18] Souza F. Arborização urbana e cidades saudáveis: índice de supressão arbórea no sistema viário e sua influência na valoração do imóvel comercial [dissertação]. Uberlândia (MG): Universidade Federal de Uberlândia; 2019.

- [19] Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 16246-1. Florestas urbanas – manejo de árvores, arbustos e outras plantas lenhosas. Parte 1: Poda. Rio de Janeiro: ABNT; 2013.
- [20] Barreiros HCC, Silva WC, Valverde KC. Análise das mudanças na cobertura arbórea do Loteamento Terra Nova Amapá, Macapá (Amapá). *Rev Bras Geogr Fís.* 2025;18(1):328-42.
- [21] Araújo EL, Farias Júnior JE, Araújo AC, Silva CR, Silva WJS. Levantamento florístico e análise dos conflitos da arborização urbana em São Luiz, Roraima. *Rev Cient Multidiscip Núcleo Conhec.* 2025;13(1):45-59.
- [22] Thaly LNB, Nunes HCB, Martins MB, Araújo MITS, Serrão MGC, Sodré MJS, et al. Aplicativo multiplataforma para arborização urbana. *Rev Aracê.* 2025;7(2):7297-7342. doi:10.56238/arev7n2-162.
- [23] Oliveira MR, Silva RRS, Costa AC, Costa VAM, Silva TBS. Levantamento qualiquantitativo da diversidade florística da arborização urbana de São Luís, Maranhão. *Rev Soc Bras Arbor Urb.* 2025;17(1):55-68.
- [24] Pinheiro RT, Marcelino DG, Moura DR. Conflitos entre a rede elétrica e a arborização das ruas das quadras residenciais de Palmas, Tocantins. *Rev Bras Meio Amb Sustentab.* 2021;1(7):84-97.
- [25] Souza V, Martins A. Estudo dos conflitos entre a rede elétrica e a arborização urbana em Manaus. *Rev Igapó.* 2014;3:98-102.
- [26] Arruda YMB, Souza APR, Vasconcelos JP, Lopes Neto D. Perception of residents in Manaus on the urban afforestation. *Lifestyle Stud Res* [Internet]. 2022 jun 2 [acesso 28 ago. 2025]; 8(2):21-33. Disponível em: <https://jlsr.emnuvens.com.br/LifestyleJournal/article/view/1492>
- [27] Silva BSS, Massad MD, Dutra TR. Florestas urbanas: uma análise dos desafios e estratégias para a convivência. In: *Gestão ambiental e biodiversidade: tópicos atuais em pesquisa*. Vol. 1. São Paulo: Editora Científica Digital; 2023. p. 51-71.
- [28] Martelli A, Santos Júnior AR. Arborização urbana do município de Itapira-SP: perspectivas para educação ambiental e sua influência no conforto térmico. *Rev Eletrôn Gest Educ Tecnol Ambient.* 2015;19(2):1018-31.
- [29] Albertin RM, et al. Arborização de acompanhamento viário e parâmetros de ocupação do solo: método para levantamento de dados qualiquantitativos. *Urbe.* 2020;12:e20190092.
- [30] Silva WD, et al. Arborização urbana em áreas comerciais. In: *Megaeventos e sustentabilidade: legados tecnológicos em arquitetura, urbanismo e design*. Anais... Bauru, SP: NUTAU; 2014.
- [31] Ferreira JJ. Métodos de valoração de árvores urbanas aplicados ao município de Dois Vizinhos-PR [dissertação]. Dois Vizinhos (PR): Universidade Tecnológica Federal do Paraná; 2019.
- [32] Del Fiori D, et al. Valoração econômica dos ativos ambientais provenientes da arborização da cidade de Manaus-AM. *Sinergia.* 2018;22(2):23-33.
- [33] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Censo demográfico 2010: características da população e dos domicílios: resultados do universo [Internet]. Rio de Janeiro: IBGE; 2011 [acesso 25 jan. 2021]. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/93/cd_2010_caracteristicas_populacao_domicilios.pdf
- [34] Ferreira ML. Ferramentas ambientais aplicadas ao planejamento de cidades sustentáveis: da geoconservação às adaptações às mudanças climáticas. Tupã, SP: ANAP; 2020.
- [35] Schiavo BNV, et al. Uso de imagens orbitais de alta resolução espacial para amostragem da arborização urbana no município de Santa Maria-RS. *Enciclopédia Biosfera.* 2016;13(23):1336.

- [36] Tigges J, Lakes T, Hostert P. Urban vegetation classification: benefits of multitemporal RapidEye satellite data. *Remote Sens Environ.* 2013;136:66-75.
- [37] Zhang Y, et al. Multiple afforestation programs accelerate the greenness in the “Three North” region of China from 1982 to 2013. *Ecol Indic.* 2015;61:404-12.
- [38] Prates I. Geotecnologias e as novas perspectivas para a silvicultura urbana [Internet]. 2014 [acesso 18 jan. 2021]. Disponível em: <https://mundogeo.com/2014/12/16/geotecnologias-e-as-novas-perspectivas-para-a-silvicultura-urbana/>
- [39] i-Tree. i-Tree streets user’s manual [Internet]. New York: USDA Forest Service; 2020 [acesso 19 jan. 2021]. Disponível em: <https://www.itreetools.org/>

Capítulo 5

ASPECTOS TÉCNICOS DE PLANTIO E ADUBAÇÃO DE ÁRVORES URBANAS

Por Francisco Pinheiro da Silva e Daniel do Amaral Gomes

5.1. Destaques deste capítulo

1. No ambiente urbano, o plantio das árvores precisa ser planejado, especialmente com relação aos itens do local, como sistemas de água, esgoto, rede elétrica e passagem de pedestres;
2. A época de plantio é fundamental no planejamento, pois determinará ações necessárias para o crescimento adequado das mudas, como a intensidade de irrigação e tratamentos culturais;
3. O local de plantio deve ser preparado de forma adequada, com tamanho suficiente da cova, seu correto preenchimento e integridade do torrão;
4. A adubação é de grande importância para o crescimento inicial da muda, e para isso deve ser planejado de acordo com as particularidades de cada plantio;
5. A comunidade deve ter atuação constante na arborização. Dessa forma, as árvores sofrem menos com vandalismo e têm maior chance de atingir a fase adulta.

5.2. Introdução

Nas cidades amazônicas localizadas em regiões tropicais, onde ocorre intensa insolação durante todo o ano, trazendo como consequência dias muito quentes com temperaturas elevadas, a arborização urbana deveria estar consolidada, uma vez que é capaz de propiciar conforto térmico para a população, através da redução das temperaturas [1].

No entanto, três das principais capitais da região norte aparecem, em ranking que avaliou os aspectos da arborização nas cidades brasileiras, como as menos arborizadas do país [2]. São elas: Manaus, com 25,1% de espaços públicos arborizados, seguida por Belém (22,4%) e Rio Branco (13,9%). Esta preocupante realidade coloca em alerta a situação das demais cidades da região que, ao que tudo indica, apresentam a mesma tendência.

Além da deficiência de arborização nas cidades, são comuns os conflitos de árvores inadequadas com a infraestrutura urbana, como rede elétrica, calçamentos, encanamentos, calhas, muros, postes de iluminação e sinalização viária. Soma-se a isso a baixa diversidade de espécies e o predomínio de espécies de origem exótica em detrimento das espécies nativas [3].

Esses problemas ocorrem porque, na maioria das cidades, as prefeituras mostram pouco interesse pela arborização, e, na maioria das vezes, são os próprios moradores que realizam o plantio [4]. Dessa forma, os critérios adotados para arborizar acabam sendo baseados em preferências e interesses, muitas vezes diferentes da função e objetivos da arborização urbana [5].

A alternativa para evitar os problemas envolvendo a arborização urbana e maximizar seus benefícios está no planejamento [6]. Planejar a arborização urbana inclui escolher a espécie adequada para um determinado local, levando em consideração critérios técnico-científicos para seu estabelecimento [7].

O planejamento deve ser feito preferencialmente por meio de um plano de arborização urbana, que compreende um instrumento de caráter técnico, norteador das decisões sobre todos os aspectos relacionados à arborização como gestão, implantação, plantio, manutenção e monitoramento das árvores, sendo aplicado às condições e características de cada município [8]. O bom planejamento evitará custos e problemas futuros. A exemplo, a escolha de espécies adequadas para determinado local a ser arborizado é crucial no planejamento da arborização urbana. A escolha correta determinará o sucesso do projeto e a diminuição de gastos com tratamentos culturais, manutenção de árvores implantadas em locais inadequados, bem como ocorrência de acidentes e danos.

Outro aspecto importante a ser considerado no planejamento do plantio de árvores nas áreas urbanas é o local escolhido. O plantio deve ser realizado com o distanciamento mínimo necessário entre a árvore e os equipamentos urbanos (placas de sinalização, postes, sistema de abastecimento de água, rede de esgoto, esquinas, imóveis, etc.) [9]. A definição das distâncias deverá ser estabelecida com a participação dos órgãos responsáveis e com base em leis, como o código de postura do município e normas técnicas como a NBR 9050/2004.

Após o planejamento da arborização e a definição do local e a espécie, baseado em diversos critérios, será necessário utilizar técnicas adequadas de plantio e adubação para potencializar o desenvolvimento da árvore de forma sadia e exuberante [10]. Essas técnicas compreendem a escolha da época certa de plantio, como atuar durante o coveamento, a adubação, o padrão de muda, a irrigação, etc. Cabe ressaltar que mudas de porte adequado, quando bem plantadas, são mais respeitadas pela comunidade e, conseqüentemente, maiores serão as chances de se desenvolverem e se tornarem adultas.

Diante disso, neste capítulo, reunimos informações que poderão subsidiar os gestores e profissionais da arborização urbana sobre seu plantio e adubação, com base na literatura existente a respeito do tema, principalmente na região Norte e da experiência de profissionais que atuam na área.

5.3. O envolvimento da comunidade como elemento fundamental para o êxito de um projeto de arborização urbana

O planejamento da arborização urbana de uma cidade, tanto na sua implantação como na manutenção, requer o cuidado e o envolvimento do poder público e das pessoas que convivem com essa vegetação [5]. A aceitação e participação da comunidade local é imprescindível para o sucesso do projeto de arborização [8], pois a falta de envolvimento da comunidade pode gerar sérios problemas, como o vandalismo [11]. Desta forma, antes da implantação desse projeto, ações como a educação ambiental da comunidade relativo à sua importância e benefícios são imprescindíveis para o sucesso [8,12]. Esta etapa deve ser priorizada pelos órgãos públicos, por meio da

educação formal e informal, como oportunidade para orientar e sensibilizar a população a cuidar e conservar a paisagem urbana, gerando a conscientização de sua manutenção [13].

Com o acompanhamento contínuo por parte da população, atividades como a irrigação das mudas recém-plantadas tornam-se práticas fáceis e econômicas, evitando-se, com isso, o alto custo de aquisição e manutenção dos equipamentos de irrigação, possibilitando o plantio durante o ano todo. Mesmo sendo plantadas durante o período chuvoso, as mudas ficam expostas a possíveis veranicos (estiagem por alguns dias durante o inverno amazônico). No entanto, com a participação da comunidade, este problema pode ser facilmente solucionado.

Um exemplo bem-sucedido de participação comunitária no processo de arborização urbana é o “Projeto adote um Ipê”, na cidade de Alenquer, no estado do Pará, onde, após a adesão dos participantes, contando inclusive com a assinatura de “Termo de aceite”, os participantes ajudaram no plantio de 44 mudas e ficaram responsáveis pelo cuidado com a planta adotada. Esses cuidados compreendem a irrigação e demais tratamentos culturais necessários. Os integrantes do projeto são coordenados pela Secretaria de Meio Ambiente de Alenquer, através da Coordenação de Educação Ambiental e Projetos que, inclusive, criou um canal de comunicação na rede social, onde há interação entre os participantes a respeito do desenvolvimento do projeto, que tem apresentado, como resultado positivo, ausência de ocorrências de mortalidade dos indivíduos plantados e percentual baixíssimo de ações de vandalismo.

5.4. Aspectos técnicos de plantio e adubação de árvores urbanas

Além do plantio para arborização de novas áreas, ele também pode ser feito em substituição de árvores mortas ou que precisarão ser removidas.

5.5. Época de plantio

A época de plantio pode ser considerada um dos itens mais importantes para o planejamento adequado da arborização urbana. A melhor época para o plantio e replantio de mudas, em vias e espaços públicos, deve ser no início do período chuvoso, que compreende os meses de dezembro a maio [9,14]. O plantio no período com maiores índices de precipitação pluviométrica tem como vantagem o pegamento mais rápido e o melhor estabelecimento das mudas. No entanto, quando se dispõe de recursos para irrigação, o plantio pode ser realizado em qualquer período do ano [15].

5.6. Abertura da cova

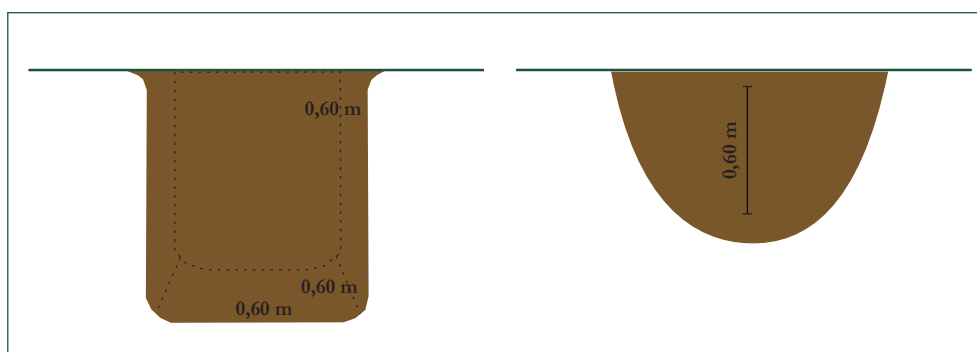
Mudas adequadas a serem utilizadas na arborização urbana possuem alturas maiores do que as utilizadas para outros fins. Desse modo, é previsível que o recipiente/embalagem, no qual a muda está contida, deva ter tamanho maior. A cova deverá ser maior que o recipiente da muda, ou maior que o torrão em volta de suas raízes, no caso de transplantio de mudas de regeneração natural ou de viveiro de espera. A cova deve ter de preferência formato de bacia e ter largura e

comprimento 2 a 3 vezes maior que o diâmetro do torrão e a profundidade não deve exceder sua altura [16] (Figura 1b). Dessa forma, a cova de plantio deve ter dimensões mínimas de 60 cm de largura, altura e profundidade [17]. No entanto, quanto mais desfavoráveis forem as condições físicas e químicas do solo, assim também como maior o tamanho da muda, maior deverá ser a dimensão da cova (Figura 1a).

Solos com baixa fertilidade e compactados, em locais como aterros, ou com presença de entulhos, são comuns nas cidades. Essas condições dificultam o desenvolvimento da árvore, principalmente do sistema radicular, sendo comum a mortalidade de mudas em virtude da compactação do solo e da pouca oxigenação [18]. Nessas condições, a área da cova deverá ter dimensão maior e receber nova composição do solo, visando a criar condições favoráveis à captação de água e facilitar o desenvolvimento adequado da muda [19].

O plantio dentro de obstáculos que restringem o espaço de crescimento das raízes, como as manilhas (tubo de concreto), não é recomendado, já que a restrição do sistema radicular pode impedir a sustentação adequada da árvore, ocasionando a queda quando adulta [20].

Figura 5.1 – Dimensões e padrão de covas recomendadas a) formato retangular; b) formato em bacia.



Fonte: Autores; Zabotto Ambiental.

5.7. Adubação

Encontrar a recomendação de adubação ideal para a arborização urbana não é tarefa fácil, uma vez que as adubações devem ser recomendadas após o conhecimento das exigências nutricionais das espécies e da fertilidade do local onde se realizará o plantio. O fato de a arborização ser um plantio linear faz com que ela seja estabelecida em solo muito variado em termos de fertilidade. Além do mais, o espaçamento utilizado entre as árvores na arborização urbana torna, muitas vezes, inviável proceder-se à coleta e à análise do solo e, neste sentido, a recomendação de adubação é mais uma questão de bom-senso do que conhecimento das necessidades reais. Apesar disso, o bom-senso deve ser fundamentado na experiência e no conhecimento técnico que o arborista deve possuir.

Havendo recursos disponíveis, o ideal é fazer a análise do solo para dispor da quantidade necessária de adubo a cada solo/planta.

Os solos da região amazônica, por natureza, são ácidos, apresentando teores de alumínio trocável a partir de $0,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ juntamente com baixos teores de cálcio e magnésio ($\leq 2,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$); portanto, é indicado proceder à correção da acidez do solo [21]. Em termos de recomendação, sem os dados da análise de solo, aplica-se calcário dolomítico na proporção de aproximadamente 200 g por cova. Além disso, deverá proceder-se à adubação mineral com a utilização de 100 g por cova de MAP (Fosfato monoamônico) e posteriores aplicações de cobertura, onde a quantidade irá depender da idade da planta.

Para o preenchimento da cova, deverá ser aproveitada a parte superior da terra retirada na abertura da mesma cova (Figura 4), e, se de boa qualidade, acrescentando a ela a proporção de 1:1 de material orgânico, podendo ser esterco curtido, composto orgânico, húmus de minhoca, etc. [9].

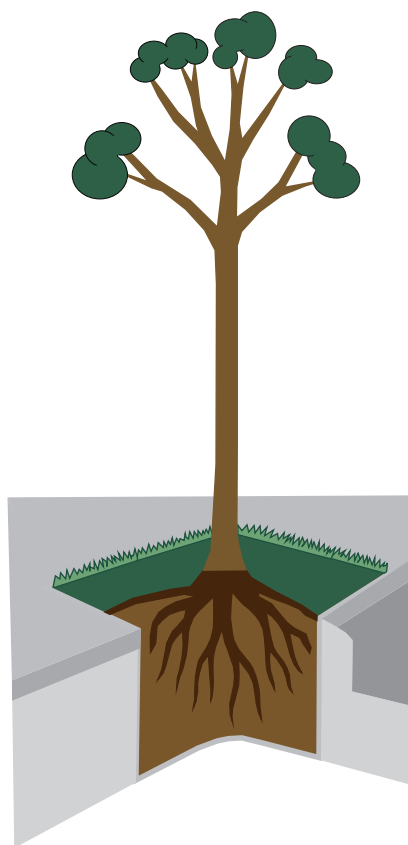
5.8. Área de crescimento ou área livre não pavimentada

As árvores plantadas em vias públicas, geralmente, são circundadas por calçadas e ruas pavimentadas, que impedem a infiltração de água no solo. Dessa forma, se faz necessário que, ao planejar e executar o plantio de árvores em áreas urbanas, esse aspecto seja levado em consideração, deixando um espaço sem pavimentação, o qual é denominado área de crescimento ou área livre não pavimentada, para que nele ocorra a drenagem de águas pluviais e seja possível fazer a irrigação e adubações complementares, em caso de necessidade (Figura 2).

É comum, nas cidades, ser reservada uma pequena área de crescimento ao redor das plantas, muitas vezes por conta do tamanho pequeno da muda. Porém, com o crescimento da árvore, o tronco cresce em diâmetro e quebra a calçada em virtude da falta de espaço necessário para o seu desenvolvimento e não porque a espécie tem a característica de raízes superficiais [22].

Evidentemente que, quanto maior for a área de crescimento deixada, melhor será para o desenvolvimento das mudas e, posteriormente, das árvores e arvoretas. No entanto, em termos práticos, é inviável deixar um espaço muito grande sem pavimentação. Dessa forma, a área de $1,00 \text{ m}^2$ é considerada como ideal. Este deve ser o espaço mínimo deixado como área de crescimento. No entanto, quando as árvores apresentarem afloramento das raízes além do limite de $1,00 \text{ m}^2$, recomenda-se que sejam executadas obras para adequação ou ampliação da área livre não pavimentada e não o corte das raízes [9].

Figura 5.2 – Área livre não pavimentada.



Fonte: Autores; Zabotto Ambiental.

A área livre não pavimentada é um local onde é comum o crescimento de espécies rasteiras indesejáveis ou de colocação de lixo. Por isso, recomenda-se que ela seja revestida de grama ou de vegetação rasteira ornamental não compactante [9]. O espaço também pode ser coberto por grelha pois, além de ampliar o espaço da calçada, propicia acessibilidade e valoriza esteticamente o plantio [23].

Cabe ressaltar que a área de crescimento, ou área livre não pavimentada, deverá ter o mesmo nível do passeio público e será limitada somente pela sinalização tátil de alerta no piso, de acordo com a NBR 9050/2004.

5.9. Características das mudas

É desejável que as mudas a serem empregadas na arborização urbana apresentem as seguintes características:

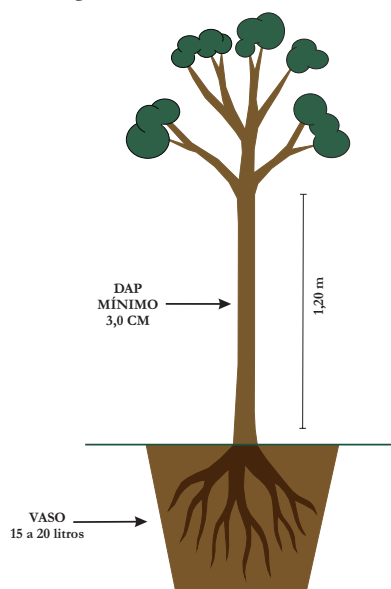
- A) Sejam adaptadas às condições edafoclimáticas locais;
- B) Apresentem bom desenvolvimento vegetativo e bom estado fitossanitário;
- C) Possuam sistema radicular bem formado e consolidado em embalagens ou recipientes compatíveis com seu desenvolvimento (volume de 15 a 20 litros), de modo a minimizar ou eliminar a possibilidade de enovelamento das raízes;
- D) Disponha de um único caule, retilíneo e com altura mínima de inserção do primeiro galho de 1,20 m a 1,60 m;
- E) Apresente copa bem definida formada por 3 (três) a 4 (quatro) ramos, distribuídos, preferencialmente, de forma equilibrada no caule;
- F) Possua diâmetro à altura do peito (DAP) de no mínimo 2 a 3 cm;
- G) Ter passado por um período de rustificação a pleno sol.

5.10. Plantio das mudas

O plantio pode ser realizado em qualquer dia. No entanto, devem ser preferidos os dias nublados e com temperatura amena. É preferível realizar o plantio nas primeiras horas da manhã ou no final do dia [19]. A muda deverá ser retirada do recipiente apenas na hora do plantio e com cuidado para que o torrão não se desintegre durante a operação.

Durante a abertura da cova para o plantio da muda, a terra retirada da parte superior deve ser separada da inferior. Se a terra retirada da parte superior for de boa qualidade, ela deverá ser misturada com composto ou esterco na proporção de 1:1 para o enchimento do fundo da cova e completar o preenchimento após a colocação da muda [17]. Sendo de má qualidade,

Figura 5.3 – Padrão recomendado das mudas para arborização urbana.



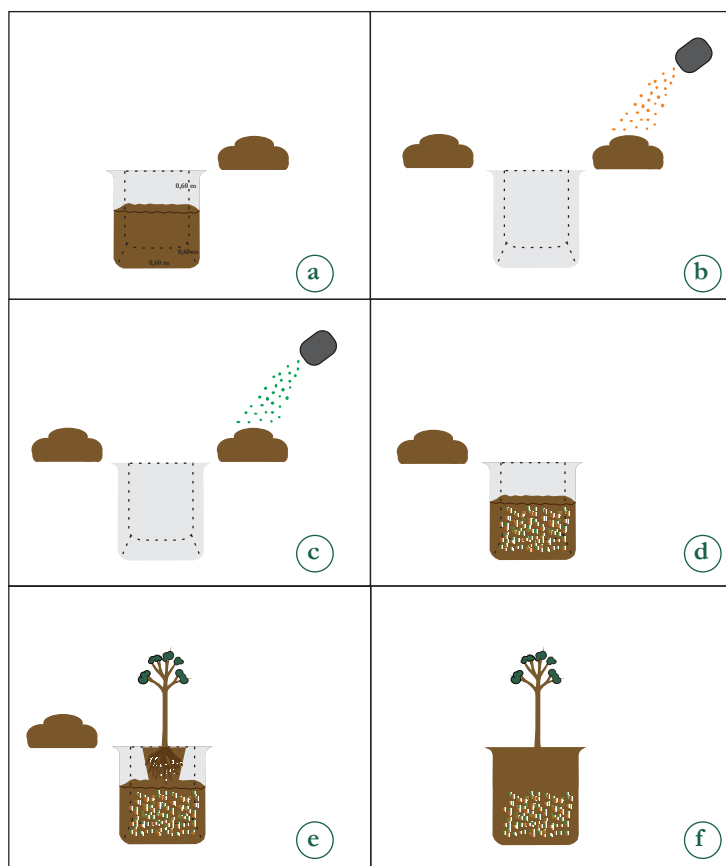
Fonte: Autores; Zabotto Ambiental.

deverá ser integralmente substituída por terra orgânica [9]. A terra da parte inferior da cova poderá ser usada para completar o enchimento e espalhada ao redor, formando uma bacia para acúmulo de água [15].

Durante o plantio, ao posicionar a muda na cova, deve-se atentar para que o coleto da muda (região entre a parte aérea e a raiz) esteja no mesmo nível do terreno, evitando que as raízes fiquem expostas com o tempo ou que as mudas fiquem suscetíveis ao “afogamento de coleto” [17]. Após o preenchimento completo da cova com o substrato, ele deverá ser irrigado e comprimido por ação mecânica, sugerindo-se pisotear suavemente para não danificar a muda ou compactar a superfície. Se ocorrer o rebaixamento do substrato, ele deverá ser completado até que seja atingido o nível anterior [9,17].

Uma vez terminado o plantio, além realizar farta irrigação, se possível, coloca-se cobertura morta (*mulch*) que pode ser capim seco em volta da muda, para que o local permaneça úmido por mais tempo e impeça o crescimento de ervas daninhas que possam concorrer com a muda por água e nutrientes.

Figura 5.4 – Etapas do preparo da cova: (a) Retirada da primeira camada para o lado; (b) Retirada da segunda camada para outro lado e aplicação de adubo mineral na primeira camada; (c) Aplicação de esterco curtido na primeira camada; (d) Mistura dos materiais com o solo e colocado na cova; (e) Devolução de parte do solo da segunda camada e posicionamento da muda na cova; e (f) Preenchimento da cova com a segunda camada de solo.



Fonte: Autores; Zabotto Ambiental.

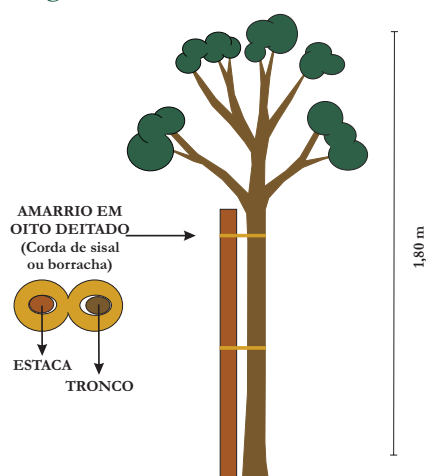
5.11. Tutoramento das mudas

O tutoramento é a operação que consiste na colocação de uma haste reta de madeira ou de bambu (preferencialmente madeira), fixada no solo, na qual prende-se a muda para que ela tenha crescimento retilíneo, sem inclinação. Isso é necessário porque muitas vezes uma muda não consegue se sustentar sozinha e pode, assim, se quebrar com a ação dos ventos ou ter crescimento irregular [15].

O tutor deve ter espessura e largura de 4 cm x 4 cm e altura maior que 2,30 m, com a extremidade inferior apontada, devendo ser fixado ao solo a uma profundidade mínima de 50 cm com o uso de marreta e à distância de cerca de 15 cm do caule da muda. Ele deverá ser disposto na mesma direção que predomina o vento, e a muda deverá ser presa por meio de material que se degrade com o tempo, como o barbante ou sisal. O amarrio deve ser em forma de “x” ou “8” deitado, em diferentes locais da altura da planta conforme a necessidade [9,22].

O tempo de permanência do tutor junto à planta dependerá do estabelecimento do indivíduo plantado, podendo levar de meses até anos [24]. Quando necessário, deverá ser executada a substituição periódica dos tutores e/ou amarrio, pelo menos durante o primeiro ano de plantio.

Figura 5.5 – Tutoramento de mudas.



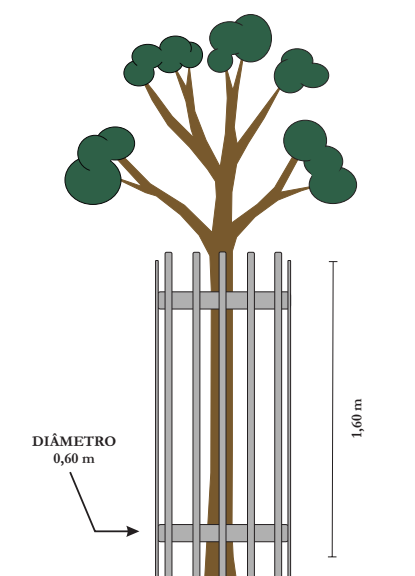
Fonte: Autores; Zabotto Ambiental.

5.12. Grades de proteção

Depois de realizado o plantio e o amarrio das mudas ao tutor, pode ser necessária a instalação de grades de proteção para reduzir e evitar o vandalismo ou o ataque de animais. Mudanças que são bem plantadas e possuem proteções laterais são mais respeitadas pela população e, conseqüentemente, têm melhores chances de sobrevivência e bom desenvolvimento [25]. As grades são estruturas construídas de madeira, ferragem, bambu ou outro material resistente [15]. No caso do uso de madeira ou ferragens, geralmente, esses materiais se constituem os pilares da estrutura, a qual é revestida por ripas, arame, chapas metálicas, etc.

A grade deverá ter altura mínima de 1,60 m acima do nível do solo [26] e dimensões de pelo menos 40 cm de largura por 40 cm de

Figura 5.6 – Grades de proteção.



Fonte: Autores; Zabotto Ambiental.

comprimento se retangular, ou 60 cm de diâmetro quando circular [9]. A área do gradil deve ser aberta, de modo a não abafar as mudas, possibilitando a livre penetração dos raios solares e suficiente arejamento, garantindo seu desenvolvimento [27].

Quando são utilizados ripas ou arame para o fechamento do gradil, é recomendado que eles sejam dispostos em posição vertical, para impedir que pessoas fiquem subindo e danificando a estrutura. A proteção deverá permanecer, por no mínimo, dois anos ou até que a copa esteja alta, e livre de agressores e animais [9,26]. A maior desvantagem da grade de proteção é a dificuldade enfrentada para realizar a desbrota, corrigir falhas no tutoramento e até mesmo a reposição de mudas, pois os gradis devem ter as estruturas firmes e bem fincadas no terreno.

5.13. Irrigação

A irrigação também é importante na hora do plantio, sendo necessário molhar o substrato abundantemente, haja visto que a disponibilidade de água nas fases iniciais de desenvolvimento da muda no pós-plantio é crucial para sua sobrevivência [15]. Esse procedimento, que deve se repetir pelo menos três vezes por semana, nos meses com baixa precipitação, e nos demais meses (com maior ocorrência de precipitação), a frequência pode ser reduzida para duas vezes por semana, pelo período de no mínimo 1 ano [17]. Após esse período inicial, de acordo com a exigência de cada espécie, a irrigação pode ocorrer com menor frequência ou ser encerrada. Mas, para isso, deverá ser observado quando a planta atinge o ponto de murcha e, caso isso ocorra, proceder novamente a irrigação [20].

Uma tecnologia que vem sendo utilizada para auxiliar na irrigação é o uso de gel hidratado (hidrogel), um condicionador do solo com capacidade de absorver e armazenar água, promovendo lenta liberação para as raízes. O gel hidratado deve ser utilizado antes do plantio, colocando-o no fundo da cova em quantidades recomendadas pelo fabricante [19].

5.14. Adubação de manutenção

As árvores urbanas necessitam de nutrientes para completar seu ciclo de vida. Principalmente quando localizadas nas calçadas, as árvores não se beneficiam da reciclagem de nutrientes resultante da decomposição das folhas e restos vegetais que caem ao solo [28]. É recomendável que as árvores urbanas recebam adubação uma vez ao ano, preferencialmente no início do período chuvoso, para que os nutrientes possam ser melhor absorvidos [19].

O fertilizante completo deve conter Nitrogênio, Fósforo e Potássio. Os fertilizantes estão disponíveis na forma inorgânica, onde seus elementos são liberados de forma mais rápida, e na forma orgânica, em que liberam seus elementos de forma mais lenta [28]. No entanto, os fertilizantes orgânicos atuam melhor na agregação, formação da estrutura, aeração e capacidade de armazenamento de água e nutrientes do solo [19].

Existem formulações de adubação N-P-K indicadas tanto para o desenvolvimento vegetativo quanto para a produção de frutos, como 18-18-18, 20-10-20 e 10-28-20. A aplicação deve respeitar uma distância mínima de 0,50 m do colo da planta quando ela ainda é jovem; em plantas adultas, o adubo deve ser distribuído na projeção da copa. A adubação deve ser feita em uma valeta rasa, aberta previamente com enxada, em formato de meia-lua ou semicírculo, e o fertilizante deve ser incorporado ao solo.

5.15. Considerações finais

Plantar árvores nas vias públicas de uma cidade é uma atividade que vem se tornando cada vez mais frequente, tanto pelo poder público como pela população. Apesar dessa boa ação, são frequentes as observações de plantios inadequados de árvores, desprovidos de planejamento e com a execução do plantio sem uso de técnicas adequadas.

Plantadas de forma inadequada, as mudas apresentam dificuldades em se estabelecer e muitas acabam morrendo. Outras sobrevivem em péssimo estado, apresentam crescimento lento e são vítimas de vandalismo. Quando adultas, muitas vezes causam problemas aos aparelhos públicos por conta das raízes, da copa, dos frutos e até risco à vida humana em virtude de quedas.

Para o sucesso no plantio de uma árvore, de modo que ela cumpra o seu papel de forma adequada, é necessária uma série de cuidados que se iniciam antes do plantio, e que vão até o final de seu ciclo de vida. O plantio correto deve iniciar pela escolha da muda com padrões recomendados, plantada em cova preparada com adubação e correção do solo, o que garantirá maiores chances de estabelecimento e sobrevivência.

Após o plantio da muda, ela jamais deverá ser abandonada. Muitos cuidados ainda serão necessários até que ela se torne uma árvore. Além da irrigação por determinado período, serão necessárias podas, adubação, controle de pragas, etc. Essas atividades garantirão o bom desenvolvimento do indivíduo, assim como o seu bom estado de sanidade.

A mudança de postura na forma de implantação da arborização nas cidades se faz necessária. É fundamental que haja planejamento, conhecimento por partes dos profissionais que atuam na área e participação dos munícipes. Por fim, é indispensável que exista a visão do indivíduo plantado não apenas como uma muda, mas como um ser que vai crescer, tornando-se árvore, ocupando maior espaço no ambiente e existindo por diversos anos.

5.16. Referências

- [1] Loureiro VR, Barbosa EJ. Cidade de Belém e natureza: uma relação problemática? Novos Cadernos NAEA. 2010;13(1):105-34.
- [2] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Características urbanísticas do entorno dos municípios. In: Censo demográfico. Rio de Janeiro: IBGE; 2010. p. 1-175.
- [3] Santos BV, Martins CM, Santos MA, Rebello FK, Monteiro CW, Mesquita IS. Avaliação da organização arbórea e a percepção dos usuários das praças do município de Mocajuba, estado do Pará, Brasil. Rev Soc Bras Arbor Urb. 2019;13(3):1-12.
- [4] Silva MDM, Silveira RR, Teixeira MIJG. Avaliação da arborização de vias públicas de uma área da região oeste da cidade de Franca/SP. Rev Soc Bras Arbor Urb. 2008;3(1):19-35.
- [5] Dray WT. Arborização condominial em Manaus: um estudo sobre as percepções dos moradores [dissertação]. Manaus: Universidade Federal do Amazonas; 2014.
- [6] Lins Neto NFA. Avaliação da arborização urbana da cidade de Manaus por seus residentes. Rev Eletrôn Gest Educ Tecnol Ambient. 2016;20(1):162-73.
- [7] Biondi D, Althaus M. Árvores de rua de Curitiba: cultivo e manejo. Curitiba: FUPEF; 2005.
- [8] Barcelos A, Wojcikiewicz CR, Batista DB, Brun FG, Mazuchowski JZ, Leal L, et al. Manual para elaboração do plano municipal de arborização urbana. 2. ed. Curitiba: Ministério Público do Paraná; 2018.

- [9] Porto LPM, Brasil HMS. Manual de orientação técnica da arborização urbana de Belém: guia para planejamento, implantação e manutenção da arborização em logradouros públicos. Belém: Universidade Federal Rural da Amazônia; 2013 [acesso 10 mar. 2021]. Disponível em: <http://ww3.belem.pa.gov.br/www/wp-content/uploads/Manual-de-Arborizacao-de-Belem.pdf>
- [10] Salvador. Prefeitura Municipal. Manual técnico de arborização urbana de Salvador com espécies nativas da Mata Atlântica. Salvador; 2018 [acesso 20 mar. 2021]. Disponível em: www.registro.sp.gov.br/arquivos/transparencia/2018%20Meio%20Ambiente%20Guia%20de%20Arborizacao%20Urbana%20do%20Municipio%20de%20Registro.pdf
- [11] Milano MS. Avaliação e análise da arborização de ruas de Curitiba-PR [dissertação]. Curitiba: Universidade Federal do Paraná; 1984.
- [12] Santarém. Prefeitura Municipal. Manual de orientação técnica da arborização urbana de Santarém. Santarém; 2022 [acesso 15 jan. 2025]. Disponível em: <https://santarem.pa.gov.br/storage/documents/January2023/SGvL383iP8zoDZjw0DG3MIyWvYodLBEM6NvIMZOM.pdf>
- [13] Sousa ERM, Pontes JRV. Inventário da arborização em uma via pública, em Conceição do Araguaia, PA, empregando a educação ambiental. In: Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 2, 2011, Londrina. Anais... Londrina: IBEAS; 2011 [acesso 15 set. 2020]. Disponível em: <http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2011/I-046.pdf>
- [14] Moraes BC, Costa JMN, Costa ACL, Costa MH. Variação espacial e temporal da precipitação no estado do Pará. Acta Amaz. 2005;35(2):207-14.
- [15] Paragominas. Prefeitura Municipal. Manual prático para arborização urbana no município de Paragominas. Paragominas; 2020 [acesso 2 mar. 2021]. Disponível em: <https://paragominas.pa.gov.br/wp-content/uploads/2020/07/Manual-Pratico-de-Arborizacao-Paragominas.pdf>
- [16] International Society of Arboriculture (ISA). New tree planting. Champaign: ISA; 2004.
- [17] Manaus. Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Sustentabilidade. Plano diretor de arborização urbana de Manaus-AM. Manaus; 2016 [acesso 31 mar. 2018]. Disponível em: <http://semmas.manaus.am.gov.br/wp-content/uploads/2011/08/Cartilha-Plano-Diretor-de-Arborizacao-Urbana.pdf>
- [18] Volpi-Filik A. Trincas nas calçadas e espécies muito utilizadas na arborização: comparação entre *Sibipiruna* (*Caesalpinia pluviosa* DC.) e falsa-murta (*Muraya paniculata* (L.) Jacq.) no município de Piracicaba/SP [dissertação]. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz; 2009.
- [19] Muniz MAPC, Silva RRT, Oliveira MES, Diógenes RFN. Manual de arborização urbana de Fortaleza. Fortaleza; 2020.
- [20] Palmas. Prefeitura Municipal. Plano de arborização urbana de Palmas. Palmas; 2016 [acesso 20 mar. 2021]. Disponível em: https://www.palmas.to.gov.br/media/doc/27_3_2019_14_24_32.pdf
- [21] Brasil EC, Cravo MS, Viegas IJM. Recomendações de calagem e adubação para o estado do Pará. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa; 2020.
- [22] Pivetta KFL, Silva Filho DF. Arborização urbana. Jaboticabal: [local desconhecido]; [ano desconhecido].
- [23] São Paulo. Secretaria Municipal do Verde e Meio Ambiente. Manual técnico de arborização urbana. 3. ed. São Paulo; 2015 [acesso 17 mar. 2021]. Disponível em: http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/meio_ambiente/publicacoes_svma/index.php?p=188452

- [24] Rio Branco. Instrução Normativa nº 001/2013, de 10 de novembro de 2013. Regulamenta o procedimento relativo à arborização urbana. Rio Branco; 2013 [acesso 10 mar. 2021]. Disponível em: <http://portalcgm.riobranco.ac.gov.br/lai/wp-content/uploads/2013/10/SEMEIA-INSTRUCAO-NORMATIVA-N-001-2017.pdf>
- [25] Centro de Produções Técnicas (CPT). Arborização urbana. Viçosa, MG: CPT Editora; 2019.
- [26] Mesquita J, Gomes M, Covre T. Cartilha de arborização urbana para Macapá-AP. Macapá; 2013.
- [27] Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia (COELBA). Guia de arborização urbana. Salvador: Venturie Gráfica e Editora; 2002.
- [28] Registro. Prefeitura Municipal. Guia de arborização urbana. Registro, SP; 2017 [acesso 20 mar. 2021]. Disponível em: <https://www.registro.unesp.br/Home/graduacao5111/2017-guia-de-arborizacao-urbana-do-municipio-de-registro.pdf>

Capítulo 6

PRAGAS E DOENÇAS EM ÁRVORES URBANAS

Por Denise Castro Lustosa, Quezia Leandro de Moura, Thiago Almeida Vieira, Darlisson Bentes dos Santos e Raimundo Cosme de Oliveira Junior

6.1. Destaques deste capítulo

1. Em decorrência dos elementos estressores das cidades, como poluição do ar, falta de espaço e contaminações, as árvores urbanas estão mais vulneráveis aos ataques de pragas e doenças;
2. Vários artrópodes, como ácaros, tripes, lagartas e besouros, podem causar prejuízos às árvores nas cidades. Mais de 50 insetos-praga estão listados neste capítulo;
3. Entre as doenças, os fungos são os principais patógenos. Destacam-se os gêneros *Colletotrichum*, causador de antracnoses, e *Fusarium*, que causa manchas e seca das folhas;
4. O manejo das condições ambientais nos viveiros é uma importante forma de manejo, através da irrigação adequada, iluminação e remoção de plantas contaminadas.

6.2. Introdução

Uma planta é considerada sadia quando todas as suas funções fisiológicas estão em normalidade, não apresenta problemas nos processos de absorção de nutrientes, crescimento, florescimento e frutificação, e organismos patogênicos, como fungos, bactérias, vírus e nematoides, insetos-praga e plantas parasíticas [1]. O conhecimento das exigências das espécies, incluindo informações sobre o substrato, influenciará no sucesso da emergência e desenvolvimento inicial da planta [2].

As árvores urbanas estão vulneráveis a muitas pragas e doenças, uma vez que o ambiente da cidade possui diversos elementos estressores, como a poluição do ar e solos com déficit nutricional. Assim, é importante a identificação correta dos agentes causais e o reconhecimento dos sintomas provocados por eles, para que as ações de controle sejam eficientes. No entanto, a obtenção e manutenção de plantas saudáveis demandam cuidados em todas as fases da arborização urbana que vão, desde a escolha da espécie, coleta das sementes, desenvolvimento das mudas, plantio e cuidados preventivos, até o último estágio de vida.

Os trabalhos técnicos a respeito de doenças e insetos-pragas em árvores e palmeiras ainda são escassos, sendo mais frequentes em culturas de interesse agrícola. As espécies apresentadas

neste capítulo foram escolhidas com base na literatura [3], que elencaram a diversidade e a frequência de arbóreas plantadas em cidades da Amazônia brasileira. O ficus (*Ficus benjamina*), apesar de sua ampla ocorrência na arborização urbana na região, não foi incluída, pois é considerada imprópria para essa finalidade. Isto pode ser observado na cidade de Belém, em que a Lei Municipal nº 8.596/2007 proibiu o plantio de ficus e estabeleceu que os indivíduos existentes deveriam ser retirados e substituídos por espécies mais apropriadas. Os nomes científicos das plantas apresentadas neste capítulo estão de acordo com o World Flora Online – WFO [4].

6.3. Principais pragas e doenças do cajueiro (*Anacardium occidentale*)

O cajueiro, pertencente à família Anacardiaceae, é muito utilizado em arborização urbana na região Norte. No entanto, pode ser acometido por diversas doenças e pragas. A seguir, serão relatados alguns dos principais problemas que ocorrem com esta espécie.

6.4. pragas do cajueiro

A seguir, serão relatadas algumas das pragas que acometem a cultura, com base em estudos [5].

Broca-das-pontas: *Anthistarcha binocularis* Meyrick, 1929 (Lepidoptera: Gelechiidae)

Esse inseto é considerado uma das principais pragas do cajueiro, em razão do tipo de dano que ocasiona; as lagartas penetram nos tecidos novos e se movem em direção ao centro do galho, formando galerias. O adulto é uma mariposa pequena, de coloração cinza e asas esbranquiçadas.

A praga ataca quase sempre os ramos frutíferos, que murcham e secam, inviabilizando a formação de frutos. Na maioria dos casos, ocorre quebra do ramo da inflorescência no orifício de saída do adulto, e a lagarta pode ser encontrada no interior do ramo brocado, expelindo excrementos que podem cair sobre as folhas abaixo, o que demonstram sua presença.

Dentre as medidas de controle recomendadas no início do ataque estão a poda e queima dos ramos ponteiros e inflorescências atacadas, e o controle químico com produtos registrados para a cultura quando a infestação da praga for superior a 20%.

Pulgão-das-inflorescências: *Aphis gossypii* Glover, 1877 (Hemiptera: Aphididae)

O pulgão é considerado uma praga importante para o cajueiro, por causa da sua população e das consequências do seu ataque. Este inseto suga intensamente a seiva, causando a seca e, consequentemente, diminui a quantidade de inflorescências viáveis por plantas, refletindo diretamente na produção. Ao se alimentar, a praga libera uma substância açucarada (mela) que recobre as inflorescências e folhas, e atrai fungos causadores da doença fumagina, que faz com que as partes atacadas fiquem como se estivessem com uma fuligem de coloração preta.

O controle natural desse inseto é feito pelo besouro predador *Scymnus* sp. (espécie de joaninha), que é comumente encontrado em colônias dessa praga. O controle químico deverá ser feito quando forem observadas colônias de insetos nas inflorescências, maturis e início da produção da mela.

Traça-da-castanha: *Anacampsis phytomiella* Busck 1914 (Lepidoptera: Gelechiidae)

É considerada a principal praga dos frutos do cajueiro, em razão dos graves danos econômicos que causa à amêndoa. Após a colocação dos ovos nos frutos jovens, a pequena lagarta (geralmente uma por fruto) penetra na fase de maturi pela castanha e destrói totalmente a amêndoa, que fica imprestável para a comercialização. O inseto adulto sai por um furo circular na parte final da castanha, momento no qual sua presença é notada.

O inimigo natural da traça mais comumente encontrado é a vespinha parasitoide *Brachymeria* sp. O controle químico deverá ser feito quando for detectado 5% de castanhas furadas, avaliado por simples percentagem.

Tripes-da-cinta-vermelha: *Selenothrips rubrocinctus* Giard, 1901 (Thysanoptera: Thripidae)

Esta praga aparece normalmente no período seco. O inseto ataca, principalmente, a face inferior das folhas, preferindo as de meia idade, além dos ponteiros, inflorescências, pedúnculos e frutos. As partes atacadas ficam inicialmente amareladas e marrons-claras, com tonalidades bronzeadas. Quando o ataque da praga é severo, ocorre o ressecamento e a queda intensa das folhas, com consequente diminuição da área foliar da planta e secamento da inflorescência. O bronzeamento permanece mesmo após o controle da praga, não caracterizando por si só um novo ataque.

Mosca-branca: *Aleurodicus cocois* John Curtis, 1846 (Hemiptera: Aleyrodidae)

Encontra-se espalhada por todas as regiões produtoras de caju, mas seu ataque se inicia a partir de pequenos focos de infestação, em número reduzido de plantas, os quais podem se estender por toda a plantação. A forma adulta do inseto se parece com uma pequena borboleta, de cor branca. Sua presença é notada na face inferior da folha, quando se observa a colônia de insetos envolvidos por uma secreção branca (cera) e a ocorrência de fumagina (fungo preto semelhante à fuligem) na face superior da folha.

6.5. Desfolhadores

Lagartas: *Thagona postropaea* Dyar, 1914 (Lepidoptera: Erebididae), *Cerodirphia rubripes* Draut, 1930, *Eacles imperialis magnifica* Walker, 1856 (Lepidoptera: Saturniidae), *Megalopyge lanata* Cramer, 1780 (Lepidoptera: Megalopygidae)

Mané-magro: *Stiphra robusta* Mello-Leitão, 1939 (Orthoptera: Proscopiidae)

O dano característico do ataque dessas pragas é a desfolha intensa das plantas, principalmente quando ocorre forte infestação. Os principais sintomas desses desfolhadores são folhas danificadas e redução da área foliar, o que prejudica a fotossíntese e, consequentemente, provoca reflexos negativos na produção das plantas.

Díptero-das-galhas ou verruga-das-folhas: *Stenodiplosis* sp. (Diptera: Cecidomyiidae)

A praga ataca intensamente o cajueiro na época de lançamento das folhas novas, podendo também ser problemática em viveiros de mudas. O inseto prefere as folhas mais jovens, e o sintoma característico é o aparecimento de galhas ou pequenas esferas com formato de verrugas nas folhas, de coloração alaranjada.

6.5.1. Outras pragas

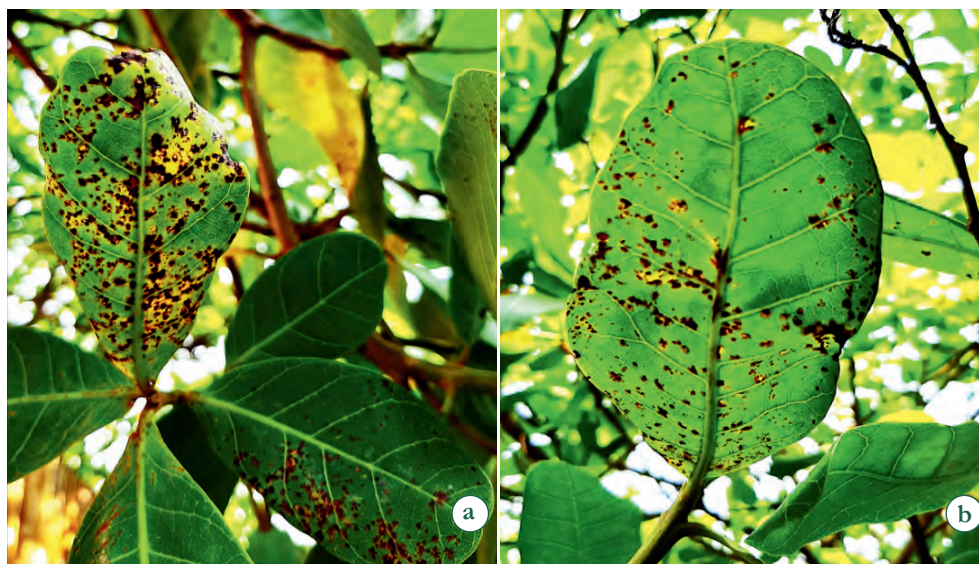
Muitas outras pragas são relatadas no cajueiro, sejam nos frutos ou em outras partes da planta, com maior ou menor importância para a cultura, como: besouro-dos-ponteiros, besouro-vermelho, brocas-da-raiz, larva-do-broto-terminal, minador-das-folhas e percevejos.

6.5.2. Doenças

Antracnose: *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc., 1884 (Glomerellales: Glomerellaceae)

É considerada a principal doença do cajueiro no Brasil, ocorrendo em todos os locais em que essa árvore se encontra, inclusive em plantios espontâneos [6]. O agente causal da doença é o fungo *Colletotrichum gloeosporioides*, que pode atacar a planta em qualquer fase de seu desenvolvimento e durante o ano todo, ocasionando diferentes danos, sendo mais severa na estação chuvosa, período em que também ocorre a emissão de novas brotações. Os sintomas típicos da antracnose são mais comuns nas folhas (Figura 1).

Figura 6.1 – a - b) Sintomas da antracnose em folhas de cajueiro, ocasionados pelo fungo *Colletotrichum gloeosporioides*.



Fonte: Autores.

As manchas são irregulares, de coloração parda em folhas mais jovens, evoluindo para coloração avermelhada em folhas mais velhas; quando as folhas muito jovens estão severamente infectadas, podem ficar retorcidas, deformadas, escurecidas, e caem, enquanto nas folhas mais velhas as lesões quase sempre ficam localizadas, podendo rasgar e deixar perfurações. Os sintomas que aparecem no fruto (castanha) e pseudofruto (caju) são lesões mais rebaixadas e escuras, e podem causar rachaduras e o apodrecimento do caju [6].

O controle da antracnose pode ser feito tanto em viveiro quanto no campo, por meio da aplicação de fungicidas à base de cobre visando tanto a prevenção da doença, como o seu controle após o surgimento dos primeiros sintomas. Outra medida recomendada é a poda de limpeza, pela

retirada de ramos secos, frutos, inflorescências e folhas infectadas, e queima desse material fora do local onde as plantas se encontram.

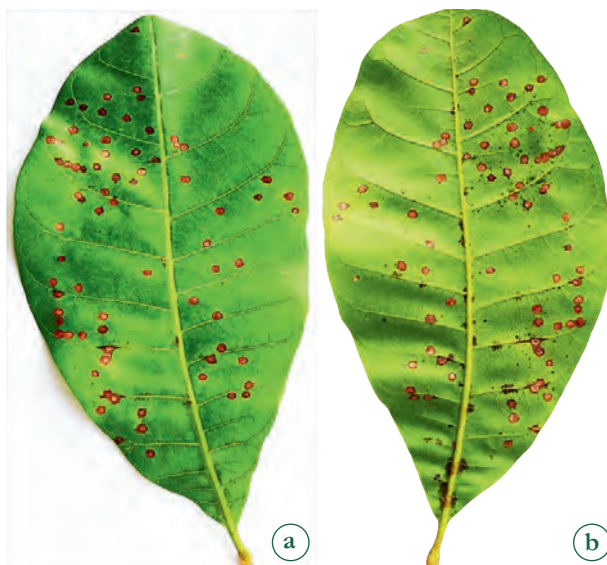
Mancha-de-pestalotia: *Pestalotiopsis guepinnii* (Desm.) Steyaert, 1949 (Amphisphaeriales: Sporocadaceae)

A mancha-de-pestalotia é de ocorrência comum em cajueiros e está geralmente associada à antracnose. A doença é causada pelo fungo *Pestalotiopsis guepinnii*, que afeta preferencialmente as folhas maduras do cajueiro e, embora cause necrose em áreas extensas da folha, o patógeno não causa sua queda.

Os sintomas da doença são manchas necróticas, aproximadamente circulares quando distribuídas no limbo foliar (Figura 2), e maiores, quando localizadas no ápice ou bordo da folha; as manchas são caracterizadas por um pardo-acinzentado, as quais, em condições favoráveis, podem se unir; os frutos também podem ser afetados, apresentando lesões necróticas escuras e rebaixadas [7].

Embora a doença ocorra praticamente durante o ano todo, é mascarada pela antracnose [7], e favorecida por condições de alta umidade e temperaturas diurnas, variando de 28 a 32 °C e noturnas, de 19 a 22 °C, sendo disseminada pelo vento e ácaros. Como a doença, na maioria das vezes, está associada à antracnose, a aplicação dos mesmos fungicidas possibilita o controle de ambas.

Figura 6.2 – a - b) Sintomas da mancha-de-pestalotia em folhas de cajueiro, ocasionada pelo fungo *Pestalotiopsis guepinnii*, em ambas as faces da folha.



Fonte: Autores.

Oídio: *Oidium anacardii* F. Noack, 1898 (Helotiales: Erysiphaceae)

A doença, ocasionada pelo fungo *Oidium anacardii*, ocorre frequentemente nos cajueiros, em mudas e plantas adultas, com maior incidência no período seco. Era considerada uma doença secundária em virtude de os sintomas serem observados preferencialmente nas folhas maduras formando um revestimento ralo, branco-acinzentado e pulverulento nas duas faces; no entanto, nos últimos anos tem-se verificado maior ocorrência da doença, principalmente nas brotações

novas e castanhas verdes (maturis) do cajueiro [8]. As temperaturas de 25 a 30 °C são favoráveis ao crescimento do patógeno [6].

Em viveiro, recomenda-se afastar as mudas que estão muito próximas e manejar o volume da irrigação [8].

6.5.3. Outras doenças

O cajueiro é afetado por outras doenças, como: cercosporiose, cretamento-foliar, fumagina, mancha-de-alga, mancha-angular, mofo-preto, murcha-de-esclerócio, nematoses, podridão radicular e do coleto, requeima e resinose.

6.6. Principais pragas e doenças do ipê-amarelo (*Handroanthus serratifolius*)

O ipê-amarelo pertence à família Bignoniaceae e é considerado como árvore símbolo do Brasil [9], sendo uma das espécies brasileiras mais conhecidas e cultivadas, graças à sua grande beleza, que proporciona um espetáculo com sua floração na arborização de ruas e cidades, promovendo um colorido no final do inverno amazônico. No entanto, é hospedeira de várias doenças [9] e de algumas pragas.

6.6.1. Pragas do ipê-amarelo

Dentre as pragas relatadas em ipê-amarelo, estão o gafanhoto, que se alimenta das partes externas das folhas, a lagarta (*Anartia jatrophae*) que pode ocasionar perfurações na área foliar, e o psilídeo (*Trioza tabebuiae*), que ocasiona o enrolamento das folhas.

6.6.2. Doenças do ipê-amarelo

Crosta-marrom: *Apiosphaeria guaranitica* (Speg.) Höhn, 1909 (Phyllacorales: Phyllachoraceae)

A doença ocorre em diferentes espécies de ipê, sendo bastante grave em ipê-amarelo. É causada pelo fungo *Apiosphaeria guaranitica*, que pode atacar todas as fases de desenvolvimento das plantas, inclusive aquelas com menos de um ano de idade [10]. É comum nos indivíduos empregados na arborização urbana e pode ocasionar queda prematura das folhas e redução na taxa fotossintética [11].

Inicialmente, são observadas manchas amarelo-esverdeadas nos folíolos (Figura 3), que evoluem para crostas marrom-claras; em seguida, essas crostas vão se tornando mais definidas, com coloração marrom-escura (Figuras 4a e 4b); nesta fase, os sintomas são inconfundíveis e constituem a razão pela qual a doença é denominada crosta marrom [9]. As crostas são irregulares e rugosas, de aspecto ceroso, em ambas as faces das folhas, sendo mais frequentes na face superior, ficando enegrecidas na fase de senescência das folhas (Figura 5); ocorre queda prematura da folhagem, impedindo a floração normal da planta [12]. Folhas velhas ainda retidas em algumas plantas, ou caídas no chão podem abrigar o fungo e, quando umedecidas, especialmente pelas primeiras chuvas, liberam as estruturas do patógeno, que são disseminadas pelo vento ou por simples queda e podem alcançar os folíolos sadios produzidos nesse período [9].

Figura 6.3 – a) Sintoma inicial da crosta marrom do ipê, ocasionado pelo fungo *Apiosphaeria guaranitica* e b) Manchas amarelo-esverdeadas.



Fonte: Autores.

Figura 6.4 – Evolução dos sintomas da crosta marrom em folhas de ipê, ocasionados por *Apiosphaeria guaranitica*: a) face superior das folhas e b) face inferior das folhas.



Fonte: Autores.

Figura 6.5 – Crostas marrons enegrecidas na face superior da folha, ocasionadas por *Apiosphaeria guaranitica*.



Fonte: Autores.

Ferrugem: *Prospodium bicolor* F.A.Ferreira & J.F.Hennen, 1986 (Pucciniales: Raveneliaceae)

A ferrugem do ipê é uma doença muito severa, ocorrendo em árvores adultas, com maior preocupação quando acontece em viveiros [13]. O agente causal da doença é o fungo *Prospodium bicolor*.

Dentre os sintomas da doença é possível observar: formação de galhas ou tumores de coloração verde-claros nas regiões terminais das hastes, pecíolos, folíolos e frutos novos; presença de pontuações escuras minúsculas nas galhas; esporulação marrom-pulverulenta (neste estágio pode ocorrer em elevado número nas hastes ou folíolos, com grandes galhas concorrendo para a deformação de mudas) e, presença de salpiques marrom e preto na superfície inferior dos folíolos maduros ou velhos [9,14].

O controle da doença é feito basicamente em mudas, em viveiro, por meio da pulverização de fungicidas recomendados para a espécie, em plantas com até seis meses de idade; para mudas mais velhas deve-se remover manualmente os folíolos senescentes ou caídos que apresentem estruturas do patógeno [9].

Mancha-escura: *Asteromidium tabebuiae* F.A.Ferreira & JJ.Muchovej, 1987 (Ascomycota)

Esta doença foi observada pela primeira vez em Belém (PA), e tem como agente causal o fungo *Asteromidium tabebuiae* [15]. Os sintomas característicos da doença são manchas circulares nos folíolos, de coloração marrom-avermelhadas, sendo possível observar várias manchas em apenas um folíolo [16].

O controle da mancha-escura é limitado pelo tamanho das árvores a serem tratadas. Contudo, a seleção de plantas resistentes ao patógeno é a medida de controle mais eficiente [17]). Também é recomendado eliminar as partes afetadas, para evitar a transmissão da doença [12].

Mancha-zonada: *Cylindrocladium parasiticum* Crous, M.J.Wingf. & Alfenas, 1993 (Hypocreales: Nectriaceae)

A doença é mais comum no período chuvoso e causada pelo fungo *Cylindrocladium parasiticum*. Os sintomas são lesões de coloração pardo-avermelhadas, com 2 a 7 cm de diâmetro [18] que se iniciam, geralmente, pela extremidade e evoluem para o centro da folha, atingindo grandes extensões que, com o desenvolvimento da doença, podem ocasionar desfolhamento severo [18].

6.6.3. Outras doenças

O ipê-amarelo pode ser acometido por outras doenças foliares, como: fumagina, mancha-borrão, mancha-de-septoria, mancha-de-corynespora e oídio.

6.7. Principais pragas e doenças da mangueira (*Mangifera indica*)

A mangueira, pertencente à família Anacardiaceae, é uma espécie amplamente utilizada em arborização urbana na região Norte, sendo muito comum nas cidades de Belém, Macapá [19] e Santarém [20]. Embora muito usada, a mangueira apresenta alguns problemas na arborização urbana, pois possui crescimento radicular muito agressivo e frutos grandes e carnosos que podem cair sobre as pessoas, carros e casas. Além disso, pode ser acometida por muitos problemas fitossanitários, em todos os seus estádios de desenvolvimento, com importância entre o cultivo e as condições climáticas [16]. A seguir serão descritas algumas das principais doenças e pragas que acometem a mangueira.

6.7.1. Pragas da mangueira

Moscas-das-frutas: *Anastrepha obliqua* Macquart, 1835, *Anastrepha fraterculus* Wiedemann, 1830, *Ceratitis capitata* Wiedemann, 1824 (Diptera: Tephritidae)

São consideradas as principais pragas da mangueira, responsáveis por grandes prejuízos econômicos, uma vez que as moscas colocam seus ovos abaixo da casca do fruto, preferencialmente imaturos (“frutos verdes”), e, neste lugar pode ocorrer contaminação por fungos ou bactérias, que resulta no apodrecimento do fruto. Aproximadamente dois dias após a postura dos ovos, a larva sai (eclode) e passa a se alimentar da polpa, reduzindo a qualidade do fruto, que fica impróprio para consumo *in natura*, comercialização e industrialização [21]. Ocorre ainda o amadurecimento precoce dos frutos e podridão generalizada [22].

Para o controle da praga, pode ser realizada a coleta e destruição dos frutos maduros na planta ou caídos no chão, que devem ser enterrados em uma vala (50 a 70 cm de profundidade) ou destinados à alimentação animal [23].

Tripes: *Selenothrips rubrocinctus* Giard, 1901 e *Frankliniella schultzei* Trybom, 1910 (Thysanoptera: Thripidae)

As pragas podem atacar as folhas, inflorescências e frutos da mangueira. Nas folhas, o ataque ocorre principalmente na superfície inferior, próximo à nervura central, causando necrose e, posteriormente, a queda de folhas. Nas partes da planta que foram atacadas pelos tripses observa-se inicialmente uma coloração prateada que pode evoluir para ferruginosa com pontos escuros [24]. Os frutos da manga que apresentam injúrias são desvalorizados, podendo até mesmo não serem comercializados em razão da perda da qualidade estética, em plantios comerciais [25].

Existem alguns inimigos naturais que podem exercer o controle naturalmente. No entanto, algumas outras medidas são recomendadas, como eliminar plantas invasoras para evitar a sobrevivência dos tripses nessas plantas [21].

Microácaro-da-mangueira: *Aceria mangiferae* Sayed, 1946 (Trombidiformes: Eriophyidae)

Esse ácaro é mais frequente nos períodos secos e quentes. É considerado o ácaro mais prejudicial da mangueira, e vive nas gemas florais e vegetativas da planta [21]. Além de provocar a morte das gemas terminais e laterais, ocasiona superbrotamento, fazendo com que as plantas não consigam se desenvolver normalmente e fiquem raquíticas e com a copa malformada [26].

O controle da praga pode ser realizado por meio de acaricidas (registrados); aplicação de calda sulfocálcica (1,0 L de calda para 80 litros de água); utilização de ramos sadios para formação de mudas por meio de enxertia; destruição de mudas com superbrotamento; poda e queima de ramos e/ou inflorescências com sintomas de superbrotamento e malformação [21].

Cochonilhas: *Aulacaspis tubercularis* Newstead, 1906, *Pinnaspis* sp. (Hemiptera: Diaspididae), *Saissetia oleae* Olivier, 1791 (Hemiptera: Coccidae) e *Pseudococcus* sp. (Hemiptera: Pseudococcidae)

Várias espécies de cochonilha são frequentemente encontradas relatadas atacando folhas, frutos e ramos da mangueira, podendo, em alguns casos, ocasionar a queda de folhas, causar secamento de ramos e desqualificar os frutos comercialmente [21]. O controle pode ocorrer pelos inimigos naturais ou ser realizado pela retirada de frutos atacados e aplicação de inseticidas registrados.

6.7.2. Outras pragas

A mangueira é atacada por inúmeras outras pragas, como: broca, besouros, cigarrinha, formigas-cortadeiras, lagartas, mosca-da-panícula e pulgões.

6.7.3. Doenças da mangueira

Antracnose: *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc., 1884 (Glomerellales, Glomerellaceae)

É considerada uma das principais doenças da mangueira e tem como agente causal o fungo *Colletotrichum gloeosporioides*, que ataca inúmeras outras espécies vegetais. No Brasil, ocorre em todas as regiões que produzem manga, em épocas quentes e úmidas, sendo que nos locais com temperaturas mais amenas a doença possui menor importância [27].

Os sintomas da doença podem ocorrer nas folhas, em ramos novos, na inflorescência e nos frutos. O ataque nos frutos é o maior problema fitossanitário das mangueiras [28]. Nas folhas, aparecem manchas marrons arredondadas ou irregulares, de tamanhos variados, tanto nas margens como no centro; quando as condições ambientais estão favoráveis, as manchas aumentam de tamanho, deixando as folhas com aparência de queimadas; os sintomas nas brotações e ramos novos são lesões escuras e necróticas, que podem secar os ramos da ponta para a base e ocasionar a queda de folhas; quando o fungo ataca a inflorescência, provoca a morte das flores; em frutos jovens, pode ocasionar a queda ou mumificação (os frutos secam rapidamente, ficando enrugados, escurecidos e duros) e, na fase de amadurecimento, quando estão maduros, aparecem manchas pretas, rebaixadas (deprimidas), que podem rachar o fruto e apodrecê-lo [16,29].

Em locais ou épocas com frequência de chuvas e predominância de alta umidade relativa, pode ocorrer alta severidade da antracnose. Temperaturas em torno de 28 °C favorecem as

infecções provocadas por esse fungo. Quando o florescimento da mangueira coincide com períodos chuvosos e encobertos, ou muito orvalho, as condições se tornam propícias à epidemias de antracnose [30].

O pleno conhecimento dos fatores ambientais e do desenvolvimento fenológico da planta na região de cultivo é fundamental para possibilitar o uso de medidas eficientes e seguras de controle [27]. Dentre as ações recomendadas, recomenda-se aplicar calda bordalesa nas folhas das plantas [31], eliminar ramos doentes, realizar podas para melhorar o arejamento, retirar e queimar restos de cultura contaminados e não deixar frutos infectados nas plantas [30].

Morte-descendente, podridão-seca ou seca-dos-ramos: *Lasioidiplodia theobromae* (Pat.) Griffon & Maubl., 1909, *Neofusicoccum* spp. (Botryosphaerales: Botryosphaeriaceae)

A doença pode ocorrer em mudas e plantas adultas durante a fase de crescimento vegetativo e floral [32]. É comum nas regiões mais úmidas do país e em pomares irrigados [16]. Pode ser causada por diferentes fungos, sendo os mais frequentes *Lasioidiplodia theobromae* e *Neofusicoccum* spp. [32,33]. O fungo *L. theobromae* pode atacar inúmeros outros hospedeiros, como cacauieiro, seringueira, cafeeiro, cana-de-açúcar, milho, fumo, chá, algodoeiro, batata, mamão, maracujá, citros e abacateiro [27].

Os sintomas mais característicos da doença são a seca e a queda progressiva das folhas presentes nos ramos em direção ao caule, chegando, às vezes, a atingir o tronco da planta e provocar a sua morte. Quando a doença é severa, pode-se observar goma na casca dos ramos e no caule [34] e o escurecimento dos tecidos nos ramos terminais, secamento e morte progressiva do ramo no sentido da ponta para a base. Ocorrem também lesões escuras nas inflorescências, ocasionando o abortamento de flores e queda de frutos jovens; lesões escuras nos frutos e, com o tempo, podem aparecer rachaduras, expondo a polpa do fruto [29]. A severidade do ataque é maior em plantas sob condições de excesso ou falta d'água, assim como deficiência nutricional [35].

A penetração do fungo na planta se dá, principalmente, por ferimentos causados na poda e por pragas [32]. *Lasioidiplodia theobromae* se desenvolve em temperaturas que variam de 20 °C a 30 °C, mas pode suportar temperaturas de até 40 °C [36]. Os fungos podem ser disseminados pelo vento, por mudas contaminadas e insetos-praga.

O controle da doença não é tarefa fácil, é necessária a adoção de uma série de medidas. Assim que for observada a infecção na parte aérea da planta, os galhos e ramos doentes devem ser cortados imediatamente. Como medidas preventivas, são recomendadas: eliminar ramos, galhos e ponteiros afetados ou secos para não favorecer a sobrevivência dos fungos; eliminar todas as plantas mortas ou que apresentem a doença em estágio avançado; passar pasta cúprica nos locais podados; e desinfetar com frequência as ferramentas de poda com hipoclorito de sódio (água sanitária 2%).

Malformação-floral-e-vegetativa (embonecamento): *Fusarium* spp. (Hypocreales: Nectriaceae)

A malformação é uma das doenças mais sérias da mangueira, e ocorre na maioria das regiões produtoras do mundo. É ocasionada por diferentes espécies do gênero *Fusarium* [35]. Esses autores relatam que, na malformação floral, o sintoma mais característico é a redução no comprimento da panícula como um todo, conferindo à inflorescência o aspecto de uma massa compacta de flores estéreis; as panículas malformadas murcham, tornam-se massas negras, não frutificam e,

frequentemente, persistem nas plantas até o ano seguinte, enquanto que, na malformação vegetativa, ocorre a produção de grande número de brotos vegetativos que se ramificam bastante; nesse brotos, os internódios ficam curtos, as folhas não se desenvolvem normalmente e são observadas muitas gemas intumescidas, que não brotam.

O controle da doença é muito difícil, sendo necessária a integração de diversas práticas culturais, como: utilizar mudas sadias; inspecionar periodicamente as plantas para eliminar todos os ramos com malformação vegetativa; ramos que apresentarem continuamente sintomas de malformação floral devem ser suprimidos a partir do nó onde apareceu o problema; retirar as inflorescências malformadas cortando-as pelo menos a 30 cm abaixo de seu ponto de inserção; desinfestar as ferramentas usadas nas operações de poda e eliminação de partes vegetais afetadas com dióxido de cloro a 2% (20 mL/L), e proteger os ferimentos com pasta bordalesa [35].

Oídio: *Oidium mangiferae* Berthet, 1914 (Helotiales: Erysiphaceae)

A doença é ocasionada pelo fungo *Oidium mangiferae*, que se encontra disseminado nas principais regiões produtoras de manga no mundo, ocasionando perdas variáveis [35]. Os danos provocados podem ser sérios, principalmente se a doença incidir na inflorescência nas épocas de temperaturas amenas e alta umidade relativa do ar, seguidas de um brusco período de calor e redução da umidade [27].

O fungo causador da doença não é dependente da água das chuvas para se desenvolver, pois o patógeno pode causar infecção em condições de umidade relativa variando entre 22% e 65%. As condições para a ocorrência da doença encontram-se em torno de temperatura média diurna de 10 °C a 31 °C e umidade relativa de 60% a 90% [35]. Em temperaturas na faixa de 20 °C a 25 °C a doença pode ocorrer em níveis epidêmicos e, quando as partes da planta estão murchas pelo excesso de calor ou falta de umidade, ocorre maior penetração do fungo [27].

O patógeno pode ocasionar grandes danos às folhas, ramos novos, inflorescência, flores e frutos que ficam recobertos com um pó branco acinzentado. As folhas novas podem apresentar deformação e queimaduras, podendo ocorrer a queda, enquanto que nas folhas mais velhas são observadas manchas irregulares [35]. O crescimento do fungo sobre as inflorescências as danificam e causa a queda das flores, comprometendo diretamente a qualidade e a produção dos frutos. O pedúnculo e os pedicelos dos frutos jovens também ficam recobertos com as estruturas do patógeno, o que pode causar a sua queda. Os frutos atacados que persistem na planta podem apresentar lesões e rachaduras, que acabam servindo de porta de entrada a outros patógenos [28].

Algumas medidas de controle recomendadas para o oídio são: plantio de variedades resistentes ou tolerantes (quando existentes) e podas de limpeza. Pode-se lançar mão de um método alternativo de controle que consiste na utilização de leite cru, que deve ser aplicado de forma preventiva, diluindo-o em água nas concentrações de 5% ou 10%, dependendo da gravidade da doença [35].

6.8. Outras doenças

Na mangueira são relatadas outras doenças com maior importância em determinadas regiões do país ou de importância secundária, como: colapso-interno-do-fruto, mancha-angular, podridão-parda-do-fruto ou podridão-mole-do-fruto, queima-do-fio, rubelose, seca-da-mangueira e verrugose.

6.9. Principais pragas e doenças da sumaumeira (*Ceiba pentandra*)

A sumaúma é uma espécie de grande porte pertencente à família Malvaceae. Pode ser usada na arborização urbana, e dada a sua importância sociocultural para a população, existem recomendações para a sua utilização [37]. Em seu habitat natural, sua altura varia de 30 m a 50 m, com grande copa, sendo ocorrentes em várzeas da Amazônia [38]. A árvore perde totalmente as folhas durante a frutificação [37].

6.9.1. pragas da samaumeira

A sumaúma pode ser atacada por alguns insetos, como: cupins da espécie *Nasutitermes corniger* [39]; o besouro manhoso (*Steirastoma breve*), cuja medida de controle recomendada seria a remoção das larvas e de galhos infestados com o auxílio de ferramentas e, com posterior destruição deste material [40]. As larvas da mariposa “broca-dos-ramos” (*Stenoma decora*), que constroem galerias nos frutos, troncos e ramos, levam ao anelamento destas partes, sendo recomendado o sombreamento da planta para ajudar a reduzir a infestação da praga [41] e, o ácaro (*Tetranychus neocaledonicus*), que ataca as folhas e pode ocasionar a desfolha da planta, que perde o vigor e ocasiona atraso em seu desenvolvimento [42].

6.9.2. Doenças da samaumeira

Fungos em sementes

Alguns fungos foram relatados associados às sementes de sumaúma, como: *Aspergillus*, *Colletotrichum*, *Curvularia*, *Fusarium* e *Rhizopus* [43]. Esses gêneros fúngicos são relatados em sementes de muitas espécies vegetais, ocasionando danos que podem até mesmo impedir a germinação.

Manchas foliares

Durante a produção de mudas pode haver ataque por patógenos que prejudicam o desenvolvimento e a qualidade das plantas, como o fungo *Colletotrichum* sp., que causa manchas escuras e desuniforme espalhadas por toda a folha, com sintomas característicos da doença antracnose, podendo ser muito severa e limitante à produção de mudas [44]. Outras manchas foliares foram relatadas em sumaumeiras causadas pelo fungo *Sclerotium coffeicola*, no estado do Amazonas [45], e pelos fungos *Eremotheca ceibae*, *Microcallis ceibae* e *Uncinula ceibae* [46].

6.10. Principais doenças e pragas do açaí (*Euterpe oleracea*)

O açaizeiro, pertencente à família Arecaceae, é uma palmeira nativa da Amazônia, que produz até dezenas de perfilhamentos com distintos estágios de desenvolvimento. Economicamente, os frutos constituem a parte mais importante, destinada à produção da polpa. A touceira apresenta múltiplos caules, por isso o palmito é muito utilizado na indústria [47]. Algumas doenças e pragas são relatadas nesta espécie.

6.10.1. Pragas do açaí

Broca-do-olho *Rhynchophorus palmarum* Linnaeus, 1758 (Coleoptera: Curculionidae)

A broca-do-olho ou “bicudo” é um besouro encontrado nos açaizeiros e em outras palmeiras recorrentes na Amazônia, tais como o coqueiro e dendezeiro; apresenta hábitos diurnos e são encontrados em grupos, principalmente nos períodos chuvosos, porém são atuantes ao longo do ano [47]. A partir do terceiro ano, o açaizeiro se torna mais vulnerável a esta praga, que normalmente se aloja nos tecidos mais frágeis na área em que se encontra o palmito; as larvas são de cor branca e se alimentam construindo galerias e causam grandes estragos [47]. A má formação das folhas centrais, o encurtamento e redução da quantidade de outras folhas, a ausência ou diminuição da formação de cachos também são sintomas característicos, além do fato de que as inflorescências são abortadas e os estipes apresentam furos escuros [48].

Os danos mecânicos causados no estipe permitem a entrada de outros organismos, como os fungos, bactérias e vírus, e até mesmo de outros tipos de insetos que dificultarão a sobrevivência da planta [48]. Para o controle dessa praga são recomendadas armadilhas utilizando-se pedaços de cana-de-açúcar, cortados longitudinalmente, para capturar o bicudo. Essas iscas são deixadas em recipientes ou baldes tipo alçapão com adição do feromônio Rincoforol para potencializar a eficiência, devendo ser substituídas quinzenalmente, e os feromônios a cada três meses [49].

Pulgão-preto-do-coqueiro: *Cerataphis brasiliensis* Hempel, 1901 (Hemiptera: Aphididae)

O inseto possui formato circular com até 2 mm de diâmetro e cor marrom escura [50]. Tem locomoção lenta e excreta uma substância adocicada que atrai outros insetos, como vespas, moscas e, principalmente, formigas, afastando os predadores naturais [48,50,51]. As folhas mais jovens, comumente chamadas de flecha da palmeira, são alvo das colônias formadas pelo pulgão; no viveiro este inseto é o causador do atraso do açaizeiro nas fases iniciais do desenvolvimento das mudas, uma vez que as ninfas e os adultos se alimentam das folhas, deixando-as numa coloração amarelada e fraca [48,52]. O transporte de mudas infectadas ao local do plantio é um risco para as demais plantas sadias; antes desta fase e já no viveiro as mudas devem ser observadas e os pulgões eliminados [52].

Não há controle indicado pelo MAPA. Não são conhecidos muitos métodos que favoreçam o controle dessa praga, motivo pelo qual deve-se ter muito cuidado nas suas fases iniciais; no entanto, podem-se retirar manualmente os pulgões com pano umedecido com água e isolar as mudas no viveiro por cerca de 10 dias [48]. No Pará, alguns produtores adotam o uso de alho macerado em plantas com até três anos de idade.

Broca-do-estipe: *Eupalamides cyparissias* Fabricius, 1777 (Lepidoptera: Castniidae)

Na forma adulta a broca do estipe é uma mariposa, que possui asas na cor marrom escura e mede entre 170 mm (macho) e 205 mm (fêmea) de envergadura. Após a larva sair (eclosionar) dos ovos, em poucas semanas ela se torna uma lagarta de coloração branca e com poderosas mandíbulas, podendo alcançar entre 110 mm a 130 mm de comprimento. É nessa fase que a “broca” constrói galerias nos estipes do açaizeiro, onde permanece próxima à coroa [52].

O ataque acontece inicialmente nas folhas até às proximidades da coroa, onde o estipe encontra-se completamente perfurado e enegrecido, escorrendo seiva pelas galerias abertas pelas brocas; ataques severos nos estipes provocam quebras de folhas ainda verdes, que secam e caem [52]. As plantas mais velhas são mais atacadas, muito embora, em plantios, seja crescente a ocorrência em plantas mais jovens associando-se a outras doenças [53].

Ácaro-vermelho: *Tetranychus mexicanus* McGregor, 1950 (Trombidiformes: Tetranychidae)

É conhecido por ingerir grandes variedades de fontes de alimentos, incluindo coqueiros, pupunheiras e açaizeiros e vive em colônias, tecendo grandes teias nos folíolos das palmeiras para colocar seus ovos [48]. O ácaro se alimenta das células dos tecidos vegetais, vitais à realização da fotossíntese da planta, e, de forma geral, em estudos com outras palmeiras, as maiores lesões ocorrem nas plantas mais jovens, pois indivíduos mais velhos são mais resistentes; as folhas atacadas apresentam severo amarelecimento, necrose e ressecamento, até que ocorra a morte do vegetal.

O crescimento populacional dos ácaros é favorecido por períodos com elevada temperatura e baixa umidade; podas e queima das folhas atingidas são medidas para conter parcialmente as infestações [48]. Produtos alternativos utilizados no início dos ataques são medidas paliativas pela ausência de produtos registrados no MAPA, tais como os óleos minerais e vegetais a 0,2 a 0,3% e caldas de fumo; estes podem ser pulverizados quinzenalmente na superfície inferior dos folíolos.

6.10.2. Doenças do açaí

Antracnose: *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc., 1884 (Glomerellales: Glomerellaceae)

A antracnose é causada pelo fungo *Colletotrichum gloeosporioides*, muito frequente em açaizeiro e pode causar perdas de até 70% de mudas. Embora possa afetar os frutos, os sintomas mais frequentes ocorrem nas folhas dos açaizeiros, sendo caracterizados por manchas necróticas que surgem no limbo foliar, ráquis e colo das folhas; as lesões nas folhas possuem tamanho entre 5 e 13 mm, variando de acordo com o local e idade das plantas; inicialmente possuem coloração tendendo a castanho, depois ficam enegrecidas e, no estágio final, as folhas secam e caem [48].

Em plantios consolidados a falta de manejo é o maior causador da doença [48]. O excesso de umidade e sombreamento possibilitam a ocorrência e permanência do fungo no ambiente, bem como plantas com deficiências nutricionais, portanto, esses fatores devem ser monitorados [47]. Até o momento, não se tem registro no Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento (MAPA) de fungicidas para o controle da antracnose em açaizeiro.

Algumas medidas são recomendadas para o controle da antracnose em viveiros de mudas, como: os indivíduos devem permanecer afastados entre si, para favorecer a ventilação, diminuir a umidade nas folhas e, consequentemente, a formação das condições ideais para que o fungo se propague e dissemine entre as plantas; assim, o manejo adequado da umidade e o sombreamento são fundamentais para evitar a ocorrência dessa doença em mudas [47].

Helmintosporiose ou mancha-marrom: *Bipolaris bicolor* (Mitra) Shoemaker, 1959 (Pleosporales: Pleosporaceae)

A helmintosporiose ocasiona manchas foliares com formatos circulares ou contornos mais compridos de dimensões variadas, com coloração pardo-claras e bordas escuras que mudam de tonalidade de pardo a preto; as lesões provocam o secamento das folhas em sua totalidade, das bordas para a parte central, inclusive afetando as hastes; como a doença ocasiona redução da área foliar e, consequentemente, diminui a taxa fotossintética da planta, acaba comprometendo seu desenvolvimento, produção e a qualidade dos frutos [48].

Na região Norte do Brasil, os relatos são baseados nas condições de adensamento de mudas e baixo grau de luminosidade. A menor incidência da doença ocorre na fase das mudas e requer, assim, a eliminação e queima dos indivíduos infectados, da mesma forma que o aumento da área de insolação e aeração do local para evitar e/ou controlar a doença [48].

Rachadura-do-estipe

Esta doença possui provável causa fisiológica, conhecida nos materiais genéticos. Neste distúrbio fisiológico são observadas fendas entre 0,5 m a 0,7 m de comprimento ao longo do caule; estas fendas são feridas de porta de entrada para fungos e bactérias oportunistas, que se alimentam de matéria orgânica morta ou em decomposição; apresentam odor característico, podendo acarretar também o apodrecimento e tombamento das plantas [48].

As más condições de manejo e nutrição das plantas podem potencializar esta doença [48]. O manejo adequado das mudas e indivíduos adultos, em relação à adubação, arejamento, espaçamentos e controle da umidade podem auxiliar de forma preventiva contra este mal.

6.11. Principais doenças e pragas do jambeiro (*Syzygium malaccense*)

O jambeiro-vermelho é árvore frutífera da família Myrtaceae, de origem asiática e australiana, encontrada no Brasil principalmente nos estados das regiões Norte, Nordeste e em regiões mais quentes do Sudeste. Possui altura média entre 12 m a 15 m, com estrutura no formato piramidal, um tronco caracteristicamente reto, copa densa e ramificação iniciando entre 1,5 m a 2,0 m da superfície [54].

6.11.1. Pragas do jambeiro

Mosca-das-frutas: *Anastrepha obliqua* Macquart, 1835 (Diptera: Tephritidae)

Esse inseto ataca inúmeras outras culturas e os adultos possuem asas que medem cerca de 15 mm de comprimento e envergadura, na cor amarelada com tonalidades marrons [55]. As fêmeas furam os frutos verdes ou em processo de maturação para colocarem seus ovos, deixando perfurações visíveis; as larvas consomem a polpa, apodrecendo-as.

A boa adaptabilidade dessa espécie na grande extensão da região Amazônica, aliada à falta de dados biológicos a respeito do agente causal é um elemento que reduz a eficiência dos meios de combate à praga [56]. Além disso, são capazes de se dispersarem rapidamente com muita facilidade para novos hospedeiros [57].

Cochonilha: *Protopulvinaria longivalvata* Green, 1909 (Hemiptera: Coccidae)

A cochonilha possui cor vermelho-castanho com formato de pera, achatada e estriada, mede em torno de 3 mm e ataca uma série de outros hospedeiros considerados economicamente importantes, dentre eles os abacateiros, jameiros, pimenta-do-reino, citros e goiabeiras [58,59]. São comumente encontradas nas partes inferiores das plantas, onde formam colônias e sugam a seiva, atacando as folhas e comprometendo seu desenvolvimento [58].

O intervalo de incubação da fêmea ocorre entre 4 e 6 dias. A acelerada reprodução das cochonilhas dificulta seu controle [60]. A associação com formigas-de-fogo também torna o controle mais difícil no local das infestações [59].

Não são encontrados métodos de controle específicos para os jambeiros, no entanto, sugere-se a aplicação de óleos minerais nas horas mais frescas do dia [58]. A aplicação do óleo de nim + óleo de citronela + extrato de pimenta pode ser utilizada [61].

Ácaro-branco: *Polyphagotarsonemus latus* Banks, 1904 (Trombidiformes: Tarsonemidae)

O ácaro-branco possui aproximadamente de 0,17 mm a 0,4 mm de comprimento, com formato achatado, movimentos lentos e coloração esbranquiçada [58,59]. Alimenta-se dos tecidos mais macios que revestem as folhas, provocando sua eventual queda; as altas taxas reprodutivas são fatores preponderantes na infestação da praga, sendo que as fêmeas põem cerca de cinco ovos por dia. A umidade relativa do ar e as temperaturas elevadas criam as condições favoráveis [58].

O extrato das raízes da mandioca (manipueira) que possuem uso como inseticida e acaricida, pura ou diluída em água, com pelo menos 3 ou 4 pulverizações, em intervalos semanais também pode ser utilizado, atentando-se para o fato de que a manipueira contém ácido cianídrico, portanto, não deve ser ingerida e nem armazenada; maiores cuidados devem ser observados [62].

6.11.2. Doenças do jambeiro

Ferrugem-amarela: *Austropuccinia psidii* (G.Winter) Beenken, 2017 (Pucciniales: Sphaerophragmiaceae)

O agente causal da ferrugem-amarela é o fungo *Austropuccinia psidii* (anteriormente *Puccinia psidii*) sendo considerada uma das principais doenças dos jambeiros, ocorrendo nos frutos, folhas novas e botões florais [63,64]. Os sintomas característicos do fungo são pequenas lesões alaranjadas, chamadas de pústulas, que contêm as estruturas do patógeno sobre as partes afetadas que secam com o tempo, basicamente nas hastes, folhas, flores e frutos das plantas e afetam os processos fisiológicos da planta [9].

Ambientes caracterizados por longos períodos chuvosos e com alta umidade relativa do ar favorecem a predominância do fungo [9]. A doença é favorecida quando coincide com os períodos de floração, frutificação e novas brotações [63]. Após a infestação do fungo na planta, um dos principais métodos de controle da doença consiste na retirada e destruição das partes comprometidas. O plantio de indivíduos resistentes ao fungo é fundamental para novos projetos de arborização [9]; aplicações de fungicidas cúpricos com intervalos de 10 dias devem ser orientados até os frutos atingirem a dimensão de 3 cm. Após atingir este tamanho, são sensíveis ao cobre.

Mancha-de-alga ou mancha-da-folha: *Cephaleuros virescens* Kunze ex E.M.Fries, 1832 (Trentepohliales: Trentepohliaceae)

É causada pela alga *Cephaleuros virescens* (filo Cholophyta), a única que parasita diversas plantas [65], sendo recorrente em mais de 20 famílias distintas, incluindo Myrtaceae. Os sintomas são manchas circulares com dimensões entre 5 mm e 10 mm, de cor laranja, presentes nas superfícies

das folhas (Figura 6), que se tornam verde-acinzentadas-opacas no estado mais tardio da doença. Nos caules e ramos as manchas são similares, causando rachaduras nas cascas; ocorre redução da área fotossintética, o que contribui para a diminuição do vigor vegetativo [58].

As condições de estresse vegetativo, como solos pobres, adensamentos e plantas invasoras condicionam uma debilitação maior da árvore. O controle pode ser feito com pulverizações de fungicidas cúpricos; no entanto, como a doença não possui ingredientes ativos recomendados pelo MAPA, as práticas culturais e de manejo são vitais para a conservação do indivíduo, da mesma forma que o combate a outras pragas e doenças aumentam a resistência da planta [58].

Figura 6.6 – a - b) Mancha-de-alga em folhas de jambeiro.



Fonte: Autores.

6.12. Principais doenças e pragas da palmeira-imperial (*Roystonea oleracea*)

A palmeira-imperial, pertencente à família Arecaceae, é uma das mais notáveis e imponentes palmeiras do Brasil, muito utilizada na arborização urbana em praças, avenidas e jardins botânicos, muito embora seja uma espécie exótica [66]. É uma árvore de grande porte, com altura média de 30 m e 0,62 m de diâmetro, podendo chegar até 50 m [67].

6.12.1. Pragas da palmeira-imperial

Ácaro-da-necrose: *Aceria guerreronis* Keifer, 1965 (Trombidiformes: Eriophyidae)

O ácaro ataca diferentes espécies vegetais e, inicialmente, suas colônias atuam nas folhas centrais da palmeira, sendo que no estágio mais avançado da infestação atingem o broto ou gema terminal. Em algumas situações são percebidos engrossamentos na base do pecíolo das folhas jovens, seguindo de necrose e encurtamento das folhas; observam-se também pequenas manchas de coloração marrom, secamento e necrose das folhas, e finalmente a morte da planta [66].

Altas taxas reprodutivas são fatores preponderantes na infestação da praga, com as fêmeas colocando cerca de cinco ovos por dia; além disso, a umidade relativa do ar e temperaturas elevadas também criam condições favoráveis [58]. Uma maneira de combater essa praga é a mesma utilizada para o ácaro-vermelho-das-palmeiras, com óleos vegetais tais como o óleo de algodão, que possui baixa toxicidade; outra alternativa é a utilização do controle biológico com predadores naturais [68]. O óleo de nim e a calda sulfocálcica têm sido utilizados no combate desse ácaro [66].

6.12.2. Doenças da palmeira-imperial

Podridão-do-topo: *Phytophthora palmivora* (E.J.Butler) E.J.Butler, 1919 (Peronosporales: Peronosporaceae)

A podridão-do-topo, podridão-do-olho ou mesmo podridão-do-broto, ocorre em decorrência do microrganismo *Phytophthora palmivora*, que coloniza o sistema radicular das palmeiras imperiais, provocando a necrose dos tecidos, impedindo o fluxo de seiva; esse patógeno ataca centenas de outras espécies vegetais, nas mais diferentes famílias botânicas [69].

As folhas mais baixas ficam amareladas, seguindo para as folhas mais novas; as plantas jovens possuem crescimento limitado, os tecidos do palmito apodrecem, passam a ter mau cheiro e o estipe apresenta coloração castanho-avermelhado; os pedúnculos florais desprendem-se e desintegram-se; com o passar do tempo todas as folhas caem [69].

O patógeno pode ser disseminado por longos períodos de tempo até que encontre um hospedeiro para iniciar seu ciclo; o meio ambiente aquoso, por meio da irrigação ou mesmo do próprio substrato, são locais adequados para as suas estruturas (esporos) se manterem ativas [69]. Aliadas à alta umidade, temperaturas variando entre 25 °C e 30 °C, são condições ideais para o desenvolvimento do micro-organismo [58]. O espaçamento entre plantas deve ser observado, bem como a limpeza da palmeira, boa drenagem e a eliminação das plantas doentes para evitar a proliferação da doença [69].

Fusariose ou murcha-de-fusarium: *Fusarium* sp. (Hypocreales: Nectriaceae)

O agente causal é o fungo *Fusarium* sp., que penetra as raízes das palmeiras, causando o seu apodrecimento, bem como do estipe da planta. Em viveiros podem causar o tombamento das mudas; nas plantas jovens pode ocorrer o murchamento, seguido do amarelecimento e seca das folhas, pois o fungo afeta a absorção e condução de água e nutrientes, comprometendo toda a palmeira. Nas plantas mais velhas, na região do estipe onde passam os vasos condutores de seivas, observa-se escurecimento dos tecidos da planta [69].

O excesso de umidade favorece o desenvolvimento e disseminação do patógeno. Assim sendo, as seguintes medidas são recomendadas: evitar a umidade excessiva do solo, realizar a drenagem para prevenir o encharcamento; no caso de produção de mudas, utilizar material de propagação, substratos e água livres do patógeno; evitar provocar ferimentos na raiz e no colo da planta, como também realizar inspeções frequentes, após a sabida contaminação do ambiente, principalmente para descartar indivíduos comprometidos [69].

Antracnose: *Colletotrichum* sp. (Glomerellales: Glomerellaceae)

A doença é comum em mudas e é causada pelo fungo *Colletotrichum* sp., localizado na parte aérea das plantas. O fungo ataca principalmente as folhas, ocasionando manchas de coloração

pardas nas bordas ou junto às nervuras foliares; com a união das lesões, uma grande área foliar é comprometida, acarretando amarelecimento e, por fim, na secagem completa; nas plantas jovens, os talos também podem ser afetados, assim como o estipe [69].

O excesso de umidade e a ausência de luminosidade são os principais fatores que favorecem a permanência do fungo no ambiente, contribuindo para sua multiplicação e disseminação da doença [48]. Podas fitossanitárias para a retirada das partes atacadas pelo fungo são fundamentais para o controle [69].

6.13. Principais pragas e doenças do oiti (*Moquilea tomentosa*)

O oiti, pertencente à família Chrysobalanaceae, é uma árvore frondosa que pode atingir entre 8 m e 40 m de altura e 0,3 m a 1,0 m de diâmetro, com um tronco retilíneo [70]. Por suas características, um dos usos mais expressivos dos oitizeiros é na arborização urbana, pois além de exibir um excelente sombreamento na projeção de sua copa, não é exigente em relação à quantidade de água, as raízes não são agressivas ao calçamento das vias e ainda são resilientes às condições adversas da poluição urbana. Portanto, é recomendada na arborização de ruas, praças e jardins [70,71,72].

6.13.1. Pragas do oiti

Formigas cortadeiras: *Camponotus* spp. (Hymenoptera: Formicidae)

As formigas-cortadeiras, também conhecidas como saúva e quenquéns estão entre as espécies de formigas economicamente mais importantes, sendo frequentemente encontradas infestando árvores nas ruas [73]. A intensa movimentação e remoção de material do subsolo pelas formigas ocorre quando elas realizam escavações. Na paisagem urbana é possível visualizar os ninhos de saúvas em virtude do tamanho dos montes de terra solta, com dimensões relativamente grandes, assim como o tamanho das formigas (2 cm de comprimento). Resíduos deixados junto à base dos troncos em forma de raspas de madeira ou serragem das árvores pelas formigas cortadeiras acusam a localização de seu ninho e indicam a característica atividade do gênero [74].

As formigas cortadeiras se alimentam preferencialmente de substâncias que contêm carboidratos (açúcar e néctar), sendo comum também se associarem à cochonilhas, pulgões e cigarrinhas à procura de substâncias adocicadas excretadas por estes insetos sugadores de seivas; outras proteínas (insetos e animais mortos) também são alvo destas pragas, assim como gorduras e diversas outras fontes alimentares. O controle químico deve ser realizado, preferencialmente, com ingredientes ativos de baixa toxicidade ao homem e ao meio ambiente; as iscas tóxicas à base de 1% de boro líquido adocicado são colocadas nos ninhos como forma complementar de controle; as concentrações das caldas são de 0,5% do ingrediente ativo por litro de água, sempre respeitando orientações no rótulo dos produtos [74].

6.13.2. Doenças do oiti

Antracnose: *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc., 1884 (Glomerellales: Glomerellaceae)

O agente causal da antracnose do oitizeiro é o fungo *Colletotrichum gloeosporioides*. As lesões novas ou tardias causadas pelo fungo possuem tendência com formatos circulares, nas cores

cinza-claras ou mesmo marron-claras nas partes centrais das lesões; os órgãos mais macios da árvore são acometidos pela doença. As condições ótimas para a ocorrência da doença são períodos prolongados de precipitação, com alta umidade e temperaturas entre 25 °C e 30 °C. Quando as partes afetadas pela doença não são retiradas da planta, a disseminação é mais rápida [75]. Não há ingredientes ativos registrados pelo MAPA para o controle da antracnose em oitizeiro.

Ferrugem: *Phakopsora tomentosae* Ferreira & Gasparotto, 2001 (Pucciniales: Phakopsoraceae)

Os sintomas da ferrugem no oiti surgem com uma pequena elevação nos tecidos mais macios das plantas, em todos os seus estágios de desenvolvimento, com pontuações pequenas de coloração amarelo-claras, em ambos os lados das folhas infectadas, assim como nas nervuras, pecíolos e partes terminais dos ramos novos e brotações; o avanço da ferrugem mostra coloração necrótica marrom-escura; as lesões possuem formatos angulares e no interior tendem à coloração escura; a doença pode provocar a morte da árvore, e deve-se ter cuidado com o plantio em larga escala [76].

Os sintomas tardios da doença (lesões necróticas em folhas maduras) ocorrem tanto em condições de viveiro quanto em condições de arborização urbana [76]. Temperaturas moderadas e alta umidade relativa favorecem a proliferação do fungo [58].

6.14. Principais doenças e pragas da munguba (*Pachira aquatica*)

Esta espécie pertence à família botânica Malvaceae. As árvores podem chegar a 20 metros de altura, gostam de ambientes com altas temperaturas e chuvas [77] e habitam naturalmente áreas de várzeas amazônicas [37]. Na arborização urbana é utilizada por apresentar rápido crescimento e boa qualidade de copa [78], contudo, por possuir frutos relativamente grandes, podem ser problema para usuários dos espaços urbanos [79].

6.14.1. Pragas da monguba

Besouros: *Phelypera griseofasciata* (Coleoptera: Curculionidae), *Euchroma gigantea* Linnaeus, 1758 (Coleoptera: Buprestidae), *Steirastoma breve* Sulzer, 1776 (Coleoptera: Cerambycidae)

No Brasil, o besouro *Phelypera griseofasciata* pode ocasionar a desfolha de indivíduos de munguba na arborização urbana, sendo que não há inseticidas registrados para fins de controle deste inseto no país, tendo-se a vespinha *Jaliscoa nudipennis* como um potencial agente de controle biológico [80].

O besouro *Euchroma gigantea* pode atacar severamente árvores de munguba, ainda sem inimigos naturais registrados na literatura científica para o controle destes insetos [78]. O besouro manhoso (*Steirastoma breve*) também foi registrado em plantas de munguba, sendo recomendado o controle mecânico, que consiste da remoção das larvas e galhos infestados, com posterior destruição deste material [40]. Na América Central e do Sul, incluindo a Amazônia, as espécies de besouro *Dryoctenes scrupulosus* e *Steirastoma melanogenys* foram citadas como infestantes de munguba [81].

Ácaros: *Tetranychus neocaledonicus* Andre, 1939 (Trombidiformes: Tetranychidae)

Algumas espécies de ácaros são relatadas como insetos-praga em munguba, como *Tetranychus neocaledonicus*, que ataca as folhas e ocasiona a desfolha da planta, que perde seu vigor e tem atraso

em seu desenvolvimento [42]; *Eutetranychus banksi* é um ácaro que também infesta as folhas, mas a umidade relativa alta e a chuva podem limitar o seu desenvolvimento.

6.14.2. Doenças da monguba

Foram encontrados relatos de fungos associados à monguba em outros países. Na Flórida, *Phytophthora palmivora* foi descrito como patógeno, afetando folhas jovens e maduras e ocasionando mancha marrom escura a pretas, sendo que a alta incidência e severidade podem se agravar em regiões tropicais [82]. Para o controle desse patógeno, dentre as medidas que podem ser utilizadas, recomendam-se: remoção e posterior queima das plantas atacadas; tratar o solo pelo calor ou fumigado pode ser também uma medida adequada.

6.15. Principais doenças e pragas da castanhola (*Terminalia catappa*)

A castanhola é uma espécie da família Combretaceae utilizada na arborização urbana, pois suas folhas longas e largas proporcionam um ótimo sombreamento. Não foram encontrados relatos de doenças para esta espécie.

6.15.1. Pragas da castanhola

Branca-de-neve: *Thagana tibialis* Walker, 1855 (Lepidoptera: Erebidæ)

Essa espécie é considerada a principal praga da castanhola no Brasil, pois consome de forma severa as suas folhas, especialmente as mais velhas [83]. Entretanto, não foram encontrados registros desse inseto em castanhola nos estados da região Norte.

As larvas de *Thagana tibialis* são branco-azuladas, com listras laranja e detalhes pretos que se estendem por todo o corpo e uma cabeça amarela. O estágio pré-pupal inicia quando as lagartas deixam de se mover e dobram o corpo. Elas confeccionam um casulo simples com folhas dobradas ou partes da planta hospedeira. Na fase de pupas apresentam cor branco-esverdeada, parcialmente transparentes e possuem detalhes pretos e poucas cerdas brancas. Podem chegar a 4 cm de comprimento nos últimos estádios. O padrão de variação de cor nos machos é diferente conforme a região de ocorrência.

As lagartas se alimentam das folhas e brotos da castanhola e deixam as nervuras primárias e secundárias íntegras. Há registro de árvores praticamente todas desfolhadas, fato que evidencia o grau de risco dessa praga. Os pelos larvais e escamas adultas podem provocar alergias em humanos.

Moscas-das-frutas: *Anastrepha obliqua* Macquart, 1835 e *Anastrepha turpiniae* Stone, 1942 (Diptera: Tephritidae)

O ciclo de vida das moscas-das-frutas ocorre na vegetação (fase adulta), no fruto (fase de ovo e larva) e no solo (fase pupal), sendo a duração de cada fase influenciada pela temperatura do ar, pelo tipo de hospedeiro e pode variar conforme a espécie da mosca. As fêmeas adultas perfuram o fruto para depositar seus ovos e as larvas se alimentam deles, causando apodrecimento interno [84]. Na região Norte tem-se o registro dessas duas espécies em castanhas [56].

No Amapá, os parasitoides com maior potencial para atuar na regulação populacional dessas moscas são as espécies *Doryctobracon areolatus* e *Opius bellus* [85]. Frutos maduros das árvores ou caídos no chão também devem ser removidos como medida de controle.

Bicho-cesto: *Oiketicus kirbyi* Guilding, 1827 (Lepidoptera: Psychidae)

A castanhola é considerada hospedeira desse inseto desfolhador, mas seus efeitos são relatados principalmente em espécies cultiváveis. O ciclo de vida completo dessa praga é longo (8 meses a 1 ano), com maior longevidade (até 7 meses) nas formas jovens (ovo até a fase pupal) [86]. As lagartas constroem cestos com resíduos vegetais (folhas e raquis) e secreções salivares, por isso o nome popular dessa praga, e quando eclodem, saem do cesto e migram para outras folhas com o auxílio do vento, onde iniciam novamente o processo de colonização. Não foram encontrados, até o momento, relatos da ocorrência e estudos descritivos dessa espécie em castanholas na região Norte.

6.16. Principais doenças e pragas da sibipiruna (*Cenostigma pluviosum*)

Essa espécie arbórea, pertencente à família Fabaceae, é nativa do Brasil e amplamente utilizada na arborização urbana do país. Na região Norte ocorre nos estados do Acre, Amapá, Amazonas, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins.

6.16.1. Pragas da sibipiruna

Mosca-branca: *Bemisia tabaci* Gennadius, 1889 (Hemiptera: Aleyrodidae)

Essa espécie de inseto sugador é de origem indiana e ocorre em todos os estados brasileiros. Os relatos dessa praga na sibipiruna são recentes, porém ela provoca danos em muitas espécies vegetais, especialmente as agrícolas. No Brasil, há o registro da ocorrência dessa praga em sibipirunas de fragmentos florestais da Mata Atlântica [87].

Psilídeo: *Isogonoceraia divergipennis* White & Hodkinson, 1980 (Hemiptera: Psyllidae)

O psilídeo é uma espécie de inseto de pequeno porte, variando de 1 mm a 10 mm de comprimento, caracterizado como saltador e sugador, que elimina substância açucarada na planta hospedeira; árvores de sibipiruna infestadas por essa praga no Mato Grosso apresentaram deformações nas folhas e excremento pegajoso em forma de gotícula transparente [88]. Não foram encontrados registros desse inseto na região Norte.

Serrador: *Oncideres dejeanii* Thomson, 1868 (Coleoptera: Cerambycidae)

A sibipiruna é relatada como hospedeira dessa praga. Essa espécie de besouro serrador apresenta coloração parda em sua fase adulta, com pontos brancos em toda a área das asas anteriores (élitros) e medem cerca de 3 cm de comprimento. Na região Norte ocorre nos estados do Pará e Amazonas. Essa praga corta os ramos das árvores e pode comprometer o desenvolvimento natural da planta. Para o controle, recomenda-se realizar inspeções periódicas no plantio e coletar os ramos caídos no chão e eliminá-los através da queima; seu inimigo natural é a pequena vespinha parasitoide da espécie *Cenocoelius necator*.

6.16.2. Doenças da sibipiruna

Cancro-de-tronco

Essa doença ocorre em árvores de todas as idades, sendo mais aparente em plantas adultas. A doença começa com a entrada de fungos por alguma lesão gerada por poda, animais ou pessoas [89]. Na região Norte não foram encontrados relatos dessa doença em sibipirunas.

Em outras regiões do Brasil, árvores de sibipirunas apresentaram formação de lesões necróticas (cancro), deprimidas e mais frequente no fuste, como sintomas dessa doença; árvores situadas em áreas com alto nível de poluição e/ou livre de permeabilização e/ou sujeita a ação das pessoas (fixação de cartazes, escrita com objetos perfurocortantes, etc.) são mais vulneráveis à doença [89].

Podridão-por-armillaria: *Armillaria* spp. (Agaricales: Physalacriaceae)

É uma doença causada por espécies de fungos do gênero *Armillaria*, que sobrevivem em troncos, tocos e raízes em decomposição [14]. A sibipiruna é considerada hospedeiro do fungo *Armillaria mellea*, porém não há relatos de armilariose em árvores dessa espécie na região Norte.

Em outra espécie vegetal, esse fungo causou a redução do crescimento, amarelecimento e queda das folhas. As medidas de controle recomendadas são: corte raso de indivíduos com comprometimento alto e retirada de resíduos (galhos, raízes e tocos) de indivíduos contaminados [14].

6.17. Principais doenças e pragas do pau-pretinho (*Cenostigma tocantinum*)

A espécie arbórea pau-pretinho é nativa da Amazônia e pertence à família Fabaceae. É utilizada na arborização urbana, pois apresenta sombreamento eficiente, rápido crescimento, tronco reto, sistema radicular pouco agressivo, baixa queda de folhas e alta resistência ao ataque de pragas e patógenos [90]. Não foram encontrados relatos e descrição de insetos-pragas para esta espécie.

6.17.1. Doenças do pau-pretinho

Manchas foliares: *Colletotrichum siamense* Prihast, L.Cai & K.D.Hyde, 2009 (Glomerellales: Glomerellaceae) e *Diaporthe arecae* (H.C.Srivast, Zakia & Govindar) R.R.Gomes, Glienke & Crous, 2013 (Diaporthales: Diaporthaceae)

Pelos menos dois fungos foram relatados ocasionando manchas foliares em pau-pretinho: o fungo *Colletotrichum siamense* ocasiona pequenas manchas necróticas marrons, irregulares, rodeadas por áreas cloróticas (verde pálido ou amarelado), ocorrente em toda superfície da folha, caracterizando típicas lesões de antracnose, cujo avanço da doença pode acarretar desfolha na planta [91]. O fungo *Diaporthe arecae* afeta as folhas a partir do surgimento de áreas necróticas nas extremidades com cor marrom-clara no centro e marrom-escura nas bordas [92]. Muitas espécies

desse gênero são consideradas patogênicas e causam doenças em diversas plantas hospedeiras, ocasionando apodrecimento de raízes e frutos, manchas foliares e cancrios [93].

6.18. Pragas comuns às espécies arbóreas na arborização urbana

Cupins: Ordem Blattodea, infraordem Isoptera

Muitas árvores urbanas infestadas por cupins subterrâneos mantêm aparência saudável, mesmo quando apresentam os típicos caminhamentos da infestação visíveis em troncos, galhos, sob a casca ou em rachaduras. No entanto, mesmo a aparência externa pode esconder uma estrutura interna já gravemente comprometida, tornando a árvore frágil e sujeita a tombamento iminente. Assim, os sinais externos, como túneis e danos superficiais, não refletem a real extensão da infestação, que só se revela plenamente após inspeção interna do lenho [94].

Os cupins são relatados em inúmeras espécies utilizadas na arborização urbana, como por exemplo, em castanhola (Figura 7ab), cajueiro (Figuras 7bc), mangueira (Figura 7ef), ipê (Figura 7g) e sibipiruna. Nesta última, embora as árvores apresentem grande importância, não é recomendado seu uso futuro, pois apresenta suscetibilidade ao ataque de cupins, o que compromete a performance desta espécie na arborização local [95].

O controle de cupins em áreas de paisagismo urbano está intimamente relacionado com o conhecimento e a análise criteriosa de cada caso, em que a aplicação de medidas preventivas que visam a evitar o ataque ou danos dos cupins, envolve custos que nem sempre são bem aceitos pela sociedade. Além disso, o tratamento em árvores urbanas deve ser realizado por técnicos especializados, com experiência na identificação das espécies e conhecimento em biologia e comportamento; assim, o uso dos inseticidas domissanitários deve ser criterioso, respeitando as normas de segurança para que não haja contaminação ambiental e intoxicação de pessoas e animais, bem como a morte de árvores em razão da toxicidade do produto utilizado [94].

Figura 6.7 – Ocorrência de cupins: a e b) castanhola; c e d) cajueiro; e e f) mangueira e g) ipê-amarelo.



Fonte: Autores.

6.19. Considerações finais

A arborização urbana contribui com condições socioambientais, minimizando as amplitudes térmicas por meio do microclima proporcionado pelo sombreamento das árvores; atenuando a poluição sonora e atmosférica; servindo de abrigo para a fauna e proporcionando, ainda, condições de bem-estar às pessoas.

Para que as plantas no ambiente urbano possam cumprir seu papel, o planejamento da arborização não deve ser elaborado de forma aleatória, devendo-se ter atenção especial à seleção dos indivíduos, observando a procedência das espécies e mudas, e a suscetibilidade ao ataque de doenças e pragas. Neste capítulo, foram apresentadas doenças e pragas de 12 espécies vegetais utilizadas na arborização urbana de cidades da região norte do Brasil, sendo duas palmeiras e 10 arbóreas. Levantaram-se mais de 35 agentes causais de doenças, sendo fungos do gênero *Colletotrichum* responsáveis por doenças em mais da metade das espécies estudadas. Mais de 50 insetos-praga podem preda plantas das espécies estudadas. Dentre as pragas, os besouros, formigas, cupins, ácaros, cochonilhas e mariposas foram as mais comuns nas espécies estudadas e, dentre as doenças, destacaram-se as manchas foliares, antracnose e fusariose.

Em relação às medidas de controle, é importante ressaltar que profissionais qualificados devem ser procurados para recomendações específicas a cada espécie. O uso de produtos químicos em ambientes urbanos não é regulamentado, e por isso devem ser evitados. Dessa forma, outras medidas de controle e prevenção devem ser valorizadas para o sucesso da arborização urbana. A saúde de uma árvore depende: da escolha e sanidade do material reprodutivo; condições adequadas de viveiro para produção de mudas sadias; qualidade do substrato e da água; sombreamento; podas adequadas das mudas; transporte dos vegetais; preparo das covas; manutenção adequado das plantas. Além disso, com o passar do tempo, os vegetais precisam ser monitorados quanto à necessidade de podas, adubação, controles fitossanitários, e, em alguns casos, supressão/substituição.

Este capítulo não teve a pretensão de estudar todas as espécies vegetais utilizadas na arborização das cidades da região do Norte do Brasil, tampouco visou apresentar todas as doenças e pragas que prejudicam os vegetais presentes na arborização urbana. Existem ainda poucos estudos a respeito de doenças e pragas em plantas utilizadas nesses ambientes, apontando a necessidade de futuras pesquisas, levando-se em conta a importância das plantas no meio urbano.

6.20. Referências

- [1] Bettiol W, Morandi MAB. Manejo de doenças. In: Henz GP, Alcântara FA, Resende FV, eds. Produção orgânica de hortaliças: o produtor pergunta, a Embrapa responde. Brasília (DF): Embrapa Informação Tecnológica; 2007.
- [2] Oliveira FG, Jardim MAG. Substratos na produção de mudas de espécies arbóreas nativas para arborização urbana. Rev Soc Bras Arbor Urb. 2013;8(3):29-38.
- [3] Vieira TA, Panagopoulos T. Urban forestry in Brazilian Amazonia. Sustainability. 2020;12:3235. doi:10.3390/su12083235.
- [4] World Flora Online (WFO) [Internet]. 2025. Disponível em: <http://www.worldfloraonline.org>
- [5] Mesquita ALM, Pini NSD, Sobrinho RB. Sistema de produção do caju – pragas do cajueiro. 2. ed. eletrônica. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical; 2016.

- [6] Freire FCO, Cardoso JE. Controle das doenças do cajueiro. In: Zambolim L, ed. Controle de doenças de plantas – Fruteiras. Vol. 2. Viçosa (MG): UFV; 2002. p. 1205-45.
- [7] Menezes M. Doenças do cajueiro (*Anacardium occidentale* L.). In: Kimati H, et al., eds. Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas. 3. ed. São Paulo: Agronômica Ceres; 1997. v. 2. p. 201-206.
- [8] Martins MVV, Cardoso JE, Viana FMP. Sistema de produção do caju – doenças do cajueiro. 2. ed. eletrônica. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical; 2016.
- [9] Ferreira FA. Patologia florestal: principais doenças florestais no Brasil. Viçosa (MG): Sociedade de Investigações Florestais; 1989.
- [10] Wielewski P, Auer CG, Grigoletti Junior A. Levantamento de doenças em ipê-amarelo (*Tabebuia chrysotricha*) em Curitiba, PR. Floresta. 2002;32(2):277-81.
- [11] Brun FGK, et al. Comportamento fenológico e efeito da poda em algumas espécies empregadas na arborização do bairro Camobi – Santa Maria, RS. Rev Soc Bras Arbor Urb. 2007; 2(1):44-63.
- [12] Auer CG. Doenças em ipês: identificação e controle. Colombo: Embrapa Florestas; 2001. (Documentos, 67).
- [13] Fernandes FM, et al. Ocorrência de ferrugem em *Handroanthus impetiginosus* e *Handroanthus vellosii* no estado de Mato Grosso do Sul. Rodriguésia. 2018;69(4):2245-52.
- [14] Brun FGK, Muniz MB. Doenças em árvores e plantas ornamentais urbanas. Santa Maria (RS): Universidade Federal de Santa Maria; 2006.
- [15] Tabosa SAS, Albuquerque FC. Mancha escura das folhas, nova enfermidade do ipê (*Tecoma serratifolia*) no Estado do Pará. Fitopatol Bras. 1977;2(1):104-5.
- [16] Benchimol RL, Trindade DR. Doenças da mangueira. In: Duarte MLR, ed. Doenças de plantas no trópico úmido brasileiro: II fruteiras nativas e exóticas. Brasília (DF): Embrapa Informação Tecnológica; 2003. p. 177-89.
- [17] Schroder T. Análise de fatores influentes sobre o crescimento de ipê-roxo (*Handroanthus heptaphyllus* (Vell.) Mattos): um estudo de caso [tese]. Santa Maria (RS): Universidade Federal de Santa Maria; 2017.
- [18] Poltronieri LS, et al. Constatação de doenças foliares do ipê-amarelo no estado do Pará. Belém: Embrapa; 2001. (Comunicado Técnico, 53).
- [19] Castro HS, Dias TCAC. Percepção ambiental e arborização urbana em Macapá, Amapá. Biota Amazônia. 2013;3(3):34-44.
- [20] Pimentel EMC, Ximenes LC. Levantamento quali-quantitativo da arborização urbana na Avenida Marechal Rondon, Santarém-PA. Gaia Sci. 2020;14(2):112-26.
- [21] Barbosa FR. Manejo integrado de pragas da mangueira. In: I Simpósio de Manga do Vale do São Francisco: palestras. Petrolina: Embrapa Semiárido; 2005. (Documentos, 189).
- [22] Nascimento AS, et al. Pragas e seu controle. In: Genú PJC, Pinto ACQ, eds. A cultura da mangueira. Brasília (DF): Embrapa Informação Tecnológica; 2002. cap. 14, p. 277-97.
- [23] Barbosa FR, et al. Pragas. In: Goiaba: fitossanidade. Brasília (DF): Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia; 2001. p. 29-58. (Frutas do Brasil, 18).
- [24] Peña JE. Integrated pest management and monitoring techniques for mango pests. Acta Hortic. 2004;645:51-61. (Proceedings of the VII International Mango Symposium).
- [25] Oliveira MD, et al. Espécies de *Frankliniella* (Thysanoptera, Thripidae): novos registros em mangueira (*Mangifera indica*) no Brasil. Ciênc Rural. 2011;41(10):1709-11.

- [26] Gallo D, et al. Entomologia agrícola. 2. ed. Piracicaba (SP): FEALQ; 2002.
- [27] Zambolim L, Junqueira NTV. Manejo integrado de doenças da mangueira. In: Rozane DE, et al., eds. Manga: produção integrada, industrialização e comercialização. Viçosa (MG): UFV; 2004.
- [28] Batista DC, et al. Doenças da mangueira. Informe Agropecuário. 2016;37(290):82-91.
- [29] Junqueira NTV, et al. Controle das doenças da mangueira. In: Zambolim L, ed. Controle de doenças de plantas – Fruteiras. Vol. 1. Viçosa (MG): UFV; 2002. p. 323-85.
- [30] Oliveira AR, et al. O cultivo da mangueira. Sistemas de Produção. 2. ed. eletrônica. 2010 ago.
- [31] Fonseca N, Ritzinger R, Cordeiro ZJM. Produção de mudas de mangueira em sistema orgânico de produção. Cruz das Almas (BA): Embrapa; 2020. (Circular Técnica, 129).
- [32] Batista DC, et al. Importância, sintomatologia, epidemiologia e manejo da podridão-peduncular e morte descendente na cultura da mangueira. Petrolina (PE): Embrapa; 2017. (Circular Técnica, 118).
- [33] Terao D, Batista DC, Ribeiro IJA. Doenças da mangueira (*Mangifera indica* L.). In: Kimati H, et al., eds. Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas. 5. ed. São Paulo: Agrônômica Ceres; 2016. v. 2, cap. 54, p. 523-33.
- [34] Lopes EB, et al. Etiologia e inseto vetor da morte-descendente-da-mangueira (*Mangifera indica*) no Estado da Paraíba. Tecnol Ciên Agropec. 2009;3(1):37-40.
- [35] Matos AP, Santos Filho HP. Manejo de doenças. In: Sistema orgânico de produção de manga para a região da Chapada Diamantina, Bahia. Cruz das Almas (BA): Embrapa Mandioca e Fruticultura; 2020. (Sistemas de Produção, 49). p. 61-9.
- [36] Khanzada MA, Rajput AQR, Shahzad S. Effect of medium, temperature, light and inorganic fertilizers on in vitro growth and sporulation of *Lasiodiplodia theobromae* isolated from mango. Pak J Bot. 2006;38(3):885-8.
- [37] Porto LPM, Brasil HMS. Manual de orientação técnica da arborização urbana de Belém: guia para planejamento, implantação e manutenção da arborização em logradouros públicos. Belém: UFRA; 2013.
- [38] Gibbs P, Semir J. A taxonomic revision of the genus *Ceiba* Mill. (Bombacaceae). An Jardín Bot Madrid. 2003;60(2):259-300.
- [39] Calegari L, et al. Eficiência de extrato tânico combinado ou não com ácido bórico na proteção da madeira de *Ceiba pentandra* contra cupim xilófago. Floresta. 2014;44(1):43-52. doi:10.5380/rf.v44i1.28798.
- [40] Defesa Vegetal. *Steirastoma breve* [Internet]. 2020a [acesso 18 nov. 2020]. Disponível em: <http://54.94.188.1/listapragas/praga.php?id=3725>
- [41] Defesa Vegetal. *Stenomoma decora* [Internet]. 2020b [acesso 18 nov. 2020]. Disponível em: <http://54.94.188.1/listapragas/praga.php?id=3726>
- [42] Defesa Vegetal. *Tetranychus neocaledonicus* [Internet]. 2020c [acesso 18 nov. 2020]. Disponível em: <http://54.94.188.1/listapragas/praga.php?id=2831>. Também: Defesa Vegetal. *Phytophthora palmivora* [Internet]. 2020d [acesso 18 nov. 2020]. Disponível em: <http://54.94.188.1/listapragas/praga.php?id=2685>
- [43] Felipe SHS, et al. Levantamento de fitopatógenos potenciais em sementes de três espécies florestais selecionadas para reflorestamento na Amazônia Oriental. In: Seminário de Iniciação Científica da Embrapa; 2010; Belém, PA. Anais. Belém (PA): Embrapa Amazônia Oriental; 2010.

- [44] Palmeira TS. Antagonismo *in vitro* de isolados bacterianos do solo contra patógenos de espécies florestais [trabalho de conclusão de curso]. Belém (PA): Universidade Federal Rural da Amazônia; 2016.
- [45] Gasparotto L, Vêras SM. Hospedeiros de *Sclerotium coffeicola* no Estado do Amazonas. Fitopatol Bras. 1999;24(1):93.
- [46] Mendes MAS, Silva VL, Dianese JC. Fungos em plantas do Brasil. Brasília (DF): EMBRAPA-SPI; 1998. 569 p.
- [47] Oliveira M, et al. Cultivo do açaizeiro para produção de frutos. Belém (PA): Embrapa Amazônia Oriental; 2002. (Circular Técnica).
- [48] Vieira AH, et al. Cultivo do açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) no noroeste do Brasil. Porto Velho (RO): Embrapa Rondônia; 2018.
- [49] Müller AA, Silva AB, Souza LA. Controle do *Rhynchophorus palmarum* em plantações de palmeiras com uso de armadilhas e iscas atrativas [Internet]. Belém (PA): Embrapa Amazônia Oriental; 1999 [acesso 12 nov. 2020]. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/334758742.pdf>
- [50] Lunz AM, et al. *Cerataphis brasiliensis* (Hempel) (Hemiptera: Aphididae) em quatro espécies de palmáceas na Amazônia: ocorrência e considerações taxonômicas. Acta Amaz. 2011;41(4):593-6.
- [51] Souza LA. Insetos-praga em acessos de açaizeiro em viveiro [Internet]. Belém (PA): Embrapa Amazônia Oriental; 2002 [acesso 20 out. 2020]. (Comunicado Técnico, INFOTECA-E). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/404866/1/com.tec.75.pdf>
- [52] Nogueira OL, Figueirêdo FJC, Müller AA. Sistema de produção: Açaí. 2. ed. Belém (PA): Embrapa Amazônia Oriental (INFOTECA-E); 2005.
- [53] Ferreira JMS, Teodoro AV, Negrisoni Junior AS, Guzzo EC. Aspectos biológicos e manejo da cochonilha-transparente *Aspidiotus destructor* e do pulgão-preto *Cerataphis lataniae* em coqueiro. Aracaju (SE): Embrapa Tabuleiros Costeiros; 2015. (Comunicado Técnico, 177).
- [54] Cavalcante PB. Frutas comestíveis da Amazônia. 6. ed. Belém (PA): Museu Paraense Emílio Goeldi; 1996. (Coleção Adolpho Ducke). p. 174-6.
- [55] Aquino NC. Extração e identificação de compostos voláteis atraentes para fêmeas de *Anastrepha obliqua* (Diptera: Tephritidae) [tese]. Maceió (AL): Universidade Federal de Alagoas, Instituto de Química e Biotecnologia; 2019.
- [56] Zucchi RA, Silva RA, Deus EG. Espécies de *Anastrepha* e seus hospedeiros na Amazônia brasileira. In: Silva RA, Lemos WP, Zucchi RA, eds. Moscas-das-frutas na Amazônia brasileira: diversidade, hospedeiros e inimigos naturais. Macapá (AP): Embrapa Amapá; 2011. p. 51-70.
- [57] Monteiro LB, Hickel E. Pragas de importância econômica em fruteiras de caroço. In: Monteiro LB, et al., eds. Fruteiras de caroço: uma visão ecológica. Curitiba (PR): UFPR; 2004. p. 223-64.
- [58] Agrofit. Sistema de agrotóxicos fitossanitários [Internet]. Brasília (DF): Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento; 2003 [acesso 7 dez. 2020]. Disponível em: http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons
- [59] Lemos WP, Celestino Filho P. Insetos-praga da pimenteira-do-reino no estado do Pará. In: Workshop da Pimenta do Reino do Estado do Pará; 2009; Belém, PA. Anais... Belém (PA): Embrapa Amazônia Oriental; 2009 [acesso 23 out. 2020]. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/660446/1/InsetosPraga.pdf>

- [60] Yamamoto PT, Nava DE, Paiva PEB, Parra JRP. Manejo de pragas. In: Salomão LC, Siqueira DL, Borém A, orgs. Abacate: do plantio à colheita. Viçosa (MG): Editora UFV; 2019. v. 1. p. 115-32.
- [61] Moreira MD, et al. Uso de inseticidas botânicos no controle de pragas. In: Controle alternativo de pragas e doenças. Viçosa (MG): EPAMIG/CTZM; 2006. p. 89-120.
- [62] Da Ponte JJ. Cartilha da manipueira: uso do composto como insumo agrícola. Fortaleza (CE): Banco do Nordeste; 2006.
- [63] Junqueira NTV, Andrade LRM, Pereira M, Lima MM, Chaves RC. Doenças da goiabeira no cerrado. Planaltina (DF): Embrapa Cerrados; 2001. (Circular Técnica).
- [64] Lira VL, et al. Hiperparasitismo de *Fusarium* spp. em *Austropuccinia psidii* em jambo-do-Pará. Summa Phytopathol. 2019;45(2):204-6.
- [65] Duarte MLR, Albuquerque FC. Doenças da pimenta-do-reino. In: Kimati H, et al., eds. Manual de fitopatologia. 4. ed. São Paulo: Agronômica Ceres; 2005. v. 2.
- [66] Araújo JS, Silva ÂMS. A palmeira imperial: da introdução no Brasil-Colônia às doenças e pragas no século XXI. Ci Cult. 2010;62(1):26-8.
- [67] Lorenzi H, Mello Filho LE. As plantas tropicais de R. Burle Marx. Nova Odessa (SP): Instituto Plantarum de Estudos da Flora; 2001.
- [68] Brscan IM. Manejo integrado de pragas: fique atento ao ácaro-vermelho-das-palmeiras [Internet]. Aracaju (SE): Embrapa Tabuleiros Costeiros; 2015 [acesso 17 nov. 2020]. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/8356528/fique-atento-ao-acaro-vermelho-das-palmeiras>
- [69] Sologuren FJ, Juliatti FC. Doenças fúngicas em plantas ornamentais em Uberlândia-MG. Biosci J. 2007;23(2):42-52.
- [70] Lorenzi H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa (SP): Instituto Plantarum de Estudos da Flora; 1992.
- [71] Andrade EHA, Zoghbi MGB, Maia JGS. Constituintes voláteis dos frutos de *Licania tomentosa* Benth. Acta Amaz. 1998;28(1):55-8.
- [72] Braga R. Plantas do Nordeste, especialmente do Ceará. Fortaleza: Fundação Guimarães Duque; 2001.
- [73] Campos-Farinha AEC, Bueno OC. Formigas urbanas: comportamento e controle. Inst Biológico. 2004;66(1/2):47-8.
- [74] Zorzenon FJ, et al. Principais pragas da arborização urbana II: formigas carpinteiras [Internet]. 2011 [acesso 7 dez. 2020]. Disponível em: <http://repositoriobiologico.com.br/jspui/handle/123456789/305>
- [75] Ferrari JT, Domingues RJ, Tofoli JG, Nogueira EMC. Antracnose associada às fruteiras [Internet]. São Paulo: Instituto Biológico; 2011 [acesso 4 dez. 2020]. Disponível em: http://www.infobibos.com/Artigos/2011_4/antracnose/index.htm
- [76] Ferreira FA, Gasparotto L, Lima MIPM. Uma ferrugem causada por *Phakopsora tomentosae* sp. nov. em oiti, em Manaus. Fitopatol Bras. 2001;26(2):206-8.
- [77] Rios MNS, Pastore Jr F. Plantas da Amazônia: 450 espécies de uso geral. Brasília: Universidade de Brasília; 2011.
- [78] Fonseca APP. Aspectos bioecológicos de *Euchroma gigantea* (Linnaeus, 1758) (Coleoptera: Buprestidae) em *Pachira aquatica* Aubl., 1775 (Bombacaceae) [dissertação]. Rio Largo (AL): Universidade Federal de Alagoas; 2010.

- [79] Silva RN. Caracterização e análise quali-quantitativa da arborização em praças da área central da cidade de Arapiraca, AL. RevSBAU. 2012;7(2):102-15.
- [80] Souza TS, et al. Occurrence of *Phelipera griseofasciata* and its parasitism in munguba in Sero-pédica, Rio de Janeiro. Arq Inst Biol. 2020;87:e1122018. doi:10.1590/1808-1657001122018
- [81] Monné MA, Chaboo CS. Beetles (Coleoptera) of Peru: a survey of the families Cerambycidae, Disteniidae, Vesperidae. J Kans Entomol Soc. 2015;88(1):34-120. doi:10.2317/JKES1410.13.1
- [82] Palmateer AJ, et al. First report of *Phytophthora palmivora* causing foliar blight of *Pachira aquatica* in Florida. Plant Dis. 2012;96(9):1375. doi:10.1094/PDIS-02-12-0215-PDN
- [83] Tavares WS, et al. Defoliation of *Terminalia catappa* by larvae of *Thagana tibialis* (Lepidoptera: Erebiidae) in Viçosa, Brazil. J Agric Urban Entomol. 2013;30:1-11.
- [84] Souza Filho MF, Raga A. Mosca-das-frutas em fruticultura. In: Reunião Itinerante de Fitosanidade do Instituto Biológico; 2001; Ribeirão Preto, SP. Anais... Ribeirão Preto: Instituto Biológico; 2001 [acesso 18 nov. 2020]. Disponível em: <http://biologico.agricultura.sp.gov.br/uploads/files/rifib/IIIRifib/43-49.pdf>
- [85] Silva RA. Conhecimento sobre moscas-das-frutas no Estado do Amapá. In: Silva RA, Lemos WP, Zucchi RA, eds. Moscas-das-frutas na Amazônia brasileira: diversidade, hospedeiros e inimigos naturais. Macapá (AP): Embrapa Amapá; 2011. p. 223-36.
- [86] Oliveira TA, et al. Lepidópteros desfolhadores de palma-de-óleo no estado do Pará [Internet]. Belém (PA): Embrapa Amazônia Oriental; 2018 [acesso 18 nov. 2020]. (Comunicado Técnico). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1092790>
- [87] Trindade TD, Trevisan H, Carvalho AG. Incidence of *Bemisia tabaci* Gennadius (Aleyrodidae, Aleyrodinae) in four Atlantic Forest fragments. Arq Inst Biol. 2019;86:1-7.
- [88] Mazzardo T, et al. Registro de *Isogonoceraia divergipennis* White & Hodkinson associado a *Poincianella pluviosa* (Fabaceae) em Mato Grosso, Brasil. Arq Inst Biol. 2016;83:1-3.
- [89] Angelis BLD, Castro RM, Angelis Neto G. Ocorrência do cancro de tronco em árvores de acompanhamento viário na cidade de Maringá, Paraná. RevSBAU. 2007;2:31-45.
- [90] Garcia LC, Moraes RP, Sousa SGA. Tolerância à secagem em sementes de pau-pretinho. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental; 2009 [acesso 18 nov. 2020]. (Comunicado Técnico, 73). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/63840/1/ComTec-73-2009.pdf>
- [91] Ferreira AFT, et al. *Cenostigma tocantinum*, a new host of *Colletotrichum siamense*. For Pathol. 2020; 50:1-6.
- [92] Silva BNS, et al. Occurrence of noni anthracnose caused by *Colletotrichum siamense* in Amazonas, Brazil. Rev Agrar Acad. 2019;2:7-9.
- [93] Gomes RR. Filogenia e taxonomia do gênero *Diaporthe* e a sua aplicação no controle biológico da mancha preta dos citros [tese]. Curitiba (PR): Universidade Federal do Paraná; 2012.
- [94] Zorzenon FJ. Principais pragas das palmeiras. In: Alexandre MAV, Duarte LML, Campos-Farinha AEC, orgs. Plantas ornamentais: doenças e pragas. São Paulo: Instituto Biológico; 2008. p. 207-47.
- [95] Zamproni K, et al. Características fitossociológicas da arborização viária de Bonito-MS. RevSBAU. 2019;14(4):13-25.

Capítulo 7

AVALIAÇÃO DE RISCO DE QUEDA E MANEJO EM ÁRVORES ADULTAS

Por Sérgio Brazolin e Tania Cristina Castroviejo

7.1. Destaques deste capítulo

1. A queda de galhos ou árvores inteiras pode resultar de fatores internos como resistência da madeira e formato da copa ou de fatores externos como ventos, enchentes e tempestades agravados pelas mudanças climáticas;
2. Árvores sofrem esforços mecânicos como tração, compressão, flexão, torção e cisalhamento que estimulam o reforço estrutural por tigmomorfogênese;
3. A biodeterioração ocorre quando fungos e cupins consomem os tecidos da árvore comprometendo sua resistência estrutural;
4. A análise de risco deve considerar raízes, tronco e copa observando indicadores como cavidades, rachaduras, barreiras radiculares e podas inadequadas;
5. A análise de risco orienta decisões de manejo para prevenir acidentes e utiliza práticas como podas de limpeza, readequação de canteiros e monitoramento contínuo.

7.2. Introdução

Apesar da importância que as árvores desempenham na maximização dos serviços ecossistêmicos, como conforto térmico, retenção de poluentes (particulados e microrganismos), promoção da biodiversidade de fauna, controle de erosões e inundações e proteção de mananciais, na condição urbana, principalmente tratando-se do “verde viário”, a sua queda ou apenas de parte de sua estrutura exige da municipalidade a atenção necessária para se evitar acidentes, danos ao patrimônio, interrupção dos serviços de utilidades, como a distribuição de energia elétrica e mobilidade dos cidadãos.

Os relatórios dos painéis internacionais sobre mudanças climáticas [1] apontam para a América do Sul um aumento de intensidade e frequência de tempestades, como ciclones extratropicais, particularmente na costa do nordeste e sul do continente. Os eventos climáticos extremos ou severos são a principal causa da queda de grande número de árvores, sendo comum o gestor público ter que instalar um gabinete de crise para lidar com o estado de emergência ou crise,

caracterizados pela interrupção a longo prazo dos serviços de energia elétrica, telecomunicações, danos às propriedades e, principalmente, à mobilidade da população.

Posta esta nova condição de crise climática, há a necessidade de compreender que os ventos atuantes e a precipitação intensa afetarão cada vez mais a floresta urbana e que no processo de envelhecimento da árvore surgirão “defeitos” que podem também estar associados à sua queda. Neste caso, cabe ao arborista ou especialista entender estes sinais para a realização de manejo preventivo, ou seja, tratamentos silviculturais de cuidados, como a poda, tratamento fitossanitário, adubação, supressão ou até mesmo o transplante. Segundo a engenharia, as árvores podem ser classificadas, pela complexidade da sua forma e arquitetura, como estruturas complexas, ou seja, com muitas incertezas que dificultam a tomada de decisão sobre o seu risco de queda de alguma parte ou da árvore toda.

Neste contexto, esta análise avança na busca de evidências objetivas de risco, ou seja, fatores extrínsecos ou intrínsecos à árvore que se associam a fraturas do tronco, galhos e raízes ou tombamento de todo o exemplar. O propósito deste capítulo é mostrar que: i). existe conhecimento técnico e científico disponíveis para a avaliação de risco de árvores, que deve se contrapor a uma análise simplista e subjetiva, muitas vezes usada sem qualquer embasamento mesmo que empírico; ii). a análise de risco de queda tem um caráter multidisciplinar, envolvendo as áreas da biologia, engenharia e urbanismo; iii). há normas técnicas para auxiliar na análise de risco e os municípios na construção de termos de referência de serviços de qualidade; iv). existem tecnologias e equipamentos disponíveis para diminuir as incertezas no diagnóstico das árvores; e v). as boas práticas de manejo devem ser adotadas de maneira a tornar uma cidade mais sustentável e resiliente.

7.3. Por que as árvores caem?

A Figura 1 sintetiza a interação de fatores intrínsecos e extrínsecos que interagem na análise de queda de uma árvore.

Dos fatores apresentados, delinea-se a gestão da floresta urbana o mais crítico quando o planejamento urbano e paisagístico não considera as árvores na maximização dos serviços ecossistêmicos necessários para cada rua, área verde, bairro ou cidade. A falta de critérios técnicos na correta implantação e manejo da arborização urbana, como tamanho de calçadas e canteiros e interferência da rede de distribuição de energia elétrica, instalações subterrâneas e caixas de inspeção, pode resultar na incompatibilidade das árvores com a infraestrutura urbana instalada e comprometimento de sua estabilidade estrutural. As árvores são também diretamente afetadas nas intervenções urbanas, como no alargamento das vias, reparo das tubulações, manutenção da fiação aérea e construção ou reforma das casas.

O desenvolvimento e a sobrevivência das árvores nas cidades são ainda afetados por outros fatores como a compactação do solo e a falta ou excesso de água, que impedem o crescimento adequado do sistema radicular. As pragas, como insetos, ácaros e roedores e as doenças por patógenos como bactérias, vírus, fungos, nematoides e protozoários [3], alteram também sua fenologia e crescimento. Entretanto, na análise de risco de queda de árvores, estes organismos e seus processos de infestação e de afetação da fisiologia e crescimento podem levar a árvore ao declínio e, em estágio final, à morte. Portanto, não é um fator de alta significância associada à sua queda, exceto quando há total e evidente biodeterioração do tecido lenhoso por fungos

apodrecedores e insetos xilófagos *post mortem*. No Brasil, se ressalta que as doenças e pragas nas árvores urbanas são pouco estudadas, faltando conhecimento e experimentação para relacionar os agentes biológicos aos sintomas e a definição do manejo mais adequado.

Figura 7.1 – Interação de fatores na análise de risco de queda de árvores.



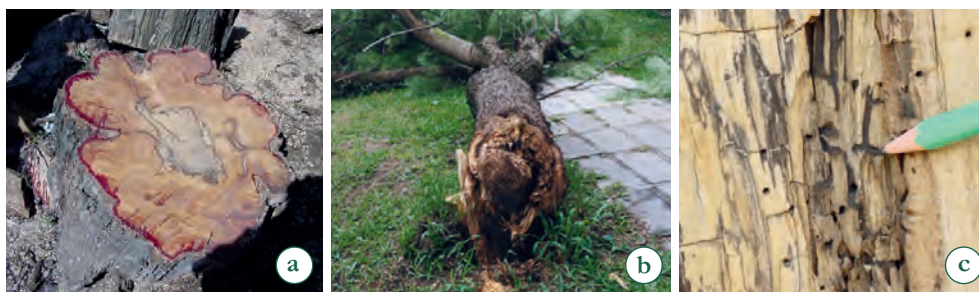
Fonte: Elaborado por Zabotto Ambiental a partir de Brazolin et al. [2].

Os organismos xilófagos (Figura 2) podem ser considerados como oportunistas e não necessariamente desencadeiam o declínio nas árvores, pois não afetam o xilema e floema fisiologicamente funcional. São eles as espécies de fungos (Figura 2a) que promovem o apodrecimento do lenho (Divisões Basidiomycota e Ascomycota), cupins (Figura 2b) ou térmitas (Ordem Blathodea) e brocas de madeira (Figura 2c) ou besouros (Ordem Coleoptera), que desgastam o tecido lenhoso,

alterando as propriedades físicas e mecânicas da madeira, diminuindo a resistência do tronco, galhos ou raízes e promovendo o surgimento de fraturas que levam à ruptura e queda.

Esses organismos xilófagos se desenvolvem normalmente na região do cerne ou transição de alburno para o cerne, sem afetar o tecido fisiologicamente ativo ou vivo da árvore (alburno), portanto, não afetam a saúde ou vitalidade da árvore (Figura 2a). A vivência mais comum aos arboristas é a observação de grandes cavidades no tronco das árvores causadas por fungos apodrecedores e cupins num processo sucessional de organismos, mas cuja copa se encontra saudável, com sua ocorrente fenologia (floração, frutificação, crescimento e repouso vegetativo) [4].

Figura 7.2 – Organismos xilófagos em árvores. a) Apodrecimento do cerne por fungos em *Tipuana tipu*. b) Ninho de cupins subterrâneos em *Jacaranda mimosifolia*. c) Galerias de broca de madeira em ferida do tronco de *Paubrasil ecbinata*.



Fonte: Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT).

Os processos de biodeterioração nas árvores estão relacionados à resistência ou durabilidade natural do lenho [5]. Esta propriedade da madeira é intrínseca à espécie de árvore e relacionada à sua anatomia, química da madeira (tipo e quantidade de celulose e lignina), presença de materiais inorgânicos como cristais de sílica, mas principalmente à presença de extrativos (fungicidas e inseticidas naturais) no processo de formação do cerne (cernificação) do tronco ou galhos. O alburno, independente da espécie, é sempre suscetível aos organismos xilófagos, se exposto numa poda ou ferida qualquer. Para exemplificar, o surgimento de uma significativa cavidade no interior de uma árvore de jatobá (*Hymenaea courbaril*) pode levar mais de 100 anos. Entretanto, grandes cavidades podem ser observadas em árvores de tipuana (*Tipuana tipu*) com sessenta ou setenta anos de idade. O fato é que toda árvore vai apresentar cavidades em seu tronco que podem fragilizar sua estrutura e diante de esforços solicitantes, como os ventos fortes, virem a romper.

7.4. Biomecânica – a árvore como uma estrutura

A biomecânica de árvores é a parte da ciência que aplica os princípios da mecânica clássica para estudar a forma, estrutura e comportamento físico e mecânico das árvores [6-9]. Aos arboristas, engenheiros florestais, biólogos e cientistas ambientais é essencial este conhecimento para entender como as árvores crescem, se mantêm estáveis e respondem às forças ambientais, como o vento, a chuva e à gravidade (peso próprio).

Como um dos fundamentos da biomecânica, as plantas demonstram uma capacidade de adaptação frente aos estímulos mecânicos que resultam em mudanças no crescimento da planta, seja através da alteração de sua forma ou da composição química das células dos tecidos para fortalecer partes com defeitos ou fragilidades mecânicas – esse processo é conhecido como tigmomorfogênese, crescimento adaptado ou auto otimização. Esse processo (Figura 3a-c) pode ser observado no espessamento de raízes para melhor ancoragem, como as raízes tabulares e escoras; reforços nas bifurcações; no espessamento de colo e tronco; protuberâncias/saliências próximos a cascas inclusas. A modificação da estrutura celular e composição química dos elementos estruturais da parede celular das células da madeira, celulose, hemicelulose e lignina, produz o chamado lenho de reação, sendo um tipo especializado de madeira que se forma em árvores como resposta a tensões mecânicas, geralmente causadas por inclinação ou curvatura excessiva do tronco ou galhos. Essas adaptações conferem à árvore e lenho propriedades mecânicas distintas que ajudam a manter sua estabilidade estrutural e a crescer de maneira reta, mesmo em terrenos inclinados ou sob a ação de ventos fortes.

Portanto, as forças externas ou esforços solicitantes, como vento, chuva, peso próprio e cargas adicionais (galhos com crescimento da hemiparasita erva de passarinho, por exemplo) influenciam na morfologia e na estrutura do lenho das árvores e, na avaliação de risco, é primordial se atentar a estes processos de recuperação ou de reforço para se garantir a resistência adequada.

Figura 7.3 – Tigmomorfogênese em árvores. a) Espessamento de raiz em *Araucaria angustifolia*. b) Raízes escora e espessamento de tronco em *Cecropia* sp. c) Reforço da bifurcação (“orelhas no tronco”) de *Libidibia ferrea*.

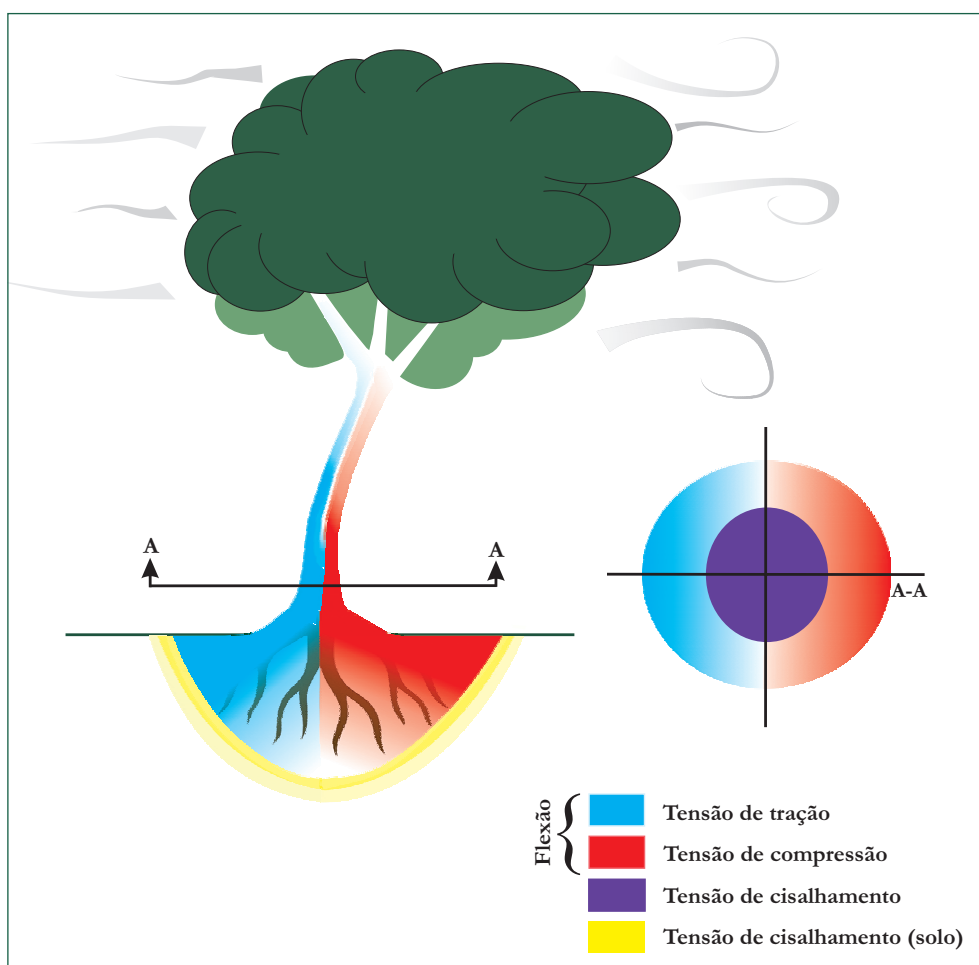


Fonte: Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT).

O vento é o principal esforço solicitante, cuja interação com a árvore suscita o surgimento de tensões aplicadas à sua estrutura (Figura 4), sendo as principais: tensões de tração (estiramento das fibras); tensões de compressão (“esmagamento” das fibras); tensão de flexão, uma combinação de tensão de tração e compressão em diferentes partes da árvore; tensões de cisalhamento ou forças cortantes, principalmente na base da árvore e na parte mais central (medula) do tronco e na interface do torrão, formado pelo sistema radicular envolto por solo, e o solo adjacente, podendo ocorrer o soerguimento de todo o sistema radicular ou seu pivotamento; e tensões de torção, quando os ventos fortes e irregulares aplicam uma rotação da copa, tronco e raízes.

Em síntese, a árvore, por meio do processo de tigmomorfogênese, se adapta à ação do vento, condição de plantio desfavorável (solo compactado ou instável, por exemplo) ou quando apresenta algum defeito estrutural, como rachaduras do lenho, cavidades internas do tronco, sistema radicular com crescimento restrito ou com apodrecimento e inclinação do tronco não característica. Entretanto, quando as tensões geradas pela ação do vento são maiores que a resistência mecânica característica do lenho da espécie, inicia-se o processo de ruptura, levando à queda da árvore ou do galho.

Figura 7.4 – Tensões nas árvores sob a ação de ventos fortes.



Fonte: Autores; Zabotto Ambiental.

Na análise de risco de queda, algumas dessas tensões são especialmente críticas para árvores sob ação de ventos fortes ou com tronco inclinado (Figura 4):

- **Flexão e cisalhamento na base:** árvores com grandes cavidades no interior do tronco, troncos e galhos com processos de biodeterioração significativos, sistema radicular comprometido por apodrecimento ou podas inadequadas são mais vulneráveis a estas forças e tensões;
- **Tração e compressão:** árvores com copas desbalanceadas, galhos pesados e de grande comprimento e árvores com inclinação do tronco excessiva promovem o aumento das tensões de tração e compressão, principalmente na base;
- **Cisalhamento no torrão (conjunto raiz e solo):** sistema radicular com apodrecimento significativo e poda de raízes de sustentação, comprometem a ancoragem e a resistência ao cisalhamento, podendo ocorrer o tombamento do exemplar; solos encharcados ou erodidos podem também diminuir a resistência ao cisalhamento e aumentar a probabilidade de tombamento.

É importante considerar na análise de risco de queda de uma árvore o acréscimo de carga devido à chuva, e a presença de plantas epífitas ou hemiparasitas, como erva de passarinho. Os fatores intrínsecos das árvores, como o seu tamanho (altura total, DAP), a densidade de folhas e os diferentes formatos das copas, os tipos de crescimento dos galhos e as propriedades físicas, mecânicas e de durabilidade natural do lenho do tronco ou galhos também devem ser levados em consideração na análise de risco da árvore - uma estrutura sujeita a forças e tensões [4,7,9].

7.5. Avaliação de risco de queda

“Toda árvore é um ser vivo, que possui defeitos e está sujeita a forças da natureza, por isto, nunca está livre de apresentar riscos de queda, podendo causar eventuais acidentes.” [10]. No Brasil, a norma NBR ABNT 16.246-3 – Florestas urbanas – Manejo de árvores, arbustos e outras plantas lenhosas. Parte 3: Avaliação de risco de árvores [10] estabelece as diretrizes para a avaliação de risco e categoriza o processo de inspeção em três níveis distintos, sendo:

Nível 1 de Inspeção: envolve a inspeção visual de uma árvore ou grupamentos próximos a alvos específicos, como estradas, ferrovias e redes de transmissão de energia elétrica para identificar condições ou defeitos evidentes, podendo ser realizada sem quaisquer ferramentas ou equipamentos especiais. Esta avaliação pode ser feita a pé ou com veículo terrestre ou aéreo, utilizando critérios técnicos ou procedimentos pré-definidos para auxiliar na tomada de decisão.

Exemplos da realização de inspeção no nível 1 podem ser (Figura 5):

- uma rodovia com a presença de talude em estado crítico devido à erosão do solo (Figura 5a), expondo as raízes das árvores, cujas quedas oferecem risco aos automóveis e pessoas; ou
- as redes de transmissão de energia elétrica, cujo crescimento de árvores em área de serviço predefinida é proibido (Figura 5b).

Nestas condições, não há a necessidade de um diagnóstico detalhado de cada árvore quanto ao seu estado fitossanitário ou presença de outros defeitos estruturais, apenas a análise visual à distância já permite caracterizar o risco e a definição de manejo, como supressão ou poda.

Figura 7.5 – Nível 1 de inspeção de árvores de risco a) Talude em processo erosivo e raízes de árvores de eucalipto expostas; b) Rede de distribuição: supressão de todas as árvores.



Fonte: Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT).

Nível 2 de Inspeção: esta avaliação consiste na observação detalhada das partes da árvore: sistema radicular, tronco e copa, restrita a uma análise visual externa 360° ao seu redor, sem que se caracterize um trabalho em altura, acima de dois metros do solo, ou seja, sem a necessidade de atendimento à norma regulamentadora NR 35 – Trabalho em Altura [11], quanto aos equipamentos de proteção individual (EPIs) e processos de treinamento e qualificação legalmente especificados. Neste Nível, ferramentas simples são utilizadas, como trenas florestais, clinômetros, hipsômetros, binóculos, sovelas, materiais de coleta de insetos e de corpos de frutificação de fungos para posterior identificação das espécies, martelo de borracha para auscultar de possíveis cavidades no interior do tronco e máquina fotográfica.

Nível 3 de Inspeção: neste Nível se expande a avaliação do Nível 2 com a inclusão de métodos ou equipamentos não destrutivos e outras tecnologias, como os penetrógrafos e tomógrafos, para se realizar a análise interna do tronco ou galhos com o objetivo de se verificar a existência de processos de biodeterioração do lenho ou cavidades. O trabalho em altura, ou escalada, é considerada uma técnica de inspeção ou manejo de galhos neste Nível de Inspeção; drones também podem ser úteis para esta verificação. A norma não restringe novos métodos ou tecnologias, desde que haja comprovação científica dos resultados.

Os atributos que se relacionam direta e indiretamente ao risco de queda de uma árvore ou galhos podem ser agrupados em quatro abordagens [4,10,12,13]:

7.5.1. Análise de alvo

Na avaliação de risco é fundamental entender o conceito de “alvo”, que se refere a qualquer pessoa, animal, propriedade ou infraestrutura da cidade que possa ser prejudicada caso uma árvore ou galhos venham a cair. Os alvos podem ser estáticos (como edifícios e linhas de energia), transitórios (como veículos) ou móveis (como pedestres). Identificar e avaliar esses alvos ajuda a determinar o potencial impacto de um acidente.

A importância da análise de alvos está em identificar quais elementos estão na zona de risco e como eles podem ser afetados. Isso inclui analisar a altura da árvore, os defeitos estruturais (falha), com a criticidade da queda (impacto) e as consequências (danos). Sugere-se considerar uma vez e meia a altura total da árvore como raio da área de atingimento.

7.5.2. Análise das condições de entorno

A avaliação do entorno de uma árvore é um aspecto crítico na análise de risco de queda, uma vez que diversas condições ambientais e estruturais podem influenciar a sua estabilidade, alterando seu crescimento (raiz, tronco e copa) e a sua arquitetura original. Podemos citar como exemplos de atributos que afetam diretamente a distribuição de forças e tensões na árvore e a sua estabilidade: pequena área permeável útil do canteiro; a compactação do solo; a presença de equipamentos urbanos (postes, bueiros, tubulações, rede elétrica) e de outras árvores; e a inclinação do terreno (taludes ou planos inclinados) e o posicionamento e crescimento da árvore nessa condição.

Potencialmente os corredores de vento podem exercer pressão adicional, exigindo que as raízes, tronco e galhos estejam sem defeitos para resistir a essas forças. O histórico do local, incluindo quedas anteriores de árvores, reformas e movimentações de terra, como processos erosivos e exposições do sistema radicular não característico da espécie, oferecem informações valiosas sobre os riscos potenciais e devem ser considerados na análise.

7.5.3. Análise visual externa

A análise visual externa é feita com o objetivo de caracterizar defeitos que representem evidências objetivas de risco de queda e, também, os processos de tigmomorfogênese ou crescimento adaptado da árvore a supostos defeitos, devendo ser considerados reforços estruturais naturais. A Tabela 1 sintetiza os principais atributos que devem ser observados quanto ao risco de queda da árvore ou de galhos, sendo alguns desses atributos ilustrados na Figura 6.

A avaliação visual do sistema radicular de uma árvore é uma tarefa desafiadora, já que apenas uma pequena parte das raízes é visível, quando não característica da espécie botânica. No tronco, a sua base (colo ou colete) é a região mais crítica mecanicamente, pois sob a ação do vento, há acúmulo de tensões de flexão e cisalhamento. Uma avaliação completa dos galhos necessita de trabalho em altura, mas binóculos e drones podem ajudar nessa análise.

Tabela 7.1 – Atributos para análise de risco de queda de árvores no Nível de Inspeção 2.

SISTEMA RADICULAR (quando visível)	
Defeitos	Tamanho do canteiro: espaço para o desenvolvimento das raízes em relação ao porte da árvore e tipo de crescimento das raízes (pivotante e superficial).
	Condição do solo: a presença de rachadura ou levantamento no solo podem indicar o pivotamento do sistema radicular.
	Raízes dobradas ou enoveladas: consequência de interferências de barreiras físicas ao seu crescimento.
	Danos: a poda ou o apodrecimento de raízes de sustentação significativas.

(continua)

(continuação)

SISTEMA RADICULAR (quando visível)	
Reforço estrutural natural	Raízes tabulares ou sapopemas .
	Raízes aéreas ou escora .
	Espessamentos das raízes de sustentação, principalmente no lado tracionado de uma árvore inclinada ou sujeita a ventos fortes.
TRONCO	
Defeitos	Cavidades são evidências da biodeterioração interna do tronco que podem comprometer a sustentação da árvore, dependendo de sua localização e tamanho.
	Presença de corpos de frutificação de fungos apodrecedores é um indicador importante de biodeterioração interna no tronco.
	Presença de túneis de cupins sobre a casca ou desgaste do lenho em feridas é um indicador importante de biodeterioração interna no tronco. Obs.: os cupins podem estar nas árvores se alimentando do lenho apodrecido (pré-digerido) por fungos no interior do tronco ou galhos.
	Injúrias (feridas) sem compartimentalização e cicatrização e com processos significativos de biodeterioração por fungos apodrecedores, cupins e brocas de madeira.
	Cancro também é uma ferida (exposição do alburno), mas associadas a doenças causadas principalmente por fungos e bactérias que interferem no transporte de nutrientes e água levando o exemplar ao declínio e morte.
	Rachaduras longitudinais e transversais são sinais de ruptura do lenho por estresse estrutural (tensões de cisalhamento). A criticidade depende do tamanho e local, mas as rachaduras transversais normalmente representam risco iminente de queda.
	Alterações na casca da árvore , como esmagamento do tecido no lado sujeito às tensões de compressão excessivas e estiramento/afrouxamento do lado de acúmulo de tensões de tração. Esse processo ocorre em tronco ou galhos com excessiva inclinação ou peso.
	Inclinação não característica do tronco pode indicar problemas estruturais ou de solo, como a perda de ancoragem (torrão) ou erosão do solo. Obs.: árvores inclinadas são comuns nos ambientes urbanos, geralmente associadas à busca por luminosidade e com espessamentos de raízes e tronco e lenho de reação para garantir sustentação mecânica.
Reforço estrutural natural	Colo soterrado : canteiros com preenchimento de solo, soterrando a base da árvore, podem resultar em biodeterioração do lenho, situação agravada se houverem injúrias (feridas) que expõem o alburno.
	Espessamento do colo não característico da espécie (modificação da forma neiloide do tronco das árvores), podem estar associados a processos internos de biodeterioração ou grandes cavidades.
	“Costelas” no tronco não características da espécie podem estar associadas a rachaduras longitudinais internas, não visíveis na superfície.

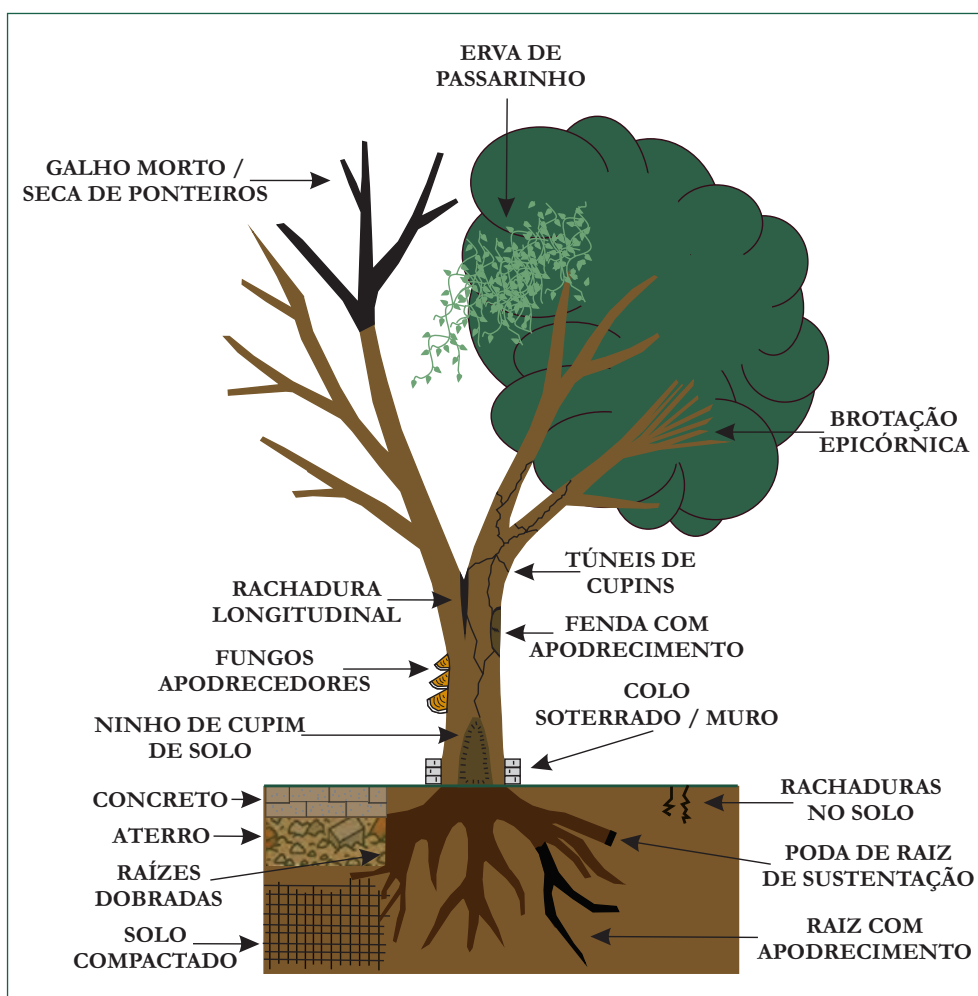
(continua)

continuação

COPA/GALHOS/FORQUILHAS	
Defeitos	Copa em desequilíbrio , ou seja, com o centro de gravidade deslocado, favorecendo o surgimento de tensões no tronco e no torrão/solo adjacente.
	Cascas inclusas se abrindo, com rachadura do lenho ou processo de biodeterioração na crista da forquilha de galhos. Obs.: apesar de ser um ponto de fragilidade, a casca inclusa não é um defeito e sim uma forma de adaptação ao crescimento dos galhos. Galhos codominantes com cascas inclusas devem ser sempre inspecionados e monitorados.
	Primeira ramificação baixa em relação à altura total e peso da copa , acumulam tensões na bifurcação (crista), promovendo sua ruptura. Obs.: a presença de casca inclusa nesta região indica a necessidade de monitoramento.
	Galhos com injúrias sem cicatrização e com processos de biodeterioração intensos (depende de tamanho e profundidade). Rachaduras transversais nas feridas indicam início de fratura.
	Forquilhas com processos de biodeterioração são críticas dependendo do ângulo e peso do galho. Obs.: ângulos acima de 25° nas forquilhas, não característico da espécie devem ser analisados quanto a outros defeitos e necessidade de poda (redução de peso e distribuição de tensões no tronco).
	Galhos epicórmicos ou brotações que surgem no tronco ou em galhos principais após poda drástica. Esses galhos têm uma conexão anatômica fraca em relação a um galho comum e podem se soltar facilmente, com a ação de rajadas de vento fortes.
	Plantas epífitas, hemiparasitas ou parasitas como erva de passarinho, cuscuta (fios de ovos) e <i>Tillandsia</i> sp. (bromélia) afetam a fisiologia da árvore pois consomem sua seiva elaborada, bruta ou impedem a formação de novos galhos. A ruptura de galhos com grande quantidade de erva de passarinho (aumento de peso) pode ocorrer se fragilizado por algum processo de biodeterioração; essa situação é rara na arborização.
	Seca de ponteira, coloração e turgência das folhas não características da espécie são indicadores importantes da saúde da árvore, podendo estar associados à deficiência nutricional, hídrica ou doenças (declínio). Obs.: essas ocorrências normalmente não são evidências objetivas de risco de queda.
Reforço estrutural natural	Cicatrização de feridas com espessamento na borda para distribuição das tensões acumuladas (formato em agulha).
	Espessamento nas forquilhas de galhos, principalmente codominantes, e com casca inclusa.

Fonte: Autores.

Figura 7.6 – Alguns atributos para análise de risco de queda.



Fonte: Autores; Zabotto Ambiental.

7.5.4. Análise interna e não destrutiva

A avaliação visual é essencial para detectar sinais de risco de queda em árvores, mas muitas vezes não consegue determinar com precisão a extensão ou gravidade do problema, como por exemplo uma cavidade no interior do tronco. Existem situações em que árvores em estágio avançado de senilidade podem não apresentar defeitos externos, mas ainda assim estarem comprometidas internamente. Nesses casos, o uso de tecnologias complementares, minimamente invasivas, se torna essencial para diminuição das incertezas na análise de risco, como a penetrografia, tomografia sônica, tomografia de resistividade elétrica e o radar.

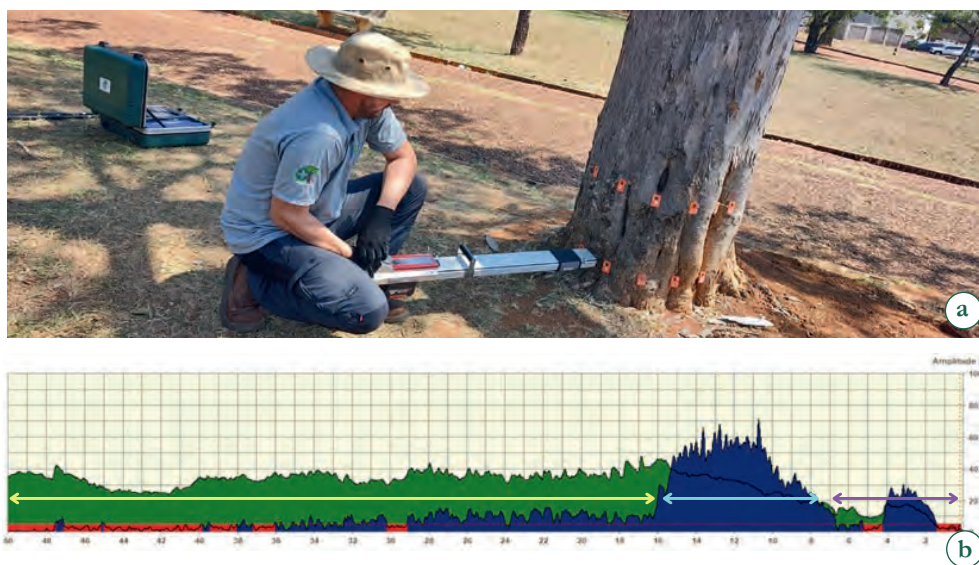
7.5.4.1. Penetrografia

O princípio de medição de ferramentas de perfuração, como o penetrógrafo (Figura 7a), envolve a inserção de uma broca fina (pequeno diâmetro) em alta rotação no tronco da árvore,

registrando a resistência da madeira à penetração. Madeiras saudáveis oferecem maior resistência, enquanto áreas com cavidades ou deterioração apresentam menor resistência, facilitando a identificação de defeitos estruturais internos. Ferramentas de perfuração complementam a avaliação visual, fornecendo dados precisos sobre a condição estrutural interna da árvore e permitindo uma análise mais detalhada de potenciais riscos [7].

O penetrógrafo faz o registro (Figura 7b) de duas variáveis ao longo da perfuração: a resistência à rotação e a resistência ao avanço da broca (penetração). O segundo registro permite a identificação precisa de rachaduras, decaimento do lenho biodeteriorado e cavidades (vazios), enquanto o registro da resistência a rotação marca o atrito da agulha na madeira sadia. A recomendação é realizar quantas prospecções forem necessárias, mas sempre o mínimo possível. A localização das perfurações deve ser orientada pela avaliação visual prévia, com o objetivo de esclarecer dúvidas. Vale destacar que a região do colo do tronco sempre deve ser analisada, pois é a mais crítica mecanicamente. Desta forma, é indicado que as perfurações sejam feitas até o centro da árvore (raio do tronco). A velocidade de rotação e o avanço da agulha devem ser ajustados conforme a densidade da madeira analisada, garantindo uma boa resolução gráfica. Isso permite distinguir claramente as áreas com madeira homogênea e as regiões que possam apresentar sinais de decaimento, como processos de biodeterioração.

Figura 7.7 – Penetrografia: a) Equipamento em uso; b) Exemplo e interpretação de gráfico de penetrografia realizada com IML RESI PD500: resistência à rotação da broca (gráfico verde); penetração da broca (gráfico em azul); decaimento por cavidade (vermelho); biodeterioração interna - cavidade e apodrecimento (seta amarela); lenho sadio (seta azul claro); casca (seta roxa).



Fonte: Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) e PD Instrumentos.

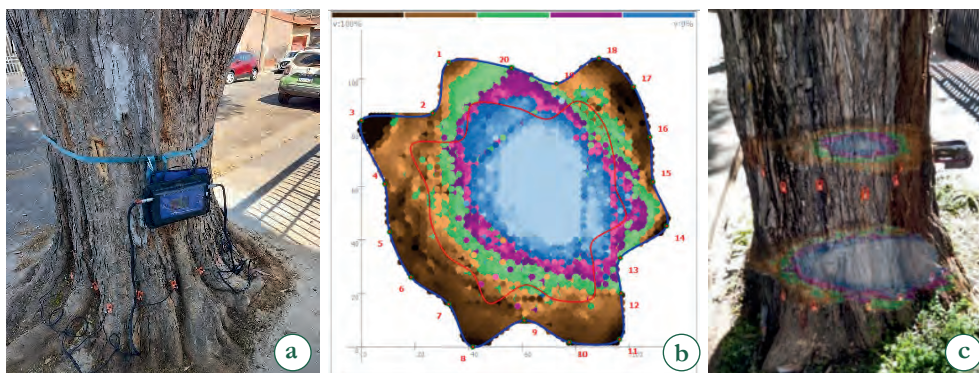
7.5.4.2. Tomografia sônica

A tomografia sônica (Figura 8a) utiliza sensores para medir a velocidade de propagação de ondas sonoras (mecânicas) através do tronco, gerando uma representação gráfica das diferentes velocidades obtidas que são correlacionadas com áreas saudáveis e deterioradas (Figura 8b).

Trata-se de uma medida indireta de qualidade da madeira e por isso requer alguns cuidados em sua interpretação. A tomografia sônica pode apresentar limitações na distinção entre diferentes tipos de defeitos internos, como fissuras ou rachaduras, o que pode levar a falsos positivos [14]. Além disso, a geometria irregular do tronco e a disposição dos sensores podem impactar a precisão do diagnóstico, influenciando a interpretação dos resultados [15]. Os sensores devem ser distribuídos de maneira proporcional, respeitando a geometria da árvore, suas reentrâncias e saliências, prevenindo assim erros de interpretação.

Assim como as análises por penetrografia, o local da tomografia deve ser determinado após a avaliação visual, lembrando que a tomografia mede exatamente a seção transversal onde os sensores estiverem posicionados. Entretanto, pode ser necessário realizar a tomografia em diferentes níveis de altura do tronco (Figura 8c), podendo ser criada uma imagem em três dimensões para melhor identificação do problema. O tomógrafo sônico também pode ser utilizado para análises semiquantitativas do sistema radicular. Por se tratar de uma medida indireta de qualidade da madeira, é recomendada sua validação por outro método de análise, como a tomografia de resistividade elétrica ou a penetrografia.

Figura 7.8 – Tomografia sônica: a) Uso do equipamento; b) Exemplo e interpretação de tomografia sônica realizada: alta velocidade, tecido sadio (marrom); média velocidade, transição de madeira sadia e deteriorada (verde); baixa velocidade, cavidade ou tecido deteriorado (magenta e azul); c) Tomografias em diferentes alturas.



Fonte: Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) e PD Instrumentos.

7.5.4.3. Tomografia de Resistividade Elétrica

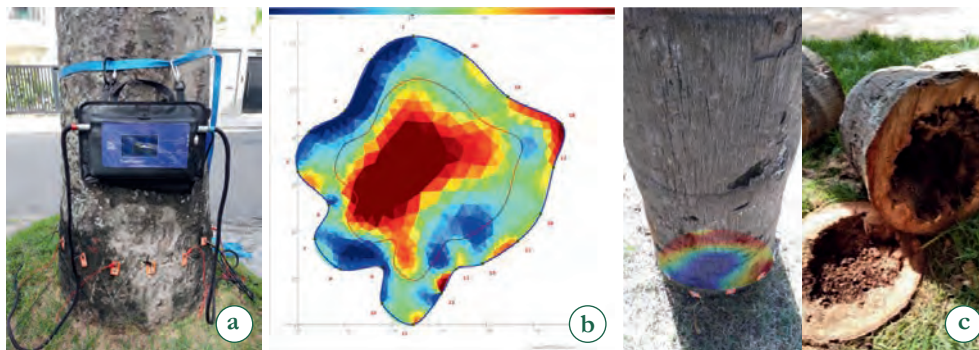
A Tomografia de Resistividade Elétrica (Figura 9a) em árvores é uma técnica que utiliza eletrodos para medir a resistividade elétrica do lenho. Os valores obtidos variam conforme o teor de umidade, as características anatômicas e químicas da madeira e a presença de defeitos, como cavidades ou apodrecimento. Esse mapeamento permite visualizar a distribuição interna das propriedades do lenho e identificar áreas com possíveis comprometimentos estruturais. No entanto, para avaliar corretamente a saúde e a estabilidade das árvores com base nesses dados, é necessário ter experiência na interpretação dos resultados. Além disso, se faz necessário conhecer o perfil de resistividade esperado em uma árvore saudável da espécie analisada.

Esta tecnologia é a mais recomendada para análise de palmeiras. Embora ainda não existam muitos dados na literatura, o perfil esperado para a maioria das palmeiras é de maior resistividade no centro e menor na periferia, porém um resultado diverso a esse ainda não nos traz informações

suficientes que permitam estimar o risco de queda, apenas indica que há um problema interno (Figura 9b).

Figura 7.9 – Tomografia de Resistividade Elétrica realizada com o *PiCUS TreeTronic*:

- a) Equipamento em uso na avaliação de palmeira; b) Análise em árvore: alta resistividade elétrica (vermelho escuro); baixa resistividade (tons de azul); c) *Syagrus romanzoffiana* (palmeira jerivá) com processo de deterioração interna: cavidade (azul); porção sadia do lenho (vermelho).



Fonte: Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) e PD Instrumentos.

7.5.4.4. Radar

O uso do radar ou *Ground Penetrating Radar* (GPR) para inspecionar e monitorar raízes de árvores urbanas oferece várias vantagens, sendo não-invasivo, rápido e capaz de gerar mapas em três dimensões do sistema radicular. Esta tecnologia permite obter a distribuição das raízes, profundidade que atingem, além de mensurar seus diâmetros. Também pode ser utilizada para verificação de cavidades no tronco de árvores.

Essa tecnologia diminui incertezas na análise de árvores ao identificar raízes que podem danificar estruturas ou sistema radiculares comprometidos, indicando o risco de queda da árvore. Contudo, necessita de técnicos qualificados para a operação e existem dificuldades em certos tipos de solo, especialmente aqueles com alta concentração de argila ou rochas. As tecnologias de GPR estão em evolução, prometendo superar limitações. Se incorporado amplamente, pode ser essencial para planejamento urbano sustentável.

Figura 7.10 – Radar: a) Uso do radar na avaliação do sistema radicular;

- b) um exemplo de radargrama, indicando a presença das raízes.



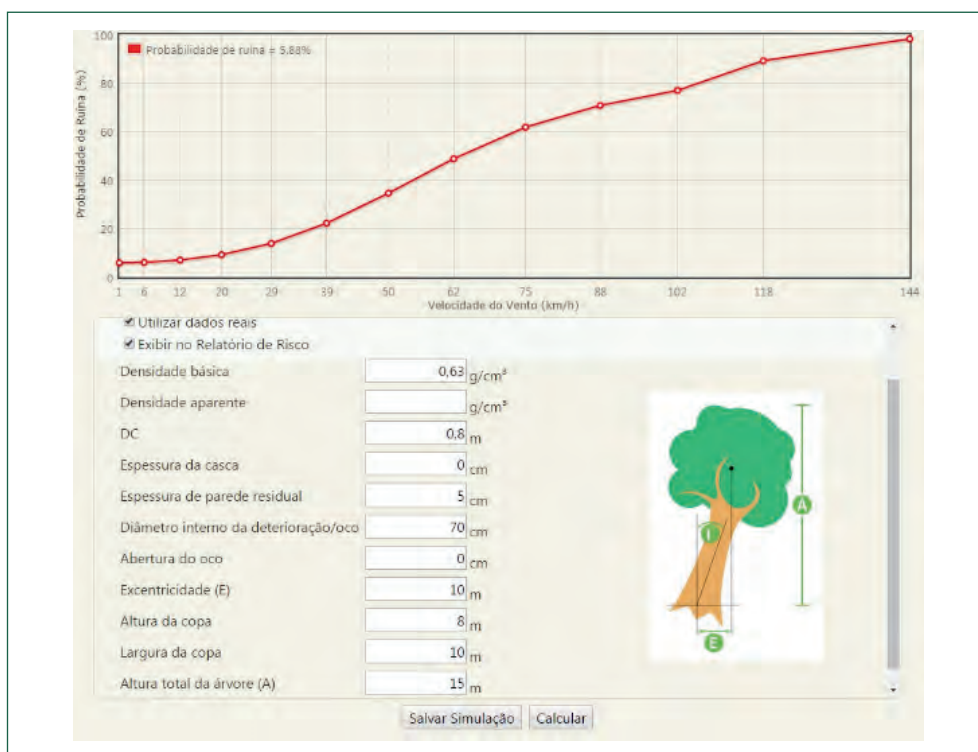
Fonte: Kerno Geo Soluções.

7.5.4.5. Outras tecnologias e métodos

A instrumentação de árvores com sensores tipo acelerômetros, elastômeros e clinômetros também podem ser utilizados para a verificação da estabilidade estrutural do exemplar. Nesta abordagem, os instrumentos instalados na árvore registram o estiramento (tração) ou esmagamento (compressão) das fibras, o deslocamento do tronco ou inclinação do torrão (sistema radicular + solo) à ação dos ventos, cujas medidas permitem a um engenheiro fazer cálculos de resistência da árvore e inferir sobre sua estabilidade estrutural à ruptura no tronco ou pivotamento.

Modelos estatísticos e de cálculos estruturais (Figura 11) foram desenvolvidos no Brasil como ferramentas auxiliares para simulação da resistência de ruptura do tronco, tendo como esforço solicitante o vento. Devido às simplificações da arquitetura e geometria da árvore ou palmeira adotadas por esses modelos, os resultados de probabilidade de ruptura de árvores e galhos devem ser utilizados de maneira conservadora e apenas como informações complementares à análise visual e interna da árvore, e não como única resposta na análise de risco de queda.

Figura 7.11 – Modelo de cálculo estrutural. Exemplo de resultado obtido do ARBIO® do IPT considerando 12 velocidades de vento (Escala Beaufort).



Fonte: Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT).

7.6. Uso de Inteligência Artificial na Arborização Urbana

Atualmente, institutos, universidades e a iniciativa privada estão desenvolvendo Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação com inteligência artificial para a gestão da arborização urbana, com

o intuito de promover cidades mais verdes e resilientes, potencializando os benefícios socioambientais oferecidos pelas árvores. A inteligência artificial (IA) poderá revolucionar a avaliação de risco de queda de árvores em ambientes urbanos, tornando o processo mais ágil, preciso e eficiente. Por meio de algoritmos avançados, a IA conseguirá analisar grandes volumes de dados, como imagens aéreas, medições de sensores, dados meteorológicos, históricos de quedas e características específicas de cada espécie arbórea.

Ao integrar informações sobre o estado fitossanitário das árvores, condições do solo, frequência de podas, incidência de pragas e eventos climáticos extremos, a IA oferecerá diagnósticos e predições mais confiáveis sobre a probabilidade de queda ou falhas estruturais. Isso permitirá maior precisão na priorização das árvores que requerem intervenções imediatas ou monitoramento intensivo, otimizando o uso de recursos e aumentando a segurança pública. Além disso, a IA poderá contribuir para a tomada de decisão estratégica, sugerindo as ações mais adequadas, como podas corretivas, instalação de suportes estruturais ou remoção, com base em cenários simulados e análises de risco personalizadas.

Essas ferramentas serão capazes de identificar padrões complexos e correlações que muitas vezes passariam despercebidos por métodos tradicionais.

7.6.1. Manejo de árvores adultas

A principal razão para a avaliação de risco é a prevenção de acidentes que possam causar danos a propriedades, utilidades como energia elétrica, gás, água e esgoto, à mobilidade urbana ou, pior ainda, atingir pessoas. Após a avaliação de risco é necessária uma tomada de decisão quanto à supressão ou outras práticas de manejo do indivíduo arbóreo para diminuir a probabilidade de falha. É importante ressaltar que um ciclo contínuo de avaliação de risco ou monitoramento, com periodicidade definida para cada árvore, é essencial para garantir a segurança e a sustentabilidade dos ambientes urbanos arborizados, prevenindo riscos e promovendo a saúde das árvores.

A Sociedade Internacional de Arboricultura propõe várias opções de mitigação para reduzir os riscos de queda de árvores e palmeiras, sendo as principais: a poda de galhos e raízes, a instalação de suportes mecânicos, ou até mesmo a remoção de árvores em risco extremo [13].

7.6.1.1. Poda de galho

A poda tem como objetivo garantir a segurança, removendo galhos mortos, doentes, danificados ou com defeitos naturais que possam representar risco de queda; melhorar a saúde da árvore, eliminando partes afetadas por doenças, pragas ou danos físicos, prevenindo a propagação de problemas; e aprimorar a estética e estrutura, moldando a árvore para assegurar uma estrutura mais forte e equilibrada.

A norma ABNT NBR 16246-1 [16] estabelece que, em geral, não mais do que 25% da copa de uma árvore deve ser removida durante uma única poda. Entretanto, essa regra deve ser utilizada com parcimônia, pois existem espécies de árvores que não suportam intervenções dessa magnitude. A ABNT recomenda ainda que grandes intervenções sejam feitas de maneira gradual,

especialmente em árvores maduras, para se evitar o estresse excessivo, garantir a estabilidade da árvore e preservar a sua integridade e beleza intrínseca.

Para a remoção correta de um galho, os cortes devem ser feitos próximos ao colar (a região ligeiramente espessa onde o galho se conecta ao tronco), sem lesionar a crista e o colar, de maneira a promover uma cicatrização adequada e evitar danos ao tronco principal, sem deixar tocos. Para poda de galhos com diâmetros acima de cinco centímetros é recomendada a poda em três etapas (Figura 12), que evita lesões por rompimento da casca, dificultando ou impedindo a completa compartimentalização e cicatrização da área.

Importante ressaltar que a utilização de ferramentas adequadas e técnicas apropriadas é fundamental para se evitar danos à árvore e garantir que a poda seja benéfica e segura. Devem ser utilizadas ferramentas afiadas, limpas e desinfetadas, como serras, tesouras de poda e podões, para garantir cortes limpos e evitar a disseminação de patógenos.

Com relação aos tipos de poda, há divergências nas nomenclaturas para atender às especificidades de cada município, apesar da norma brasileira também propor uma tipologia. Abaixo, apresentamos uma síntese dos tipos de poda, considerando as condições das árvores e as necessidades desse manejo em áreas urbanas:

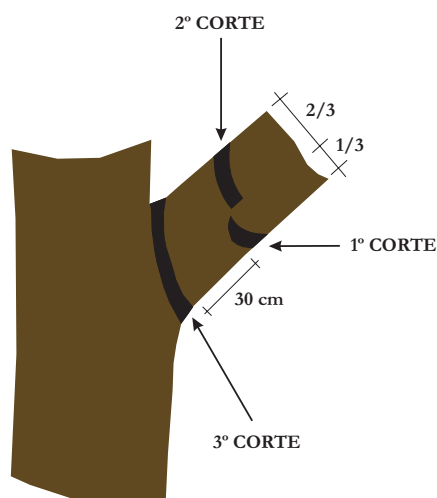
A poda de limpeza ou manutenção refere-se à remoção de galhos secos, senis ou com apodrecimento, de desrama natural, de ramos ladrões, epicórmicos ou com pragas e doenças e de brotos na raiz que podem representar risco de queda ou comprometer a saúde da árvore;

A poda emergencial deve ser recomendada quando há a necessidade de remoção de galhos ou parte das árvores que colocam em risco iminente à segurança das pessoas ou do patrimônio público ou privado, principalmente, durante eventos climáticos severos. Com objetivo semelhante à poda de limpeza, aplica-se quando o manejo necessita ser imediato, independentemente da fase de seu ciclo reprodutivo ou fenologia (repouso vegetativo, brotação, floração ou frutificação).

A poda de adequação é realizada para resolver conflitos da árvore com o patrimônio edificado e com os equipamentos urbanos, como rede elétrica, pontos de ônibus, iluminação pública e sinalização de trânsito. A remoção de partes da árvore pode descaracterizar o indivíduo arbóreo, portanto, a realocação do elemento urbano, como a troca da rede elétrica convencional para compacta, isolada ou subterrânea e o deslocamento de sinalização, postes de iluminação deve ser uma premissa.

No âmbito da necessidade de adequação, a poda de levantamento ou elevação de copa tem como o objetivo fornecer espaço vertical com a remoção de partes da árvore, como galhos baixos e arqueados, que impeçam a circulação de pessoas e veículos, além de compatibilidade com outros elementos urbanos. Cabe ressaltar que muitos conflitos do ambiente construído com as árvores devem ser evitados nas fases de planejamento e de implementação da arborização urbana, sendo:

Figura 7.12 – Exemplo da técnica de três cortes.



Fonte: Autores; Zabotto Ambiental.

- a seleção da espécie botânica adequada ao local de plantio;
- a formação de canteiro adequado ao seu porte arbóreo, evitando-se incompatibilidades com o sistema radicular e tronco;
- as podas de formação das mudas na fase de viveiro para obtenção de um fuste reto e com distribuição alternada dos primeiros galhos;
- as podas de condução periódicas da muda já local definitivo do plantio, que visam direcionar a copa para os espaços livres disponíveis, respeitando-se o modelo arquitetônico da espécie.

Em alguns municípios, o termo poda de correção é usado para descrever a remoção de partes em desarmonia ou que deslocam o centro de gravidade da árvore ou representem problemas estruturais, que comprometam a estabilidade do indivíduo. Galhos longos e arqueados, cruzados, codominantes e bifurcações com pontos de fragilidade ou presença de casca inclusa não necessariamente são evidências objetivas de risco de queda e devem apenas ser monitorados. Em outros países, a poda de raleamento com a remoção de galhos em excesso, para diminuir a densidade da copa e atuação do vento, como esforço solicitante, é uma prática do arboricultor, considerando outras fragilidades que a árvore apresente ou apenas devido à necessidade de sua preservação pela sua raridade.

7.6.1.2. Poda em palmeiras

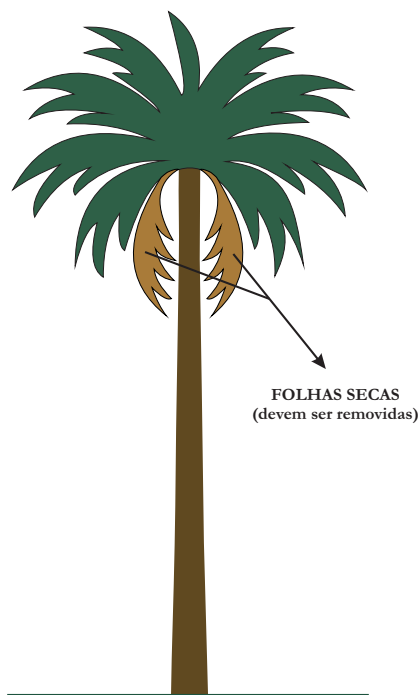
Como a morfologia externa das palmeiras difere das árvores, pois não existem galhos, deve-se remover apenas as folhas secas, amareladas ou danificadas (Figura 13), evitando a retirada de folhas verdes saudáveis. A remoção deve ser feita junto à base do pecíolo, sem danificar o estipe (semelhante ao tronco).

7.6.1.3. Poda de raiz

Considerando o solo urbano como desestruturado pela ação antrópica (presença de entulho, lixo e compactação), as raízes de ancoragem de uma árvore adulta estão localizadas principalmente nos primeiros 30 a 80 centímetros de profundidade, mas raramente até 1m. Sua distribuição é influenciada pela presença de barreiras físicas, disponibilidade de água e oxigênio e pelo tipo de solo, com raízes crescendo mais superficialmente em solos compactados (alta coesão) e mais profundamente em solos soltos, de baixa coesão como os arenosos.

As raízes pivotantes são importantes no início do desenvolvimento da árvore, mas em árvores adultas, a estabilidade vem das raízes laterais de sustentação, salvo algumas espécies de leguminosas ou pinheiros que mantêm essas raízes em solos propícios. Segundo a norma brasileira

Figura 7.13 – Folhas a serem removidas em palmeiras.



Fonte: Autores; Zabotto Ambiental.

[16], a poda de raízes não é recomendada, pois compromete a estabilidade estrutural e a saúde da árvore. Esta prática representa uma ação extrema, mas se imprescindível, deve ser feita uma avaliação de futuros impactos (análise de alvo) e estabelecido um monitoramento de sinais de instabilidade após a intervenção, como inclinação do tronco ou rachaduras no solo ou no tronco. A remoção de raízes aumenta o risco de queda, especialmente em condições de vento forte, portanto, a poda de raízes deve ser considerada apenas como última alternativa, após uma avaliação cuidadosa dos possíveis impactos futuros (análise de alvo).

7.6.1.4. Readequação de Canteiro

No planejamento e plantio, os canteiros deveriam ser sempre dimensionados de maneira a garantir o adequado desenvolvimento das raízes e do tronco, ou seja, a sua área necessita ser compatível com o porte da árvore quando adulta e garantir a ciclagem de nutrientes entre solo e planta, a troca gasosa e a permeabilidade à água.

Nas cidades é comum se observar árvores plantadas em canteiros restritos ou próximas a barreiras físicas, como muretas, que impedem o crescimento da árvore, quando não estão totalmente pavimentados e impermeabilizados, como agravante. Nessas condições, a readequação de canteiros pode ser uma prática de manejo da arboricultura que visa a ampliação desses espaços para proporcionar melhores condições para o desenvolvimento das árvores. Entretanto, após a avaliação de risco de queda, a remoção do pavimento ou de barreiras físicas só pode ser recomendada se houver a garantia de que não afetará a estabilidade estrutural da árvore. Além disso, a remoção do pavimento deve ser cuidadosa, sem prejudicar ainda mais o sistema radicular. Postas a remoção do pavimento e adequação do canteiro, práticas de adubação e descompactação do solo podem ser adotadas para garantir maior vigor ou saúde da árvore.

Para fins de planejamento e de manejo, a readequação e ampliação de canteiros, visando principalmente o aumento de permeabilidade de solo, deve ser uma premissa das prefeituras, pois representa um importante tipo de solução baseada na natureza (SbN), aumentando infiltração da água no solo e reduzindo o escoamento superficial.

7.6.1.5. Monitoramento de defeitos estruturais

Quando a árvore apresentar defeitos como processos de biodeterioração internos no tronco em estágios iniciais, inclinação acentuada do tronco ou rachaduras longitudinais, o monitoramento ou realização de inspeções periódicas deve ser estabelecido para garantir a segurança às pessoas e também preservar o exemplar por maior tempo. A periodicidade desse monitoramento depende da criticidade das evidências objetivas, aliada à análise de alvo.

7.6.1.6. Cabeamento e suportes

O cabeamento e os suportes estruturais são técnicas de manejo usadas para reduzir o risco de falha em árvores, especialmente naquelas consideradas valiosas, históricas ou localizadas em áreas urbanas. Tais práticas visam prolongar a vida útil das árvores e aumentar a segurança ao redor da árvore, protegendo pessoas, construções e a própria árvore de danos causados por galhos ou troncos que possam se partir. Podem ser adotadas nas seguintes situações:

- Árvores com galhos ou troncos com defeitos estruturais (feridas com processos de biodeterioração intensos, fendas, rachaduras e cavidades);

- Árvores com ramificações múltiplas em «V» onde há risco de separação dos troncos ou galhos codominantes;
- Árvores com histórico de danos por tempestade ou ventos fortes;
- Galhos ou partes de árvores consideradas de risco, mas cuja remoção pode comprometer seu valor estético ou ecológico.

Os sistemas de cabeamento são utilizados para apoiar galhos ou troncos com risco de falha. O cabeamento, por exemplo, pode auxiliar a redistribuir cargas que poderiam causar a quebra ou divisão do tronco. Para este manejo é importante compreender as tensões naturais dentro da árvore e cargas solicitantes (vento e peso próprio) antes de instalar o suporte, sugerindo que o cabeamento seja combinado com uma análise cuidadosa da biomecânica da árvore, respeitando as linhas naturais de força [7].

É fundamental que a avaliação quanto à necessidade de cabeamento seja feita por um profissional habilitado, que entenda de cálculo estrutural para dimensionamento das estruturas ou cabos necessários para sustentação da árvore.

O uso de suportes, escoras e estais para complementar a estabilidade da árvore devem ser calculados conforme o tamanho e peso do galho ou parte da árvore a ser sustentado. Além disso, deve ser previsto o menor impacto nos pontos de contato com a árvore. Estes sistemas de cabeamento e suporte devem ser instalados e monitorados por profissionais qualificados. Monitorar e ajustar os sistemas conforme a árvore cresce é essencial para evitar que os suportes causem mais danos do que benefícios.

Como boas práticas para a adoção de estruturas de reforço, temos:

- **Avaliação de risco prévia:** estas estruturas só podem ser instaladas após inspeção da árvore feita por especialista, para definir os defeitos estruturais e categorizar o risco;
- **Cálculos estruturais:** devem ser realizados por especialistas para dimensionamento dos suportes ou cabos e definição dos materiais resistentes;
- **Material:** existem cabos e materiais próprios para arboricultura, nunca se deve improvisar com soluções industriais ou domésticas;
- **Técnica:** a instalação deve ser feita sem danificar excessivamente a casca ou tecidos vivos, com equipamentos adequados para perfuração e fixação;
- **Monitoramento regular:** as instalações devem ser inspecionadas periodicamente (todo ano, de preferência) para ajuste, substituição ou remoção.

7.7. Considerações finais

A avaliação de riscos de queda de árvores envolve a análise de uma série de evidências, desde sinais visuais de biodeterioração, como a presença de cavidades, rachaduras e deformações no tronco, assim como o uso de ferramentas tecnológicas, como a tomografia sônica e o penetrógrafo, que podem revelar falhas internas invisíveis externamente. No entanto, essa avaliação ainda está cercada de incertezas, ou seja, a dificuldade de medir ou calcular quanto um defeito natural afeta a estabilidade estrutural da árvore.

Portanto, a recomendação para os arboristas é a utilização combinada de diferentes abordagens, como inspeções visuais externas, análises internas, com uso de equipamentos não destrutivos, modelos de cálculo estruturais e outras tecnologias, para reduzir essas incertezas e obter um diagnóstico mais preciso sobre a capacidade de a árvore resistir a cargas externas, como vento e peso da copa. Assim, a combinação de métodos e técnicas proporciona uma visão mais robusta no processo de tomada de decisão para o manejo adequado.

Os dados históricos de queda de árvores e condições climáticas associadas são importantíssimos para a definição de critérios de inspeção de árvores e palmeiras, além de permitir a modelagem com uso de métodos de inteligência artificial, com aprendizado contínuo, para predição de risco de queda das diferentes espécies da floresta urbana.

O manejo de árvores adultas visa principalmente prevenir acidentes que possam causar danos a pessoas, propriedades e serviços urbanos. Após uma avaliação de risco, é fundamental decidir entre a supressão da árvore ou a adoção de práticas de manejo que reduzam a possibilidade de falhas estruturais. Recomenda-se um ciclo contínuo de monitoramento com periodicidade definida.

7.8. Referências

- [1] Intergovernmental Panel of Climate Change. Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva: IPCC; 2023.
- [2] Brazolin S, Tomazello-Filho M, Chacalo-Hilu A. Temas de arboricultura: árboles, arbustos, palmas y frutales para ciudades. In: Chacalo-Hilu A, organizadora. Evaluación de riesgo de caída de árboles urbanos. Ciudad de México: [editor desconhecido]; 2016. v. 1, p. 81-95.
- [3] Synclair WA, Lyon HH. Diseases of trees and shrubs. 2ª ed. Ithaca: Cornell University Press; 2005.
- [4] Brazolin S. Biodeterioração, anatomia do lenho e análise de risco de queda de árvores de tipuana, *Tipuana tipu* (Benth.) O. Kuntze, nos passeios públicos da cidade de São Paulo, SP [tese]. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo; 2009.
- [5] Oliveira AMF, Lelis AT, Lepage ES, Lopez GAC, Oliveira LCS, Cañedo MD, et al. Agentes destruidores da madeira. In: Lepage ES, coordenador. Manual de preservação de madeiras. São Paulo: IPT; SICCT; 1986. v. 1, cap. 5, p. 99-278. (Publicação IPT, 1637).
- [6] Mattheck C. Trees: the mechanical design. New York: Springer-Verlag; 1991. (Springer Series in Wood).
- [7] Mattheck C, Breloer RC. The body language of trees: a handbook for failure analysis. London: The Stationery Office; 1997.
- [8] Mattheck C, Kubler H. Wood: the internal optimization of trees. New York: Springer-Verlag; 1995. (Springer Series in Wood).
- [9] Niklas KJ. Plant biomechanics: an engineering approach to plant form and function. Chicago: University of Chicago Press; 1992.

- [10] Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 16246-3:2025: Florestas urbanas – Manejo de árvores, arbustos e outras plantas lenhosas. Parte 3: Avaliação de risco de árvores estruturas de madeira. São Paulo: ABNT; 2019.
- [11] Brasil. Ministério do Trabalho e Emprego. Secretaria de Inspeção do Trabalho (SIT). NR 35: Trabalho em Altura. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília (DF); 2012.
- [12] Albers JS, Pokorny JD, Johnson GR. How to detect and assess hazardous defects in trees. In: Pokorny JD, coordenador. Urban tree risk management: a community guide to program design and implementation. St. Paul: USDA Forest Service, Northeastern Area, State and Private Forestry; 2003. cap. 3, p. 41-116. (Technical Paper, NA-TP-03-03).
- [13] Smiley T, Matheny N, Lilly S, Kane B, Klein R, Brantley B. Best management practices - tree risk assessment. Champaign (IL): International Society of Arboriculture (ISA); 2025.
- [14] Gilbert EA, Smiley ET. Picus sonic tomography for the quantification of decay in white oak (*Quercus alba*) and hickory (*Carya* spp.). J Arboric. 2004;30:277-81.
- [15] Liang S, Wang X, Wiedenbeck J, et al. Evaluation of acoustic tomography for tree decay detection. In: 15th International Symposium on Nondestructive Testing of Wood; 2007; Duluth, Minnesota.
- [16] Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 16246-1:2022: Florestas urbanas – Manejo de árvores, arbustos e outras plantas lenhosas. Parte 1: Poda. São Paulo: ABNT; 2022.

Capítulo 8

ÁRVORES EXÓTICAS E INVASORAS NA ARBORIZAÇÃO URBANA

Por Tâmara Thaiz Santana Lima, Fernando da Costa Brito Lacerda
e Thalison Bruno Campos Correa

8.1. Destaques deste capítulo

1. Apesar de sua alta biodiversidade, a arborização urbana na região Norte do Brasil ainda é caracterizada pelo predomínio de espécies exóticas;
2. Espécies como mangueira (*Mangifera indica*), jameiro (*Syzygium malaccense*) e jaqueira (*Artocarpus heterophyllus*) se tornaram tão comuns na região que muitos podem se impressionar ao saber que elas não são nativas;
3. O uso inadequado de espécies exóticas pode gerar conflitos estruturais e ambientais nas cidades;
4. As espécies exóticas podem competir com as nativas e, devido às altas taxas de crescimento e reprodução, tornar-se um problema para a conservação da biodiversidade;
5. O objetivo deste capítulo é trazer exemplos de espécies exóticas invasoras, frequentemente utilizadas na arborização urbana e sugerir o uso de algumas espécies nativas para a arborização urbana.

8.2. Introdução

O Ministério de Meio Ambiente define como espécie exótica “aquela que se encontra fora de sua área de distribuição natural”, e espécie invasora “aquela que ameaça ecossistemas, habitats ou outras espécies” [1]. Complementarmente, o Instituto Brasileiro de Florestas define espécie nativa como “toda espécie de ocorrência natural do ecossistema ou região em que vive, que cresce dentro dos seus limites naturais incluindo a sua área de dispersão” [2]. Com esses conceitos, entende-se que planta nativa não pode ser generalizada, ou tratada como sinônimo de brasileira, e sim como uma planta que possui ocorrência natural em uma determinada região geográfica, que inclusive pode apresentar diferentes nacionalidades [3]. A espécie *Bertholletia excelsa* O. Berg. (castanheira-do-pará), por exemplo, possui ocorrência natural em quase toda a Amazônia Internacional, que abrange não só a região Norte do Brasil como outros países da América do Sul [4]. No entanto, fora da região amazônica, essa espécie já pode ser considerada como exótica, mesmo que dentro do território brasileiro.

A introdução de uma espécie exótica é sempre atribuída a uma ação antrópica, intencional ou acidental. Após o processo de introdução, algumas espécies exóticas se adaptam tão bem aos novos ambientes que são capazes de se reproduzir e estabelecer populações autoperpetuantes sem que haja intervenção humana direta [5].

Quando essas populações, em decorrência de limitações no processo de dispersão ou na competência ecológica, ficam restritas a áreas próximas do local de introdução, as espécies são denominadas de espécies exóticas naturalizadas. O grande problema associado às espécies exóticas se dá quando essas desenvolvem altas taxas de crescimento, reprodução e dispersão, que são características que as tornam altamente competitivas e que possibilitam o avanço de suas populações sobre as comunidades locais [5,6]. Essas espécies são denominadas de espécies exóticas invasoras e, em virtude de sua grande capacidade em alterar ecossistemas naturais, são consideradas, com as mudanças climáticas e a degradação de habitats, uma das principais ameaças à biodiversidade [7,8]. Cabe ressaltar que muitas espécies invasoras já foram categorizadas anteriormente como naturalizadas, indicando que para algumas espécies, a naturalização é um estágio que pode configurar sérios riscos de invasão biológica [6].

As plantas exóticas invasoras podem provocar alterações significativas na estrutura, composição e dinâmica das comunidades vegetais [9,10]. Os efeitos dessas mudanças são catastróficos, e culminam quase sempre em grandes perdas de biodiversidade [11] e de serviços ecossistêmicos [12]. Tradicionalmente, a introdução de plantas invasoras nos biomas brasileiros esteve muito relacionada ao suprimento de demandas do setor agrícola e florestal [13].

Um dos casos mais clássicos se deu pela introdução das espécies do gênero *Acacia* sp. que são nativas da Austrália, Papua-Nova Guiné e Indonésia. Essas espécies são reconhecidas mundialmente pelo seu uso para a produção de madeira, celulose e lenha, bem como para a recuperação de áreas degradadas [14] e, por apresentarem características como rápido crescimento, alta produção de sementes com grande longevidade e baixa exigência nutricional [15], vêm se disseminando e alterando rapidamente vários ecossistemas brasileiros, sobretudo fisionomias mais abertas, em que essas espécies assumem a função de colonizadoras [16].

Atualmente, o mercado de plantas ornamentais também é reconhecido como um grande disseminador de plantas invasoras, tanto no Brasil quanto no mundo [17,18,13], e isso tem se refletido nos projetos de arborização e paisagismo que frequentemente se utilizam de forma indiscriminada de plantas exóticas. Isso já é uma preocupação dos órgãos regulamentadores em muitas regiões do país, que estão exigindo cada vez mais critérios técnicos no planejamento da arborização urbana.

8.3. Por que ainda usamos espécies exóticas em uma região tão biodiversa?

A região Norte do Brasil concentra a maior parte do bioma amazônico brasileiro, reconhecido internacionalmente pela sua riqueza natural, sendo destaque a sua flora exuberante com alta biodiversidade. A Amazônia registra 1,5 milhão de espécies vegetais catalogadas, classificadas em diferentes hábitos [19], destacando a riqueza das espécies arbóreas, arbustivas e palmeiras [20,21]. Apesar da alta biodiversidade da vegetação nativa, isso não é refletido na arborização de suas cidades, que frequentemente se baseia em uma matriz pouco diversificada e com predomínio de espécies exóticas [22].

O termo Floresta Urbanizada proposto por Becker em 1995 é frequentemente utilizado para caracterizar o processo de urbanização na Amazônia, porém vale ressaltar que este termo não pode nos levar a acreditar que a urbanização na região caminha coadunada com as florestas nativas. Pelo contrário, o que ocorre na urbanização da região Norte é uma progressiva substituição da paisagem. Diante disso, alguns trabalhos chamam a atenção para o fato de que o processo de urbanização na região é heterogêneo sugerindo inclusive que ela precisa ser analisada com perspectivas diferentes do habitual [23,24], fato que torna os indicadores ecológicos uma importante ferramenta de análise do desenvolvimento urbano.

É inquestionável na literatura que a urbanização, seja ela planejada ou não, contribui para perdas significativas da biodiversidade nativa. Os diversos, porém insuficientes, levantamentos da flora urbana realizados na região Norte (25-30) mostram que a arborização é composta, principalmente, por espécies não nativas, evidenciando que, além da substituição de paisagem, a urbanização também provoca uma substituição das espécies vegetais nativas por exóticas.

É reconhecido também que a arborização, quando planejada, executada e manejada de forma adequada, pode contribuir significativamente para a sustentabilidade das cidades, bem como para a conservação da biodiversidade e promoção de serviços ecossistêmicos [31]. De fato, a arborização urbana desempenha inúmeros serviços que atuam diretamente na qualidade de vida das pessoas, tais como redução da poluição sonora, melhorias na qualidade do ar, regulação térmica e conforto ambiental, dentre outros. Isso é algo que vem sendo cada vez mais reconhecido e valorizado pela sociedade, como demonstram vários estudos de percepção ambiental pela população [25,32,33]. Contudo, os aspectos da arborização relativos à conservação da biodiversidade ainda são muito negligenciados [22].

São vários os motivos que são atribuídos à utilização pouco frequente de espécies nativas na arborização na região Norte. A falta de conhecimento da silvicultura das espécies locais, a dificuldade em adquirir comercialmente sementes e mudas das espécies nativas, a popularização e a fácil adaptação de espécies exóticas com atributos ornamentais, e uma certa tendência em imitar a arborização de grandes centros urbanos nacionais e internacionais, associados a um obscurantismo acerca da biodiversidade regional, são vistos como os principais responsáveis. No presente capítulo buscamos: i) esclarecer o que são espécies nativas, invasoras e espécies exóticas; ii) dar exemplos de espécies exóticas, frequentemente utilizadas na arborização urbana, e mostrar os impactos do uso delas na arborização e, por fim, com base em uma revisão de trabalhos publicados sobre a flora urbana de diferentes cidades da região Norte; iii) sugerir o uso de algumas espécies nativas. Esperamos neste percurso que a clareza sobre o que são espécies nativas e espécies exóticas, bem como as consequências do uso de determinadas espécies, e de posse de uma lista com sugestões de espécies nativas para uso na arborização urbana, contribua para tomadas de decisões adequadas para um bom planejamento, execução e manejo da arborização urbana nas cidades da região Norte. Não esperamos com esse capítulo exaurir o tema, mas contribuir para discussões sobre o uso das espécies nativas e exóticas na região mais biodiversa do país.

8.4. Uso de espécies exóticas na arborização urbana

São muitos os benefícios que podem ser proporcionados pelas espécies arbóreas no ambiente urbano. Para que sejam atingidos, no entanto, é de suma importância que a seleção das espécies utilizadas nos projetos de arborização esteja atrelada a critérios técnicos atualizados, que tenham como premissas não somente a estética e adequação das árvores ao espaço urbano, mas também a conservação da biodiversidade e a promoção de serviços ecossistêmicos. Isso permeia pelo desenvolvimento de medidas mais restritivas à utilização de espécies exóticas e no desenvolvimento de políticas públicas que incentivem a utilização cada vez maior e mais diversificada de espécies nativas. Tais medidas podem contribuir de forma concreta para o cumprimento das Metas Brasileiras para a Conservação da Biodiversidade [34], sobretudo a meta 6 que trata do estabelecimento de planos de ação para a prevenção, contenção e controle de espécies exóticas invasoras e seus vetores. Essa abordagem, entretanto, ainda é muito recente dentro do planejamento urbanístico, de forma que grande parte da arborização estabelecida no Brasil ainda é fundamentada apenas nos aspectos ornamentais ou paisagísticos.

Um exemplo disso é a utilização da *Mangifera indica* L. (mangueira), espécie originária da Índia, classificada como exótica invasora em regiões tropicais [35-37] e que se tornou popular na arborização da região Norte do Brasil (Figura 1) [38]. Belém, a capital do estado do Pará, por exemplo, é conhecida popularmente como a cidade das mangueiras devido à grande quantidade de indivíduos utilizados na arborização da cidade [39] e a importância sociocultural atribuída à espécie. A mangueira apresenta copa frondosa e frutos carnosos, servindo de fonte de renda para a população local [19]. Porém, inadequada pela ótica da arborização urbana, em virtude principalmente da abundante produção de frutos grandes que são factíveis de provocar acidentes e danos materiais [40].

Um outro exemplo recorrente ocorre com o uso da espécie *Terminalia catappa* L. (castanhola, chapéu-de-sol ou sete-copas), que apesar de origem asiática e com registros de invasão no Brasil, sobretudo em ecossistemas costeiros [35], é tradicionalmente utilizada na arborização. Sua introdução se deu para fins ornamentais e promoção de sombreamento, em virtude de sua grande área foliar, copa densa e disposição horizontal dos ramos [41]. Durante o processo de invasão, essa espécie é capaz de alterar o processo de sucessão natural por comprometer o desenvolvimento da regeneração das espécies nativas, em virtude do sombreamento que promove e pela liberação de substâncias alelopáticas no solo [42]. Além disso, as folhas e os frutos da *Terminalia catappa* podem trazer transtornos no sistema de drenagem das ruas por conta de entupimentos de bueiros.

De forma similar, a espécie indiana *Artocarpus heterophyllus* Lam. (jaqueira), encontrada em quase todo o país, é reconhecida por sua capacidade de invadir florestas tropicais [43,44,18], o que se deve ao seu potencial alelopático e sua alta e constante produção de frutos e sementes, que é favorável ao desenvolvimento de populações concentradas [43-45].

“Plante muitas árvores, mas nunca o *Ficus* na cidade!” foi o título dado para um artigo [46] sobre o uso da espécie na arborização das cidades brasileiras. A espécie *Ficus benjamina* L. (*Ficus*) também é frequentemente usada na arborização urbana das cidades da região Norte. A espécie possui rápido crescimento, fornece sombra, possui copa densa comumente vista com podas artísticas e é chamada de perenifólia, ou seja, permanece com a copa verde ao longo do ano todo. Se por um lado o rápido crescimento da espécie é uma vantagem, por outro lado as constantes podas necessárias para evitar danos às construções e fiações aéreas constituem uma desvantagem muito maior, sem contar os danos causados à própria planta pelas sucessivas podas. Além disso, o sistema radicular agressivo, típico do gênero, também apresenta potencial risco de danos às

calçadas. Portanto, o *Ficus* não é adequado para a arborização urbana, e o seu plantio não tem sido mais recomendado em alguns Planos Diretores de Arborização Urbana (PDAU).

Figura 8.1 – *Mangifera indica* L. (mangueira), espécie originária da Índia.



Fonte: Zabotto Ambiental.

A *Mangifera indica* e a *Syzygium malaccense* (L) Merr. & L.M. Perry (jambuí), como espécies naturalizadas na região e dada a sua importância sociocultural, recomendamos que sejam usadas seguindo rigorosamente os critérios para a implantação de árvores nas vias públicas, como ressaltado no PDAU da cidade de Belém, PA.

A seguir é apresentada uma lista das espécies exóticas mais utilizadas na arborização urbana e que têm impacto reconhecido em ambientes naturais como espécies invasoras, com registro das cidades da região Norte (Tabela 1). As espécies foram selecionadas a partir de listas de artigos e da Base de Dados do Instituto Hórus. Foram consideradas na lista apenas as espécies que apresentaram risco alto ou moderado, de acordo com o Instituto Hórus, e com registros para a região Norte.

Tabela 8.1 – Espécies exóticas com potencial invasor utilizadas na arborização urbana da região Norte do Brasil.

Nome científico	Nome comum	Família	Distribuição natural
<i>Acacia longifolia</i>	acácia	Fabaceae	Austrália
<i>Acacia mangium</i>	acácia	Fabaceae	Austrália
<i>Acacia mearnsii</i>	acácia-negra	Fabaceae	Austrália
<i>Archontophoenix cunninghamiana</i>	palmeira-australiana	Arecaceae	Austrália
<i>Artocarpus heterophyllus</i>	jaqueira	Moraceae	Ásia
<i>Azadirachta indica</i>	nim	Meliaceae	Índia
<i>Casuarina equisetifolia</i>	casuarina	Casuarinaceae	Austrália
<i>Leucaena leucocephala</i>	leucena	Fabaceae	América Central
<i>Melia azedarach</i>	cinamomo, canela	Meliaceae	Índia
<i>Morus alba</i>	amoreira	Moraceae	China
<i>Tecoma stans</i>	ipê-de-jardim, amarelinho	Bignoniaceae	América Central
<i>Terminalia catappa</i>	castanhola, sombreiro	Combretaceae	Malásia

Fonte: Autores.

Figura 8.2 – Espécies exóticas e invasoras na arborização urbana: a) leucena (*Leucaena leucocephala*); b) amoreira (*Morus alba*) e c) ipê-de-jardim (*Tecoma stans*).



Fonte: Zabotto Ambiental.

8.5. Considerações finais

As espécies exóticas, principalmente as invasoras, que são consideradas inadequadas para arborização devem ser substituídas gradativamente por espécies nativas. As espécies nativas também devem seguir com rigor os critérios de seleção e implantação, como é o caso da sumaúma e do pau-pretinho que já apresentam recomendações técnicas para a sua implantação.

Nem sempre uma espécie é ideal para arborização urbana apenas por ser nativa e por isso é importante que se leve em consideração critérios técnicos, e não somente critérios estéticos para a elaboração de um plano/programa/projeto de arborização. Por isso, é necessário investir em estudos sobre o comportamento das espécies nativas na arborização urbana das cidades da região Norte, uma vez que as espécies podem apresentar um comportamento no ambiente urbano diferente do seu ambiente natural.

Recomenda-se que, ao realizar os planos municipais de arborização urbana, os gestores busquem informações sobre as espécies selecionadas, como a origem ou distribuição natural, presença em listas de espécies exóticas invasoras. Essas informações estão disponíveis na internet e podem ser facilmente acessadas em plataformas como o Instituto Hórus, Flora do Brasil, além de artigos e publicações científicas.

Há uma quantidade suficiente de espécies nativas da região Norte com potencial para contribuir com a diminuição da homogeneização na arborização urbana, ou seja, aumentar a diversidade de espécies arbóreas no ambiente urbano. O uso das espécies nativas na arborização urbana deve ser acompanhado por um trabalho de educação ambiental, a fim de que as práticas populares de arborização sejam conduzidas adequadamente e que os munícipes evitem o uso de espécies exóticas.

8.6. Referências

- [1] Brasil. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Glossário [Internet]. Brasília: MMA; 2012 [acesso 15 nov. 2020]. Disponível em: <https://mma.gov.br>
- [2] Instituto Brasileiro de Florestas (IBF). Árvores nativas e exóticas [Internet]. Curitiba: IBF; 2020 [acesso 15 nov. 2020]. Disponível em: <https://ibflorestas.org.br>
- [3] Bechara FC, Topanotti LR, Silva LM. Aspectos da arborização urbana ecológica. Rev Iberoam Cienc Ambient. 2016;7:49-55.
- [4] Tonini H, Costa P, Kaminski PE. Estrutura e produção de duas populações nativas de castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa* O. Berg) em Roraima. Floresta. 2008;38(3).
- [5] Moro MF, et al. Alienígenas na sala: o que fazer com espécies exóticas em trabalhos de taxonomia, florística e fitossociologia? Acta Bot Bras. 2012;26(4):991-9.
- [6] Richardson DM, et al. Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. Divers Distrib. 2000;6(2):93-107.
- [7] Pereira HM, et al. Scenarios for global biodiversity in the 21st century. Science. 2010; 330(6010): 1496-501.
- [8] Sala OE, et al. Global biodiversity scenarios for the year 2100. Science. 2000;287(5459):1770-4.
- [9] Vilà M, et al. Ecological impacts of invasive alien plants: a meta-analysis of their effects on species, communities and ecosystems. Ecol Lett. 2011;14(7):702-8.

- [10] Heringer G, et al. Biological invasion threatens the sandy-savanna Mussununga ecosystem in the Brazilian Atlantic Forest. *Biol Invasions*. 2019;21(6):2045-57.
- [11] Vitousek PM, et al. Biological invasions as global environmental change. *Am Sci*. 1996;84:468-78.
- [12] Vilà M, et al. How well do we understand the impacts of alien species on ecosystem services? A pan-European, cross-taxa assessment. *Front Ecol Environ*. 2010;8(3):135-44.
- [13] Zenni RD. Analysis of introduction history of invasive plants in Brazil reveals patterns of association between biogeographical origin and reason for introduction. *Austral Ecol*. 2014;39:401-7.
- [14] Griffin AR, et al. Global uses of Australian acacias – recent trends and future prospects. *Divers Distrib*. 2011;17:837-47.
- [15] Le Maitre DC, et al. Impacts of invasive Australian acacias: implications for management and restoration. *Divers Distrib*. 2011;17(5):1015-29.
- [16] Harrington RA, et al. Invasive plants and the green industry. *J Arboric*. 2003;29(1):42-8.
- [17] Meira-Neto JAA, et al. Early *Acacia* invasion in a sandy ecosystem enables shading mediated by soil, leaf nitrogen and facilitation. *Biol Invasions*. 2018;20(6):1567-75.
- [18] Zenni RD, Ziller SR. An overview of invasive plants in Brazil. *Rev Bras Bot*. 2011;34:431-46.
- [19] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Biomas brasileiros [Internet]. Rio de Janeiro: IBGE; [acesso 2 set. 2025]. Disponível em: <https://educa.ibge.gov.br>
- [20] Coelho RFR, Miranda IS, Mitja D. Conservação das florestas do projeto de assentamento Benfica, sudeste da Amazônia. *Cienc Flor*. 2013;23(1):1-17.
- [21] Do Vale I, et al. Successional processes in agricultural mosaics in the eastern Amazon. *Agric Ecosyst Environ*. 2018;256:51-60.
- [22] Rufino MR, Silvino AS, Moro MF. Exóticas, exóticas, exóticas: reflexões sobre a monótona arborização de uma cidade brasileira. *Rodriguésia*. 2019;70.
- [23] Costa SMF, Rosa NC. O processo de urbanização na Amazônia e suas peculiaridades: uma análise do delta do rio Amazonas. *Rev Polit Públicas Cid*. 2017;5(2):81-105.
- [24] Dal'Asta AP, Amaral S, Monteiro AMV. Um modelo para a representação espaçotemporal do fenômeno urbano na Amazônia contemporânea. *Rev Polit Públicas Cid*. 2017;5(2):17-37.
- [25] Castro HS, Dias TCAC. Percepção ambiental e arborização urbana em Macapá, Amapá. *Biota Amazônia*. 2013;3(3):34-44.
- [26] Maranhão AS, et al. Levantamento censitário da arborização urbana viária de Senador Guimard, Acre. *Rev Soc Bras Arbor Urb*. 2012;7(3):44-56.
- [27] Paiva AV, et al. Inventário e diagnóstico da arborização urbana viária de Rio Branco, AC. *Rev Soc Bras Arbor Urb*. 2010;5(1):144-59.
- [28] Pinheiro RT, Marcelino DG, Moura DR. Diversidade de espécies arbóreas em canteiros artificiais e naturais de uma cidade planejada. *Rev Gest Sustentab Ambient*. 2018;7(3):236-58.
- [29] Rabelo LKL, et al. Espécies frutíferas na arborização urbana do município de Santarém, Pará. *Rev Iberoam Cienc Ambient*. 2019;10(3):335-41.
- [30] Santos Junior A, Costa LM. Espécies empregadas na arborização urbana do bairro Santiago, Ji-Paraná-RO. *Rev Soc Bras Arbor Urb*. 2014;9(1):78-91.
- [31] Morgenroth J, et al. Urban tree diversity – taking stock and looking ahead. *Urban For Urban Green*. 2016;15:1-5.
- [32] Rossi WC. Diagnóstico qualiquantitativo e percepção da arborização urbana em Paragominas, Município Verde do estado do Pará [trabalho de conclusão de curso]. Paragominas: Universidade Federal Rural da Amazônia; 2019.

- [33] Oliveira SSJ, et al. Percepção da população sobre arborização urbana em Paragominas, Pará. *Braz J Dev.* 2020;6(7):51691-701.
- [34] Brasil. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Proposta de 20 metas brasileiras de biodiversidade para 2020 [Internet]. Brasília: MMA; 2012 [acesso 2 set. 2025]. Disponível em: <https://www.s bq.org.br/PDF/20metasbiod2020.pdf>
- [35] Instituto Hórus. Base de dados nacional de espécies exóticas invasoras [Internet]. 2025 [acesso 2 set. 2025]. Disponível em: <https://bd.institutohorus.org.br/especies>
- [36] Leão TCC, Almeida WR, Dechoum MS, Ziller SR. Espécies exóticas invasoras no Nordeste do Brasil: contextualização, manejo e políticas públicas. 2011.
- [37] Sobrinho MS, et al. Modelagem da distribuição potencial de *Mangifera indica* L. sob cenários climáticos futuros no Bioma Caatinga. *Rev Bras Meteorol.* 2019;34(3):351-8.
- [38] Vieira TA, Panagopoulos T. Urban forestry in Brazilian Amazonia. *Sustainability.* 2020; 12(8):3235.
- [39] Airoza LOV. Cidade das mangueiras: aclimação da mangueira e arborização dos logradouros belenenses (1616-1911). Belém: Editora Amazônia; 2010.
- [40] Calzavara BBG, Morais VHF. O problema da queda acidental de mangueiras em Belém. Belém, PA: IPEAN; 1969. 39 p.
- [41] Lorenzi H, Souza HM, Torres MAV, Bacher LB. Árvores exóticas no Brasil: madeiras, ornamentais e aromáticas. Nova Odessa: Plantarum; 2003.
- [42] Baratelli TG. Estudo das propriedades alelopáticas vegetais: investigação de substâncias aleloquímicas em *Terminalia catappa* L. (Combretaceae) [tese]. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro; 2006.
- [43] Abreu RCR, Rodrigues PJFP. Exotic tree *Artocarpus heterophyllus* (Moraceae) invades the Brazilian Atlantic Rainforest. *Rodriguésia.* 2010;61:677-88.
- [44] Fabricante JR, et al. Invasão biológica de *Artocarpus heterophyllus* Lam. (Moraceae) em um fragmento de Mata Atlântica no Nordeste do Brasil: impactos sobre a fitodiversidade e os solos dos sítios invadidos. *Acta Bot Bras.* 2012;26:399-407.
- [45] Perdomo M, Magalhães LMS. Ação alelopática da jaqueira (*Artocarpus heterophyllus*) em laboratório. *Floresta Ambient.* 2012;14(1):52-5.
- [46] Cardim R. Plante muitas árvores, mas nunca o Ficus na cidade! Árvores de São Paulo [Internet]. 2008 [acesso 13 jan. 2021]. Disponível em: <https://arvoresdesaopaulo.wordpress.com/2008/11/07/plante-muitas-arvores-mas-nunca-o-ficus-na-cidade>

Capítulo 9

MORFOFISIOLOGIA DE ÁRVORES URBANAS

*Por Cristina Aledi Felsemburgh, Élcio Meira da Fonseca Júnior
e Andressa J. Viana de Souza*

9.1. Destaques deste capítulo

1. Morfofisiologia estuda a forma e função das árvores e sua relação com o ambiente urbano, sendo crucial para o planejamento da arborização;
2. Árvores urbanas enfrentam estresse por solo compactado, menor disponibilidade de água e nutrientes, e maior exposição solar e poluição;
3. A escolha da espécie deve considerar porte, tipo de raiz (de preferência pivotante), copa, deciduidade e interação com fauna e estruturas;
4. Serviços ecossistêmicos incluem sequestro de carbono, redução de ilhas de calor, umidificação do ar e melhoria do bem-estar da população;
5. O sistema radicular é vital para a ancoragem e absorção, mas é frequentemente danificado por escavações, comprometendo a saúde da árvore.

9.2. Introdução

Quando estudamos as árvores, levamos em consideração sua morfologia, ou seja, a forma e a aparência externa das estruturas e dos órgãos vegetais, e ainda a sua fisiologia, com os aspectos que dizem respeito ao seu funcionamento relacionado com as respostas ao ambiente físico (abiótico) e vivo (biótico). Sendo assim, a morfofisiologia de árvores urbanas pode ser definida como o estudo das formas e funções das estruturas das plantas e sua relação com o ambiente urbano.

As plantas arbóreas (árvores) são definidas como um vegetal superior terrestre, lenhoso, de grande porte, com crescimento monopodial até cerca de 2 metros de altura, caule elevado, ereto e ramificações a certa altura do solo [1].

Uma descrição do corpo de uma árvore permite a divisão em três porções: i) a copa, porção superior composta por folhas e ramos; ii) o tronco, denominado de fuste, suporte livre de ramificações; e iii) o sistema radicular, parte subterrânea ou com raízes aéreas ou superficiais, como as sapopemas. As características de cor, forma, porte, estrutura, textura e simetria dessas três porções

devem ser levadas em consideração no momento da escolha da espécie para compor projetos de implantação e de manejo de áreas verdes urbanas.

O conhecimento das características morfofisiológicas, como porte, forma do tronco, agressividade das raízes, presença de odores, de compostos tóxicos e de espinhos, interação com a fauna ou com outras plantas, é de suma importância e essas características devem ser consideradas na escolha de espécies para compor o ambiente urbano [2].

Para se referir à cobertura arbórea das cidades, são utilizadas as terminologias florestas e árvores urbanas. A distinção é importante, sugere-se utilizar a terminologia Florestas Urbanas para os componentes florestais dentro e ao redor das cidades, e árvores urbanas para árvores isoladas ou em pequenos grupos encontradas em praças e avenidas. Árvores isoladas, ou mesmo em pequenos grupos em áreas urbanas, podem ter características morfofisiológicas distintas daquelas de formações florestais naturais e florestais urbanas devido às condições microambientais [3].

A morfofisiologia das plantas lenhosas em ambientes urbanos é diretamente influenciada por fatores ambientais. Os ambientes florestais e urbanos apresentam diferenças significativas em aspectos ecológicos, climáticos e estruturais [4]. Na região Amazônica, as condições naturais da floresta incluem elevada precipitação, baixa fertilidade do solo com alta dependência da ciclagem de nutrientes e um microclima regulado pela cobertura vegetal [5]. Em contraste, nos centros urbanos amazônicos, a implantação da infraestrutura urbana resulta no aumento das temperaturas, alterações na drenagem, redução da umidade, poluição atmosférica, fragmentação da vegetação impactando diretamente a flora local [6,7].

Essas diferenças de ambientes florestais naturais e urbanos afetam o desenvolvimento das plantas lenhosas urbanas, que precisam se adaptar a um ambiente com maior exposição solar, compactação do solo, menor disponibilidade de água e nutrientes e disponibilidade de espaço limitada para o desenvolvimento do sistema radicular [4]. Em ambientes urbanos, a temperatura tende a ser mais alta e a umidade menor devido à substituição da vegetação por superfícies como asfalto e concreto, impermeáveis [6], o solo urbano sofre compactação e a drenagem geralmente é inadequada, afetando o crescimento e a absorção de água pelas raízes [8], a presença de poluentes atmosféricos e a deposição de partículas nas folhas, que interceptam a luz que atinge a superfície foliar, impactando negativamente a taxa fotossintética e os processos envolvidos nas trocas gasosas [7].

As mudanças no ambiente podem resultar em adaptações morfofisiológicas nas árvores urbanas, como folhas mais espessas e consistência mais resistente, menor taxa de crescimento, alterações nas trocas gasosas, transpiração e sistema radicular com raízes superficiais [9], além de mudanças no metabolismo, com a produção de metabólitos secundários devido à poluição [10].

No ambiente urbano, as árvores isoladas ou em pequenos grupos estão sujeitas a diferentes condições de estresse, como: poluição do ar e do solo, temperaturas elevadas, baixa umidade do ar, ventos, estresse hídrico, compactação do solo, limitação do volume do solo disponível, entre outros. Já as florestas urbanas estão em áreas maiores e contínuas, formando ecossistemas

característicos, com o estabelecimento de relações específicas com outras espécies vegetais, solo, água, nutrientes, fauna e outros fatores ambientais bióticos e abióticos [3].

Para gestores urbanos, as informações morfofisiológicas das árvores urbanas são fundamentais para o planejamento de cidades sustentáveis, garantindo a seleção de espécies adequadas e promovendo estratégias de arborização eficazes. Profissionais envolvidos na implantação, na gestão e no manejo dessas plantas devem considerar essas diferenças para otimizar a sobrevivência e os benefícios ecossistêmicos das árvores urbanas, contribuindo para a melhoria da qualidade ambiental e do bem-estar da população [11].

O elemento arbóreo é essencial no meio urbano. As árvores são capazes de influenciar de forma direta na qualidade de vida da população, seja do ponto de vista ecológico, paisagístico, cultural, social e histórico [12,13]. As árvores urbanas podem aliviar o efeito da ilha de calor (fenômeno climático caracterizado pelo aumento da temperatura em áreas urbanizadas em comparação com as zonas rurais adjacentes, devido à alta concentração de materiais que retêm calor, como concreto e asfalto, além da redução de vegetação e da liberação de calor por atividades humanas), a absorção de água da chuva e redução do escoamento superficial, redução da poluição do ar, sequestro de carbono, sombreamento, redução de ruídos e de ventos fortes e umidificação da atmosfera urbana [14,15]. A arborização urbana também possui função estética dinamizando a paisagem, delimitando espaços e a percepção visual, abrigo e fonte de alimentação para a fauna além de promover o bem-estar social e psicológico dos moradores das cidades [16].

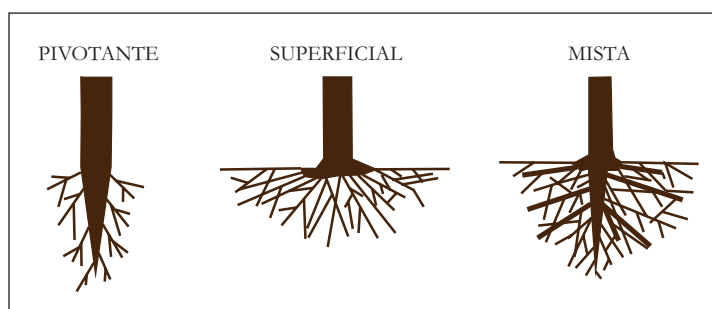
Esses serviços ambientais têm importância cada vez mais destacada, principalmente, relacionada com o entendimento de impactos da mudança climática global sobre a morfofisiologia das árvores. Isso porque as áreas urbanas funcionam como um “laboratório a céu aberto”, onde a capacidade adaptativa de espécies arbóreas e o impacto das mudanças globais nos serviços ecossistêmicos podem ser testados [17], refletindo as condições futuras e uma antecipação das mudanças climáticas em grande escala [18]. Neste sentido, a “morfofisiologia de árvores urbanas” define as respostas destas plantas ao ambiente urbano e suas adaptações em longo prazo [14].

9.3. Características morfofisiológicas de importância para a arborização urbana

Para a arborização urbana, o ideal é priorizar as espécies nativas e aptas às condições climáticas da região, favorecendo o sucesso dos empreendimentos de implantação e reduzindo, desta forma, os custos com manutenção, adubação e irrigação, levando em consideração ainda o rápido crescimento inicial, folhas persistentes ou semicaducifólias, frutos pequenos ou comestíveis, tronco ereto, floração vistosa e sistema radicular pivotante ou axial profundo.

9.4. Morfofisiologia do sistema radicular

As raízes podem ser classificadas quanto à sua morfologia em: i) pivotante ou axial – que tem o crescimento da raiz principal perpendicular ao perfil do solo; ii) superficial – as quais se desenvolvem mais paralelamente ao perfil do solo; e iii) mista – apresenta as raízes principais e secundárias bem desenvolvidas (Figura 1) [19].

Figura 9.1 – Tipos de raízes.

Fonte: Autores; Zabotto Ambiental.

As espécies com raízes superficiais e mistas são as que podem causar mais danos às estruturas urbanas, dependendo do local de plantio. Por exemplo, os indivíduos do gênero *Ficus spp.*, em particular, *F. catappifolia* Kunth & C. D. Bouché e *F. benjamina* L., espécies popularmente conhecidas como figueiras, são muito utilizados na arborização urbana. Porém, por apresentarem raízes superficiais de crescimento agressivo e que ficam expostas, e em função do solo compactado ou raso, com limitação de espaço para o desenvolvimento radicular, geralmente ocasionam danos às calçadas ou às estruturas do entorno (Figura 2) [20-22].

Figura 9.2 – Raízes ocasionando danos à calçada.

Fonte: Autores.

A mangueira (*Mangifera indica* L.) e a sumaúma (*Ceiba pentandra* (L.) Gaertn.), embora muito utilizadas na arborização urbana da região Norte, não são recomendadas em vias públicas. As mangueiras, devido à agressividade das raízes, à queda de frutos que podem causar danos a veículos em trânsito ou estacionados sob a copa, resultando em prejuízos materiais e riscos para pedestres [23], à grande produção de frutos e folhas que aumentam a demanda por serviços de limpeza urbana [4], à atração de insetos, como moscas, que são atraídos pela fermentação dos frutos

caídos e aos odores desagradáveis que podem gerar incômodos à população e contribuir para o aumento da incidência de pragas no ambiente urbano [7]. Já a sumaúma não é recomendada devido às raízes superficiais formarem grandes sapopemas, causando rachaduras em calçadas e asfalto, à copa extensa e aos galhos plagiotrópicos que podem interferir na fiação elétrica, exigindo podas frequentes, além da liberação das sementes e o excesso de paina que podem obstruir bueiros.

Apesar da não recomendação da arborização urbana com mangueiras, em Belém-PA, são legalmente instituídas como patrimônio histórico, pela importância sociocultural à população [24], por isso recomenda-se a sua utilização em parques e áreas maiores e não em vias públicas.

Outras espécies que são bastante comuns na arborização de áreas urbanas na região Norte, mas que podem causar danos à pavimentação e a outras estruturas, são o jameiro (*Syzygium malaccense* (L.) Merr. & L. M. Perr.), espécie exótica, e o macharimbé (*Cenostigma macrophyllum* Tul), espécie nativa da Amazônia. Estas espécies são recomendadas em locais com espaços mais amplos, que permitam o desenvolvimento do sistema radicular, como praças amplas e parques.

Para evitar danos à pavimentação e a outras estruturas urbanas, o mais indicado é que, para a arborização de ruas e avenidas, sejam utilizadas espécies com o sistema radicular pivotante. Esse tipo de sistema radicular pode penetrar mais profundamente o solo, causar menores danos às estruturas, e reduzir a vulnerabilidade das plantas ao tombamento e ao déficit hídrico [3]. Algumas espécies com sistema radicular com tais características e que podem ser indicadas são: *Couma utilis* (Mart.) Müll.Arg., *Muntingia calabura* L. e *Handroathus serratifolius* (Vahl) S. Grose, esta última com o cuidado da copa caducifolia durante o período de floração.

Apesar do impacto visual das árvores no espaço urbano estar particularmente evidente em órgãos acima do solo (caules, folhas, flores e frutos), o volume e o impacto do sistema radicular no ambiente são comparáveis e, às vezes, maiores que dos órgãos acima do solo.

A morfofisiologia do sistema radicular está diretamente relacionada à capacidade das plantas em obter água e nutrientes minerais do solo. Quanto maior a extensão das raízes, maior essa capacidade. Diferentes espécies de árvores apresentam arquitetura do sistema radicular (ASR) como uma característica própria. A ASR é determinada pela modulação do ângulo, da taxa de crescimento e do tipo de raízes individuais que contribuem para o sistema radicular. A ASR é fundamental para a ancoragem das plantas conferindo estabilidade, assim como absorção eficiente de água e nutrientes do solo. A ASR é moldada pelas interações entre os componentes genéticos e ambientais que estabelecem uma estrutura com a qual a planta explora o solo e responde a sinais externos que ditam os padrões de crescimento futuros. A ASR é dependente de rotas reguladas por hormônios que se cruzam com aquelas que percebem e respondem a sinais externos e sinais ambientais [25].

Sendo assim, a ASR de uma árvore é bastante particular. Essa característica varia, mesmo entre árvores de uma mesma espécie, porque é influenciada por fatores ambientais e não apenas genéticos. Em estudo realizado com duzentas e quarenta e três árvores adultas de doze espécies, verificou-se que a estrutura do sistema radicular é influenciada principalmente pelo material do solo e pela disponibilidade de água e, em menor grau, pelas espécies de árvores. Segundo estes autores, as árvores podem apresentar plasticidade na ASR, o que oferece às árvores capacidade de adaptação em diferentes condições ambientais [26].

Os sistemas radiculares das árvores em áreas urbanas estão sujeitos a danos mecânicos acidentais, como cortes e perdas de parte de sua estrutura, que ocorrem devido à construção e manutenção de estruturas urbanas, quando há necessidade de escavações do solo [27,28]. Apesar da capacidade regenerativa das raízes e, eventualmente substituição das raízes perdidas, se o espaço

da raiz for perdido ou reduzido, o sistema radicular não será regenerado de forma adequada, impactando a ASR e, conseqüentemente, a arquitetura de copa. Danos ao sistema radicular aumentam a susceptibilidade a estresses ambientais, reduzem a estabilidade da árvore e podem resultar em morte do indivíduo e tombamento [28]. Portanto, o planejamento prévio do espaço no solo destinado ao sistema radicular é de grande importância para que se desenvolva uma adequada ASR, livre de lesões ou defeitos, possibilitando árvores saudáveis, estáveis, com maior longevidade e reduzindo, assim, os custos com remoção e substituição.

9.5. Morfofisiologia da parte aérea

A classificação do porte das árvores em pequeno, médio e grande é divergente entre autores (Tabela 1).

Tabela 9.1 – Porte das árvores.

Porte baixo	Porte média	Porte alto	Porte muito alto	Autor
< 4 m	4 a 7 m	> 7 m	-	[29]
< 8 m	15 m	> 15 m	-	[30]
< 8 m	8 a 16 m	16 a 24 m	> 24 m	[31]

Fonte: Autores.

Além do porte, a forma da copa constitui um parâmetro fundamental a ser considerado na escolha e no manejo das espécies arbóreas. As copas podem apresentar diferentes padrões morfológicos, como globosos, cilíndricos ou colunares, cônicos, piramidais, arredondados, pêndulos, umbeliformes ou ainda formas irregulares, sem padrão definido [32,33]. Dentre as espécies nativas da Amazônia já utilizadas na arborização, encontramos as espécies *Andira inermis* (W. Wright) DC., *Clitoria fairchildiana* R.A. Howard e *Sapindus saponaria* L. com copa globular; *Terminalia grandis* (Ducke) Gere & Boatwr., *Lophanthera lactescens* Ducke e *Couma macrocarpa* Barb. Rodr., com copa cônica; *Schizolobium parahybavar. amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby e *Spondias mombin* L. com copa umbeliforme (Figura 3); *Anacardium spruceanum* Benth. Ex Engl, *Crescentia cujete* L. e *Vochysia maxima* Ducke com copa sem forma definida.

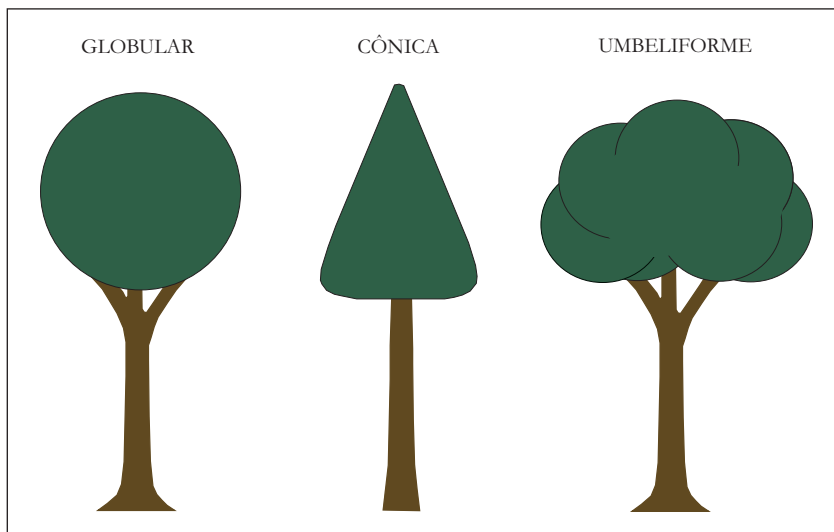
A copa das árvores pode ser “moldada e direcionada” utilizando-se as técnicas de poda, no entanto, o período para a execução deve ser observado levando em consideração a espécie, a vulnerabilidade a pragas ou doenças, o crescimento reprodutivo e vegetativo, além da persistência da folhagem.

A persistência ou não das folhas na copa é outra característica que deve ser avaliada na escolha da espécie a ser implantada na arborização. As árvores podem ser perenifólias ou persistentes, em que a copa permanece com folhas durante todo o ano, semicaducifólias, que trocam as folhas, mas não de uma só vez, e as caducifólias ou decíduas, que trocam completamente suas folhas em um período do ano.

A persistência ou não das folhas pode ser refletida no sequestro de carbono, acúmulo de biomassa e na evapotranspiração dos indivíduos arbóreos. Para as espécies caducifólias, como os ipês, por exemplo, apesar do efeito paisagístico, deve-se ter atenção com a queda das folhas durante a floração, ocasionando sujeira nas ruas, entupindo bueiros e a perda da função de

sombreamento. Já as espécies *Licania tomentosa* e *Ficus catappifolia* são perenifólias, têm copas frondosas e proporcionam sombra durante o ano inteiro [34,35].

Figura 9.3 – Diferentes padrões morfológicos de copa.



Fonte: Autores; Zabotto Ambiental.

As folhas das copas absorvem parte da radiação solar e com isso minimizam as ilhas de calor oriundas da pavimentação e das construções urbanas. Em estudo com duas espécies contrastantes em relação à densidade da copa, *Robinia pseudoacacia* L. e *Tilia cordata* Mill., os autores verificaram que com índice de área foliar (IAF) 30% maior, árvores de *T. cordata* apresentaram transpiração três vezes maior e, conseqüentemente, maior resfriamento do asfalto [36]. O tamanho das folhas também é uma característica morfológica que pode ser levada em consideração durante a escolha da espécie. Quando a função estiver relacionada com a deposição de material particulado oriundo da poluição, devem-se escolher espécies com maior superfície de área foliar, perenifólias e preferencialmente tolerantes à poluição [37].

Além do porte e da persistência das folhas, os grupos funcionais também devem ser considerados, pois podem inferir sobre a tolerância a determinando fator ambiental, como a luz, a taxa de crescimento, a longevidade e o período juvenil. Logo, para auxiliar na arborização urbana, o conhecimento dos grupos ecológicos sucessionais das espécies também se faz importante. Podemos citar as categorias, quanto às características gerais e principais sobre os grupos ecológicos:

- Pioneiras: crescimento muito rápido, madeira muito leve, muito intolerante à sombra, geralmente com porte de 4 a 10 m de altura, dispersão das sementes via zoocoria (animais) e anemocoria (vento), com frutos e sementes geralmente pequenos e período juvenil curto (1 a 5 anos);
- Secundárias iniciais: crescimento rápido, madeira leve, intolerante à sombra, geralmente com porte de 20 m de altura, dispersão das sementes via barocoria (gravidade), zoocoria e anemocoria, com frutos e sementes geralmente médios e período juvenil médio (5 a 10 anos);
- Secundárias tardias: crescimento médio, madeira mediamente dura, intolerante à sombra no estágio juvenil, geralmente com porte de 20 a 30 m de altura, dispersão das sementes

- principalmente via anemocoria, com frutos e sementes de tamanho pequeno a médio e período juvenil longo (10 a 20 anos);
- d) Clímax: crescimento lento ou muito lento, madeira dura e pesada, tolerante à sombra, geralmente com porte de 30 a 45 m de altura, dispersão das sementes via zoocoria (ampla – grandes animais) e barocoria, com frutos e sementes grandes e pesados e período juvenil muito longo (mais de 20 anos).

No entanto, os critérios para a classificação das espécies em grupos ecológicos podem ser diferenciados entre autores, e a categorização diferente para uma mesma espécie pode estar relacionada às respostas ecológicas e às características ambientais distintas como clima e solo [38,39]. Para as pioneiras, o maior estoque de carbono está relacionado ao maior investimento no crescimento em altura, enquanto para as secundárias e clímax, o maior investimento em matéria seca está relacionado ao crescimento em diâmetro.

Além dos grupos ecológicos e suas características intrínsecas como crescimento rápido, moderado ou lento, exigência em luz ou tolerância ao sombreamento, os tipos de dispersão e grupos funcionais também devem ser levados em consideração para a sustentabilidade das áreas verdes urbanas auxiliando o planejamento ambiental urbano.

Espécies pioneiras geralmente são decíduas, com dispersão principalmente pelo vento – anemocórica, as secundárias iniciais têm uma maior tolerância à sombra e são frequentemente semi-decíduas, com dispersão anemocórica e zoocórica, as secundárias tardias podem ser perenifólias ou semidecíduas, com dispersão zoocórica, e as clímax em sua maioria são perenifólias [40-42].

A deciduidade desempenha um papel importante para a arborização urbana, a queda sazonal das folhas pode se tornar um desafio para a limpeza das ruas, para a obstrução de bueiros e para os sistemas de drenagem, já a queda de frutos e flores, embora auxilie a alimentação da fauna no ambiente urbano, pode atrair espécies sintrópicas como roedores. Com isso, torna-se importante o planejamento dos gestores municipais considerando os possíveis impactos da deciduidade no conforto térmico, no acúmulo de detritos, na redução de custos com manutenção e no desconforto da população [41,43].

A presença de flores, estruturas reprodutivas das angiospermas, é uma das características determinantes desse grupo, no entanto, além da função reprodutiva, as flores são importantes nos estudos taxonômicos, na diferenciação de espécies similares, além de influenciarem diretamente na definição de indivíduos a serem usados na arborização do ambiente urbano, pelo efeito estético que a planta apresenta em períodos de floração, aromas agradáveis expelidos por essas estruturas, além de sua capacidade de atrair a fauna [12,44].

A interação entre plantas com flores e os visitantes florais ocorre por meio do fornecimento de recursos alimentares por parte das flores a esses visitantes (insetos, geralmente), que, por sua vez, realizam a polinização durante o processo de alimentação por meio do néctar floral, uma fonte rica em açúcar, além dos grãos de pólen, fonte de proteínas [45]. Assim, devem-se observar alguns aspectos das flores que as tornam mais atrativas a esses polinizadores em ambientes urbanos como, por exemplo, a cor das flores, a forma, a disposição em que se encontram na planta (facilitando o alcance do polinizador), e o tamanho de suas pétalas de modo que permitam o pouso de potenciais polinizadores [46].

De modo geral, avaliando isoladamente os aspectos de floração, as espécies arbóreas escolhidas para comporem a arborização de determinada cidade devem apresentar flores vistosas e coloridas, o que as torna mais atraentes à fauna local, com período de floração considerável, com maior intensidade e duração possível, espécies com aromas agradáveis ou que não apresentem odores desagradáveis, não possuam potencial alergênico e/ou toxicidade durante a florada [12,44].

Assim como as flores, os frutos servem como fonte de alimento à avifauna, insetos benéficos e pequenos mamíferos presentes em perímetro urbano, o período de frutificação agrega efeito estético à paisagem, desse modo, a escolha de espécies frutíferas deve ser considerada no processo de arborização das cidades [46,47].

O uso de espécies frutíferas em ambientes urbanos ainda é um assunto controverso apesar dos benefícios supracitados, sendo importante seguir alguns critérios na seleção de frutíferas para comporem a paisagem urbana, a fim de evitar acidentes ou inconvenientes no dia a dia, como evitar indivíduos que possuam frutos muito grandes, pesados, e excessivamente carnosos, pois podem atingir pedestres ou causar danos em automóveis, além de ocasionar sujeiras nos espaços públicos; também devem ser evitados frutos que exalem mau cheiro, possuam algum tipo de toxicidade ou possam causar manchas [24,21].

No paisagismo urbano, levando em conta o local onde será implantado o indivíduo arbóreo, deve-se optar por espécies que apresentam frutos pequenos, que sirvam de alimento, e ainda fonte de abrigo e alimentação para pequenas aves, como aceroleira e a caramboleira [21]. Aquelas que apresentam frutos maiores, mais pesados, comestíveis pela população, e que sejam de grande porte, devem ser destinadas a compor a área verde de praças e parques públicos, como a mangueira e o cacauí [47].

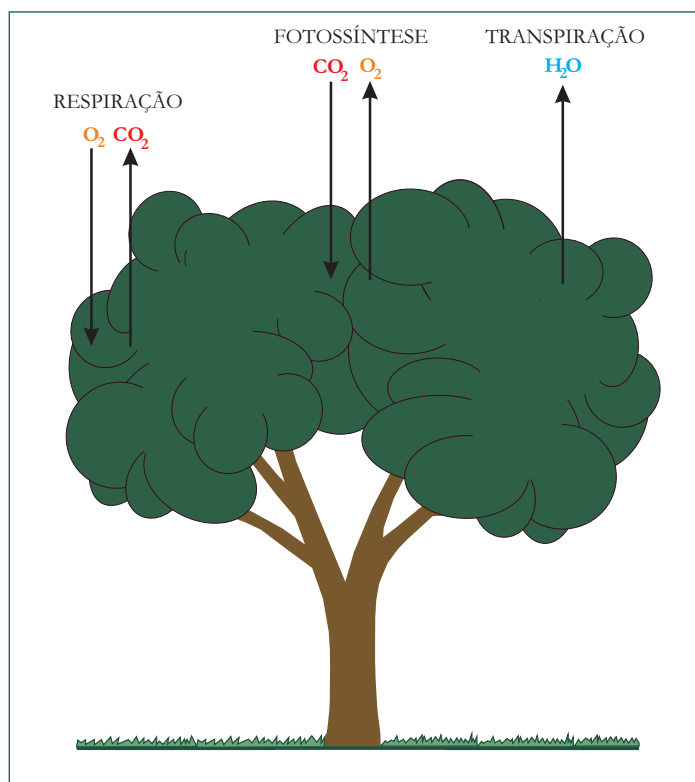
9.6. Árvores urbanas e fluxos globais de carbono, água e energia

O Protocolo de Quioto, firmado em 1997, estabeleceu metas de redução de emissão de gases de efeito estufa e mecanismos adicionais de implementação para que as metas sejam atingidas [48]. As mudanças climáticas em curso vêm despertando a preocupação das autoridades e da opinião pública mundial em função do aumento gradativo da temperatura média da Terra, devido ao aumento da concentração de gases de efeito estufa, principalmente o dióxido de carbono (CO_2), provenientes de maior atividade industrial e agrícola, queima de combustíveis fósseis pelos meios de transporte [48]. Desde então, a atenção de governantes e cientistas sobre o papel das florestas no sequestro de carbono, como meio eficiente na captação do CO_2 atmosférico e redutor do efeito estufa e das mudanças climáticas globais, tem aumentado.

No sequestro de carbono, as plantas, ao transpirem, liberam água (vapor) das folhas para a atmosfera possibilitando que o CO_2 se difunda da atmosfera para as folhas (Figura 4), inicialmente, por meio dos estômatos, depois, por meio dos espaços intercelulares e, finalmente, para o interior de células chegando aos cloroplastos. Na presença de quantidades adequadas de luz, concentrações mais elevadas de CO_2 sustentam taxas fotossintéticas maiores. Isso pode resultar em maior crescimento vegetal sendo o excesso de carbono assimilado estocado na biomassa da planta e também no solo [49] ou seja, as árvores urbanas também sequestram carbono em sua madeira. É importante destacar ainda o processo de respiração nas plantas, onde obtêm energia a partir da quebra

de moléculas orgânicas, como a glicose, produzida na fotossíntese. Embora realizem fotossíntese durante o dia, as plantas respiram continuamente, tanto de dia quanto de noite, garantindo o suprimento energético necessário às suas funções vitais [50].

Figura 9.4 – Esquema simplificado dos processos fisiológicos de fotossíntese, respiração e transpiração.



Fonte: Autores; Zabotto Ambiental.

As cidades são responsáveis por mais de 80% das emissões de gases de efeito estufa [50]. Apesar de as florestas desempenharem importante papel no sequestro de carbono, estudos sobre a efetividade das árvores urbanas no sequestro de carbono são ainda incipientes. Para ilustrar a importância das árvores na remoção de CO_2 atmosférico, a estimativa de sequestro anual de carbono por florestas urbanas nos Estados Unidos foi de 25,6 milhões de toneladas de carbono, equivalentes a dois bilhões de dólares [37]. Já o armazenamento total de carbono de árvores urbanas de 28 cidades dos Estados Unidos foi estimado em 643 milhões de toneladas, equivalentes a cinquenta bilhões de dólares [37].

No Brasil, ainda há poucos estudos sobre o sequestro de carbono por árvores urbanas, e, menos ainda, na região Norte. Embora a vegetação na Amazônia apresente alta produtividade primária e ampla distribuição, indicando seu grande potencial para sequestrar carbono, são poucos os estudos nos centros urbanos. Em um estudo, foi estimado o estoque de carbono baseado em equação alométrica, de 460 indivíduos arbóreos em três vias públicas de Manaus-AM com 6,09 toneladas [16]. Nesta estimativa, estes autores sugerem *Licania tomentosa* (oiti) com o maior potencial para estocar carbono, devido ao seu rápido crescimento e maior diâmetro, indicando-a como

própria para arborização de vias públicas. No entanto, os autores não forneceram a lista com as espécies e o respectivo potencial para sequestro e estoque de carbono para subsidiar a escolha de outras espécies para arborização urbana.

Foi observado que o total de carbono de uma árvore é dado a partir de 48% do peso seco [52]. Com base nos valores acima e utilizando uma equação alométrica [53], considerando-se árvores com DAP $\geq 5,0$ cm e altura superior a 1,5 metro, estimamos para uma avenida de Santarém-PA, com um total de 323 indivíduos arbóreos, estoque de carbono de 4,04 toneladas. As espécies com maiores estoques médios de carbono foram *Ficus catappifolia* Kunth & Bouch., *Handroanthus pulcherrimus* (Sandwith) Mattos., *Mangifera indica* L., *Lecythis pisonis* subsp. *pisonis* Cambess. e *Senna macranthera* var. *macranthera* (DC. ex Collad.) Irwin & Barneby (dados ainda não publicados). Já em um levantamento no mesmo município em quatro praças centrais, estimamos o estoque de carbono de 4,71 toneladas em 191 indivíduos arbóreos avaliados. Nas praças, as espécies com maior estoque médio de carbono foram *Adenanthera pavonina* L., *Mangifera indica* L. e *Terminalia catappa* L. (dados ainda não publicados).

Em um levantamento sobre o carbono emitido pelo transporte público e o potencial de captura pela vegetação em Belém-PA, foi verificado que a emissão foi muito superior, correspondendo a 146.889,61 toneladas de CO₂/ano, enquanto a captura foi de 5.117,82 toneladas de carbono/ano. Os autores ressaltam que políticas de aumento de cobertura vegetal no município de Belém-PA podem aumentar o potencial de captura de CO₂ e a qualidade de vida na cidade [54]. Pela literatura consultada, não encontramos estudos relacionando a emissão e captura de CO₂ pelas árvores em ambiente urbano.

A região Norte apresenta a menor porcentagem de arborização urbana de domicílios situados em logradouros no Brasil (36,1%), seguida pelo Nordeste (61,5%), Centro-Oeste (69,5%), Sul (72,1%) e Sudeste (73,5%) (IBGE, 2010).

Esse levantamento reforça a necessidade de políticas públicas e investimentos na arborização urbana na região Norte e medidas para mitigar as emissões de CO₂.

Em cidades da região Norte do Brasil, como Santarém-PA, Belém-PA, Manaus-AM e Macapá-AM, há predominância de situações de extremo desconforto térmico, as chamadas ilhas de calor, associadas provavelmente com as características climáticas locais, bem como temperaturas e umidade do ar elevadas durante todo o ano [55]. Serviços ambientais que mitigam esses efeitos são de grande importância, como é o caso da arborização urbana que filtra os raios solares pela copa das árvores até a formação de um microclima agradável, proporcionado pelo arejamento que os corredores de vento trazem.

Logo, o conhecimento sobre a morfofisiologia das espécies a serem implantadas na arborização é de fundamental importância para que os serviços ambientais desejados sejam alcançados. As folhas sequestram CO₂ da atmosfera, via estômatos, e, para isso, esses devem ser mantidos abertos. Com isso, as folhas perdem vapor de água por evaporação via transpiração e uma coluna de água é formada do solo até a atmosfera, fenômeno denominado evapotranspiração.

Uma árvore adulta e de grande porte pode absorver do solo até 250 litros de água por dia [44]. A água absorvida do solo é transportada para a parte aérea sendo liberada, por difusão, da folha para a atmosfera, durante a transpiração vegetal. Uma única árvore com 10 metros de diâmetro

de copa, ocupando uma área de 83 m², devolve à atmosfera 300 litros de água por dia, ao passo que uma árvore mais frondosa, com cerca de 20 m de copa, libera mais de 1.100 L de água no mesmo período [56]. Uma única árvore pode transpirar 150 mil litros de água em um ano, em média 400 litros por dia [57].

Sabe-se que a transpiração contribui com grande parte da água para as chuvas na Amazônia e em outras regiões do Brasil, por meio dos chamados rios voadores [58]. No ambiente urbano, como é o caso da região Norte, as árvores contribuem para aumentar a umidade relativa do ar e diminuir a temperatura local evitando também o calor provocado pelo aquecimento do asfalto. Assim, exercem importante função na regulação do microclima local, sendo o resfriamento atribuído ao sombreamento causado pela copa e à evapotranspiração [59].

9.7. Considerações finais

A escolha das espécies é a base do sucesso da arborização. Gestores públicos devem priorizar espécies nativas com sistema radicular pivotante, porte adequado ao espaço e tolerância aos estresses urbanos. Além disso, deve-se investir no planejamento do espaço subterrâneo para as raízes se desenvolverem, considerando que pode haver a existência de equipamentos urbanos nesse compartimento, uma vez que esse órgão é tão crucial quanto cuidar da copa.

A abordagem morfofisiológica é o investimento mais inteligente para uma cidade mais sustentável, resiliente e saudável, garantindo os serviços ecossistêmicos que a população precisa. O planejamento baseado na ciência é a chave para reduzir custos com manutenção e maximizar os benefícios da floresta urbana.

9.8. Referências

- [1] Pimentel RG, Braz DM, Germano Filho P, Gevú KV, Silva IAA. Morfologia de angiospermas. Rio de Janeiro: Technical Books Editora; 2017.
- [2] Bastos FEA, Camargo SS, Meneguzzi A, Kretzschmar AA, Rufato L. Levantamento florístico e características das espécies em praças públicas em Lages-SC. *Rev Soc Bras Arbor Urb.* 2016;11(1):34-42.
- [3] Magalhães LMS. Arborização e florestas urbanas: terminologia adotada para a cobertura arbórea das cidades brasileiras. *Floresta Ambient.* 2006;23-6.
- [4] Silva TR, Mendes CA. Influência do meio urbano sobre o desenvolvimento de árvores. *Rev Bras Ecol Urb.* 2020;5(1):12-27.
- [5] Moraes FA, Almeida PR, Lima SJ. Dinâmica dos solos e ciclagem de nutrientes na Floresta Amazônica. *Rev Amaz Ecol.* 2020;10(2):55-72.
- [6] Gomes AL, Pacheco DM, Santos EF. Ilhas de calor e seus impactos na vegetação urbana. *Rev Climatol.* 2021;17(1):98-112.
- [7] Rodrigues MC, Silveira LT, Costa PA. Efeitos da poluição atmosférica na morfologia foliar de espécies urbanas. *Biotechnol Meio Ambiente.* 2022;25(2):77-92.
- [8] Santos FS, Lima DP, Ferreira RM. Levantamento de espécies arbóreas em via urbana do município de Foz do Iguaçu-Paraná. *Biota Amazônia.* 2016;6(3):52-4.

- [9] Carvalho LM, Silva RA, Pereira TM. Adaptação morfofisiológica de espécies arbóreas em ambientes urbanos. *Rev Soc Bras Arbor Urb.* 2020;15(2):45-60.
- [10] Souza GF, Almeida JP. Produção de metabólitos secundários em plantas urbanas expostas à poluição. *Pesq Biol Veg.* 2017;20(2):55-70.
- [11] Fernandes PR, Oliveira MJ, Rodrigues CS. Estratégias de manejo para a arborização urbana na Amazônia. *Cienc Flor.* 2023;33(1):123-38.
- [12] Companhia Energética de Minas Gerais (Cemig). Manual de arborização. Belo Horizonte: Cemig/Fundação Biodiversitas; 2011.
- [13] Leite EC, Faria LC, Capelo FFM, Tonello KC, Castello ACD. Composição florística da arborização urbana de Sorocaba/SP, Brasil. *Rev Soc Bras Arbor Urb.* 2014;9(1):133-50.
- [14] Calfapietra C, Peñuelas J, Niinemets Ü. Urban plant physiology: adaptation-mitigation strategies under permanent stress. *Trends Plant Sci.* 2015;20(2):72-5.
- [15] Nicodemo MLF, Primavesi O. Por que manter árvores na área urbana? (Série Documentos, 89). São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste; 2009.
- [16] Furtado SC, Rocha TLP, Machado AJS, Figueiredo SCG. Potencial de sequestro de carbono por espécies arbóreas em vias públicas de Manaus. In: Congresso Amazônico de Meio Ambiente & Energias Renováveis; 2016; Belém. Anais... Belém: UFRA; 2016 [acesso em 15 ago. 2020]. Disponível em: <http://www.even3.com.br/anais/camaer2016/31519-potencial-de-sequestro-de-carbono-por-especies-arboreas-em-vias-publicas-de-manaus/>
- [17] Bussotti F, Pollastrini M, Killi D, Ferrini F, Fini A. Ecophysiology of urban trees in a perspective of climate change. *Agrochimica.* 2014;58(3):247-68.
- [18] Youngsteadt E, Dale AG, Terando AJ, Dunn RR, Frank SD. Do cities simulate climate change? A comparison of herbivore response to urban and global warming. *Glob Change Biol.* 2015;21:97-105.
- [19] Prefeitura Municipal de Embaúba. Cartilha de arborização urbana do município de Embaúba, SP. Embaúba; 2017 [acesso 1 set. 2020]. Disponível em: <http://www.embauba.sp.gov.br>
- [20] Graciano-Silva T, Cardoso-Leite E, Tonello KC. Inventário da arborização urbana no município de Araçoiaba da Serra, SP. *Rev Soc Bras Arbor Urb.* 2015;9(4):151-69.
- [21] Rabelo LKL, Pires EC, Baumann SSRT, Brígida CAS, Silva JBS, Lima PS, et al. Espécies frutíferas na arborização urbana do município de Santarém, Pará. *Rev Ibero-Am Ciênc Ambient.* 2019;10(3):335-41.
- [22] Santos RAA, Felsemburgh CA, de Souza AJV, Conceição AKC, Lira AGS, Peleja VL. Análise quantitativa da arborização urbana de uma avenida em uma cidade da região Amazônica. *Nature Conserv.* 2019;12(3):64-78.
- [23] Ferreira JP, Oliveira MA, Santos RF. Impactos da arborização urbana na infraestrutura viária. *Rev Paisag Meio Ambient.* 2021;12(2):88-102.
- [24] Porto LPM, Brasil HMS, et al. Manual de orientação técnica da arborização urbana de Belém: guia para planejamento, implantação e manutenção da arborização em logradouros públicos. Belém: Edufra; 2013.
- [25] Jung JK, McCouch S. Getting to the roots of it: genetic and hormonal control of root architecture. *Front Plant Sci.* 2013;4:186.
- [26] Zanetti C, Vennetier M, Mériaux P, Provansal M. Plasticity of tree root system structure in contrasting soil materials and environmental conditions. *Plant Soil.* 2015;387(1-2):21-35.

- [27] Vitali V, Ramirez JA, Perrette G, Delagrance S, Paquette A, Messier C. Complex above- and below-ground growth responses of two urban tree species following root, stem, and foliage damage: an experimental approach. *Front Plant Sci.* 2019;10:1-13.
- [28] Watson GW, Hewitt AM, Custic M, Lo M. The management of tree root systems in urban and suburban settings: a review of soil influence on root growth. *Arboric Urban For.* 2014;40(5):249-72.
- [29] Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Porto Alegre. Viveiro municipal: produção, pesquisa e educação ambiental. Porto Alegre: Secretaria Municipal de Meio Ambiente; 1992.
- [30] Barbosa ACS. Paisagismo, jardinagem e plantas ornamentais. São Paulo: Iglu; 1989.
- [31] Jim CY. Evaluation of tree species for amenity planting in Hong Kong. *Arboricultural Journal.* 1990;14(1):27-44.
- [32] Gonçalves W, Paiva HN. Arborização urbana. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa; 2004.
- [33] International Society of Arboriculture (ISA). Best management practices: tree pruning. Champaign, IL: ISA; 2019.
- [34] Silva LA, Sousa CS, Parry MM, Herrera RC, Oliveira FPM, Parry SM. Diagnóstico da arborização urbana da cidade de Vitória do Xingu, Pará, Brasil. *Rev Soc Bras Arbor Urb.* 2018; 13(1):57-72.
- [35] Sousa LA, Cajaíba RL, Martins JSC, Colácio DS, Sousa ES, Pereira KS. Levantamento qualitativo da arborização urbana no município de Buriticupu, MA. *Rev Soc Bras Arbor Urb.* 2019;14(1):42-52.
- [36] Rahman MA, Moser A, Rötzer T, Pauleit S. Comparing the transpirational and shading effects of two contrasting urban tree species. *Urban Ecosyst.* 2019;22:683-97.
- [37] Nowak DJ, Greenfield EJ, Hoehn RE, Lapoint E. Carbon storage and sequestration by trees in urban and community areas of the United States. *Environ Pollut.* 2013;178:229-36.
- [38] Hartmann GF. Aspectos florísticos, fitossociológicos e da biologia da conservação do componente arbóreo de um fragmento de mata de restinga arenosa, Cidreira, RS [monografia]. Imbé: Universidade Estadual do Rio Grande do Sul/Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2017.
- [39] Da Silva AF, Oliveira RV, Santos NRL, de Paula A. Composição florística e grupos ecológicos das espécies de um trecho de floresta semidecídua submontana da Fazenda São Geraldo, Viçosa, MG. *Rev Árvore.* 2003;27(3):311-19.
- [40] Whitmore TC. Canopy gaps and the two major groups of forest trees. *Ecology.* 1989;70(3): 536-8.
- [41] Oliveira-Filho AT, Mello JM, Scolforo JRS. Composição florística e estrutura de uma floresta semidecídua secundária na Fazenda Experimental de Lavras, MG. *Rev Bras Bot.* 1994;17(1): 95-113.
- [42] Gandolfi S, Leitão Filho HF, Bezerra CL. Levantamento florístico e caracterização fisiológica de um remanescente de floresta mesófila semidecídua no município de Guarulhos, SP. *Rev Bras Biol.* 1995;55(4):753-67.
- [43] Chapin FS, Matson PA, Vitousek PM. Principles of terrestrial ecosystem ecology. 2nd ed. New York: Springer; 2011.
- [44] Souza VC, Flores TB, Lorenzi H. Introdução à botânica: morfologia. Nova Odessa: Instituto Plantarum; 2013.
- [45] Maia-Silva C, da Silva CI, Hrcir M, de Queiroz RT, Imperatriz-Fonseca VL. Guia de plantas visitadas por abelhas na Caatinga. Fortaleza: Fundação Brasil Cidadão; 2012.

- [46] Bechara FC, Topanotti LR, Silva LM. Aspectos da arborização urbana ecológica. *Rev Ibero-Am Ciênc Ambient*. 2016;7(1):49-55.
- [47] De Carvalho JA, Nucci JC, Valaski S. Inventário das árvores presentes na arborização de calçadas da porção central do bairro Santa Felicidade – Curitiba/PR. *Rev Soc Bras Arbor Urb*. 2010;5(1):126-43.
- [48] Moreira HM, Giometti ABR. Protocolo de Quioto e as possibilidades de inserção do Brasil no Mecanismo de Desenvolvimento Limpo por meio de projetos em energia limpa. *Contexto Int*. 2008;30(1):9-47.
- [49] Fares S, Paoletti E, Calfapietra C, Mikkelsen TN, Samson R, Le Thiec D. Carbon sequestration by urban trees. In: Pearlmutter D, Calfapietra C, Samson R, O'Brien L, Ostoic SK, Sanesi G, Del Amo RA, editors. *The urban forest: cultivating green infrastructure for people and the environment*. Vol. 7. Cham: Springer; 2017.
- [50] Raven PH, Evert RF, Eichorn SE. *Biologia vegetal*. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2014.
- [51] Hoornweg D, Sugar L, Trejos-Gómez CL. Cities and greenhouse gas emissions: moving forward. *Environ Urban*. 2011;23(1):207-27.
- [52] Velasco GDN, Higuchi N. Estimativa de sequestro de carbono em mata ciliar: Projeto POMAR, São Paulo (SP). *Ambiência*. 2009;5(1):135-41.
- [53] Higuchi N, Santos J, Ribeiro RJ, Minette L, Biot Y. Biomassa da parte aérea da vegetação da floresta tropical úmida de terra-firme da Amazônia brasileira. *Acta Amaz*. 1998;28:153-65.
- [54] Assumpção MP, Tavares PAM, Coutinho E. Balanço de carbono em cidades da Amazônia: estudo de caso em Belém, Brasil. *Rev Bras Gest Urb*. 2019;11:1-17.
- [55] Costa ACL, Silva Junior JDA, Cunha AC, Feitosa JRP, Portela BTTP, da Silva GGC, da Costa RF. Índices de conforto térmico e suas variações sazonais em cidades de diferentes dimensões na Região Amazônica. *Rev Bras Geogr Fís*. 2013;6(3):478-87.
- [56] Moss G, Moss M, Salati E, Dias P, Nobre AD. *Os rios voadores, a Amazônia e o clima brasileiro*. São Paulo: Horizonte; 2014.
- [57] Kline JR, Martin JR, Jordan CF, Koranda JJ. Measurement of transpiration in tropical trees with tritiated water. *Ecology*. 1970;51(6):1068-73.
- [58] Wright JS, Fu R, Worden JR, Chakraborty S, Clinton NE, Risi C, et al. Rainforest-initiated wet season onset over the southern Amazon. *Proc Natl Acad Sci USA*. 2017;114(32):8481-6.
- [59] Tan PY, Wong NH, Tan CL, Jusuf SK, Chang MF, Chiam ZQ. A method to partition the relative effects of evaporative cooling and shading on air temperature within vegetation canopy. *J Urban Ecol*. 2018;4(1):1-11.

Capítulo 10

ARBORIZAÇÃO URBANA E SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS

Por Sílvia Fernanda Mardegan, José Julio de Toledo, Lorena Antunes Jimenez, Marcelo Gordo, Mariana Barbosa Vilar, Sabina Cerruto Ribeiro e Siglea Sanna Noirtin Freitas Chaves

10.1. Destaques deste capítulo

1. Serviços ecossistêmicos são uma série de contribuições para o bem-estar humano, mas sua oferta em áreas urbanas depende de um planejamento eficiente da infraestrutura verde das cidades;
2. Na maioria das vezes, o rápido crescimento das cidades da região Norte ocorreu sem planejamento, resultando na supressão da vegetação e na baixa arborização urbana, comprometendo os serviços ecossistêmicos urbanos;
3. A arborização urbana insuficiente e mal planejada impacta negativamente os serviços ecossistêmicos urbanos, incluindo a regulação climática e hídrica, a qualidade do ar e o sequestro de carbono, além do bem-estar da população;
4. Integrar os serviços ecossistêmicos ao planejamento urbano e às políticas públicas é essencial para melhorar a qualidade de vida e promover a sustentabilidade na região Norte, repositório da maior sociobiodiversidade do nosso planeta.

10.2. Introdução

Um ecossistema inclui comunidades vegetais e animais macro e microscópicos que integram entre si e com o ambiente, formando uma unidade funcional. Nele, cada ser vivo desempenha um papel, contribuindo para a saúde e produtividade do ecossistema como um todo [1]. A capacidade dos componentes naturais e dos processos (*e.g.*, decomposição da matéria orgânica) de um ecossistema em prover bens e serviços que garantem o bem-estar humano é definida como função ecossistêmica [2]. As funções ecossistêmicas são agrupadas em quatro categorias: regulação; habitat ou suporte; produção ou provisão; função informativa ou cultural; e cada uma delas engloba uma série de serviços [3].

Os *serviços ecossistêmicos* são os benefícios que o homem e a sociedade obtêm dos ecossistemas. Os serviços de regulação estendem-se à regulação do clima e da qualidade do ar e da água, controle de inundações, moderação de eventos extremos, sequestro e estoque de carbono, prevenção da erosão e manutenção da fertilidade dos solos, polinização e controle biológico. Os serviços de habitat ou

suporte estão relacionados à provisão de habitat para espécies, sendo a base de todos os ecossistemas e demais serviços. Graças a eles, ocorre a manutenção dos processos ecossistêmicos, como a produtividade primária, a ciclagem de nutrientes e a diversidade genética. Os serviços de provisão incluem a obtenção de alimentos, água, matérias-primas e recursos medicinais. E, por fim, os serviços culturais são os benefícios não materiais que recebemos dos ecossistemas, incluindo lazer e recreação, saúde física e mental, turismo, apreciação estética da natureza e experiência religiosa e espiritual [1,3].

É importante destacar que alguns desses benefícios não são consumidos diretamente pelo homem, mas são necessários para garantir o funcionamento e a manutenção dos ecossistemas em que o homem se encontra inserido, como é o caso da polinização e a ciclagem de nutrientes.

Além disso, a escala de um serviço ecossistêmico varia de acordo com o escopo do problema ao qual ele está ligado (*e.g.*, regulação do clima) e há a possibilidade de transferir um serviço de onde ele é produzido para onde os seres humanos dele se beneficiam [4]. Um exemplo muito bem conhecido hoje é o papel desempenhado pelas florestas da Amazônia na regulação do clima, por meio da reciclagem da umidade, contribuindo para a circulação atmosférica e para os ciclos de água, do carbono e fluxo de energia na região Norte e em outras regiões do Brasil [5].

10.3. Qual terminologia usar: serviços ecossistêmicos, serviços ambientais ou contribuições da natureza para as pessoas?

Independentemente da sua designação, os serviços ecossistêmicos, ou seus sinônimos, têm sido utilizados para caracterizar uma ampla variedade de contribuições para o bem-estar humano, de modo direto ou indireto, por meio das condições e processos de funcionamento dos ecossistemas [6]. Esses conceitos colocam em destaque os debates sobre o meio ambiente, a economia e a sustentabilidade, na medida em que evidenciam as relações entre o funcionamento dos ecossistemas e as demandas de subsistência e bem-estar da espécie humana.

O termo *serviços ambientais* é comumente utilizado no Brasil, nos sistemas de compensações ambientais, como o Pagamento por Serviços Ambientais ou na Legislação e Políticas Públicas [7]. É um termo que complementa a definição de serviços ecossistêmicos, pois representa aqueles serviços gerados a partir de ações conservacionistas realizadas pela sociedade [8]. Dentre essas ações, podemos citar o manejo conservacionista, a proteção de recursos hídricos e a restauração ambiental. Ambos os termos têm sido gradualmente adotados no Brasil, tanto pela comunidade científica como por tomadores de decisão [8].

Outra complementação para a definição dos serviços ecossistêmicos é o termo *Contribuições da Natureza para as Pessoas* (CNP), que compreende a captação de benefícios ou prejuízos advindos da natureza que impactam positiva ou negativamente o bem-estar e a qualidade de vida das pessoas [9]. O termo passou a ser adotado pela Plataforma Intergovernamental sobre Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos – IPBES¹. Compreende-se por natureza viva toda diversidade de organismos,

1. O termo originalmente introduzido pela Plataforma IPBES, em 2015, foi *benefícios da natureza para as pessoas* [10]. Ele foi alterado para *Contribuições da Natureza para as Pessoas* [9], uma vez que, além dos benefícios, as contribuições também podem ser negativas.

ecossistemas e processos ecológicos e evolutivos a ela associados. Já os benefícios englobam todos os serviços ecossistêmicos previamente definidos.

Por fim, os prejuízos e as perdas incluem a transmissão de doenças e a predação que prejudicam as pessoas ou os seus bens [10]. Essas contribuições podem ser vistas como benefícios ou prejuízos de acordo com o contexto cultural, temporal ou espacial de quem as recebe. O termo *Contribuições da Natureza para as Pessoas* passa a apresentar uma noção muito mais ampla das contribuições da natureza para as pessoas [9]. Isto se deve à inclusão de diferentes disciplinas acadêmicas (ciências naturais, sociais e engenharias), bem como uma diversidade de grupos interessados (da comunidade acadêmica a governantes, passando por diferentes níveis da sociedade civil) e seus múltiplos sistemas de conhecimento (*e.g.*, ciência ocidental, o conhecimento local e o conhecimento tradicional de povos indígenas) [11].

Por conta do destaque ganho com a Avaliação Ecossistêmica do Milênio [3], ao longo do capítulo, utilizaremos o termo *serviços ecossistêmicos* para tratar de tudo aquilo que recebemos – direta ou indiretamente – dos ecossistemas.

10.4. O que são os serviços ecossistêmicos urbanos?

Atualmente, cerca de 55% da população mundial vive em áreas urbanas, havendo projeções de que esse número chegue próximo a 70% até 2050 [12]. No caso da região Norte do Brasil, sua população urbana mais que quadruplicou em um intervalo de 50 anos, em função da abertura de estradas, da criação da Zona Franca de Manaus e de grandes projetos de mineração e produção de energia, bem como à expansão do extrativismo e do agronegócio [13,14].

Nessas áreas, de grande densidade populacional, a infraestrutura construída cobre uma quantidade significativa da superfície do solo, mesmo havendo remanescentes dos ecossistemas naturais. As áreas urbanas funcionam de forma análoga a um ecossistema natural: também são compostas por bens e recursos utilizados por diversos componentes que interagem entre si, visando garantir o seu funcionamento [15]. Contudo, esses ecossistemas urbanos podem ser considerados imaturos, em razão de características como o rápido crescimento e o uso ineficiente de recursos, incluindo energia e água [16].

Apesar do distanciamento aparente entre áreas urbanas e natureza, sua ligação se torna visível por meio dos serviços ecossistêmicos [17]. Ao incorporar a importância dos serviços ecossistêmicos urbanos ao planejamento das cidades e a políticas públicas, torna-se possível promover a qualidade de vida das pessoas e gerenciar a transição para a sustentabilidade [3,18].

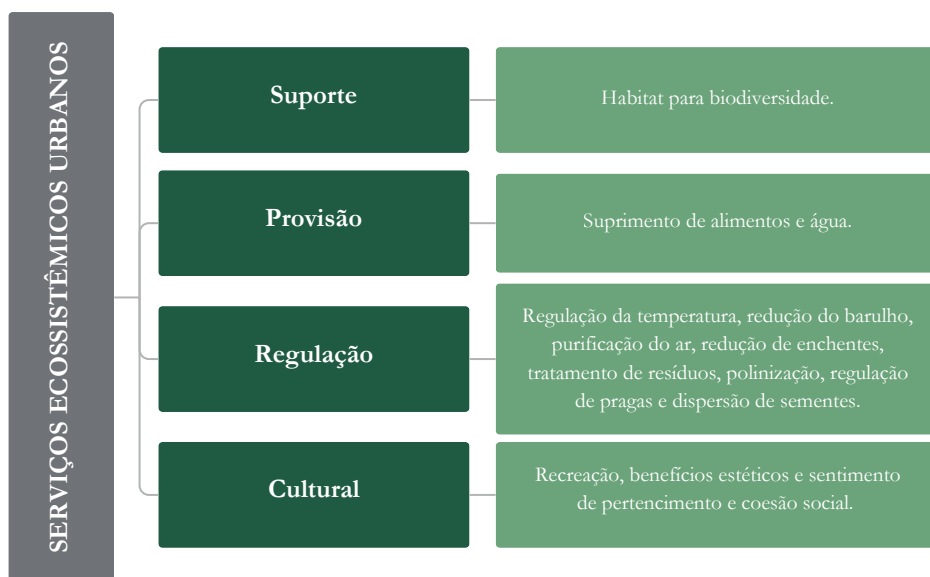
De modo semelhante ao que observamos nos ecossistemas naturais, os principais tipos de serviços ecossistêmicos urbanos são classificados nas mesmas quatro categorias e podem ser desfrutados diretamente pela população (Figura 1).

10.5. Principais serviços ecossistêmicos urbanos, com ênfase na arborização urbana

O crescimento das cidades da região Norte tem sido realizado de modo desordenado, sem planejamento urbano adequado e à custa da supressão da cobertura vegetal original para a criação de conjuntos habitacionais e assentamentos precários [13]. Como consequência, mesmo a maioria

dos municípios estando inseridos na maior floresta tropical do planeta e serem entremeados por rios, furos, canais e igarapés, cujas matas ciliares deveriam ser mantidas, observamos que a arborização urbana na região Norte é deficitária e mal planejada.

Figura 10.1 – Principais serviços ecossistêmicos urbanos.



Fonte: Elaborado por Zabotto Ambiental a partir de Blum (2017).

Quanto às capitais de estado da região Norte, apenas Boa Vista (RR) e Palmas (TO) foram planejadas desde o seu início. A Villa da Boa Vista passou por uma reforma urbanística no início da década de 1940, com a criação do Território Federal do Rio Branco [19]. Já Palmas (TO) foi construída desde o seu início em 1989, de forma totalmente planejada. Como o crescimento de Boa Vista (RR) ultrapassou os limites de seu centro planejado, levando à remoção de áreas verdes, Palmas é a única cidade da região com crescimento de acordo com o planejamento inicial, sob um ponto de vista humanístico e ecológico [20].

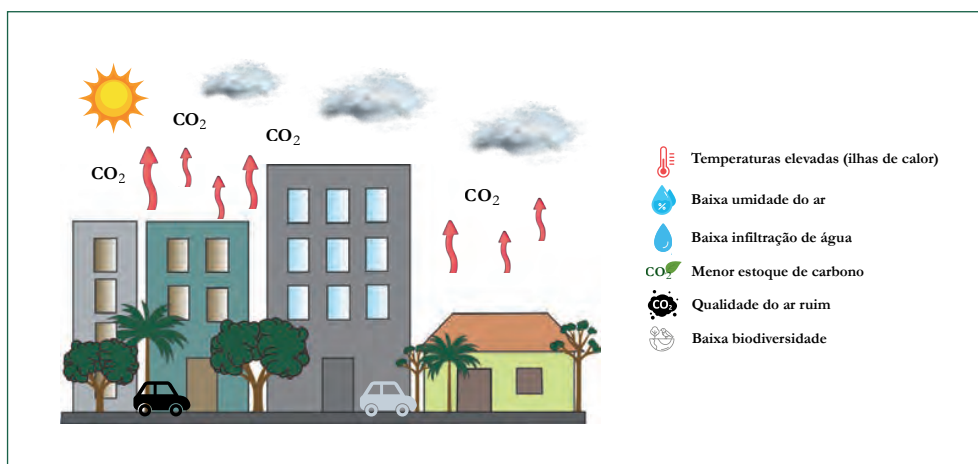
O crescimento urbano desordenado, especialmente de médias e grandes cidades, traz uma série de impactos negativos aos serviços ecossistêmicos urbanos – sejam eles de provisão/produção, regulação, habitat/suporte ou culturais (Figura 2).

Dependendo do município da região Norte avaliado, as florestas urbanas se restringem a ilhas verdes inseridas na malha cinza das cidades; remanescentes de florestas nativas situadas em áreas militares, instituições públicas de ensino e pesquisa; unidades de conservação; parques urbanos e áreas privadas, como condomínios residenciais [21].

Dados do IBGE mostraram que algumas capitais da região Norte apresentaram baixa porcentagem de arborização urbana de seus espaços públicos, como: Manaus (AM) (25,1%), Belém (PA) (22,4%) e Rio Branco (AC) (13,9%). Para se ter uma ideia da dimensão desses valores, foi estimado recentemente que Rio Branco, a capital do Acre, que contava com uma população superior a 413 mil habitantes, possuía aproximadamente 6.800 árvores em suas calçadas. Isso equivaleria a aproximadamente 2 árvores para cada 100 habitantes. Em contrapartida, Goiânia (GO), considerada a capital

mais arborizada do Brasil, possui 89,3% de arborização de suas vias públicas [22] e aproximadamente 64 árvores para cada 100 habitantes [23]. A Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura [1] preconiza que todo cidadão deve poder ver pelo menos três árvores de sua casa, escola ou local de trabalho, para que as cidades sejam mais verdes, resilientes e saudáveis.

Figura 10.2 – Impactos negativos aos serviços ecossistêmicos urbanos.



Fonte: Autores; Zabotto Ambiental.

De um modo geral, os municípios da região Norte são os que possuem menor proporção de domicílios em faixas arborizadas. Quando presente, a arborização urbana é desigual, concentrando-se em bairros mais antigos [24], já que bairros mais recentes ainda carecem de infraestrutura urbana. Ao se analisar os principais serviços ecossistêmicos urbanos relacionados às florestas urbanas na região Norte, podemos destacar sua importância para a agricultura familiar e o extrativismo. Merecem destaque a extração de produtos madeireiros, açaí, tucumã, cacau e borracha, bem como a pesca de peixes e camarões e a produção de produtos agrícolas voltados para o consumo familiar (como milho e mandioca) [22].

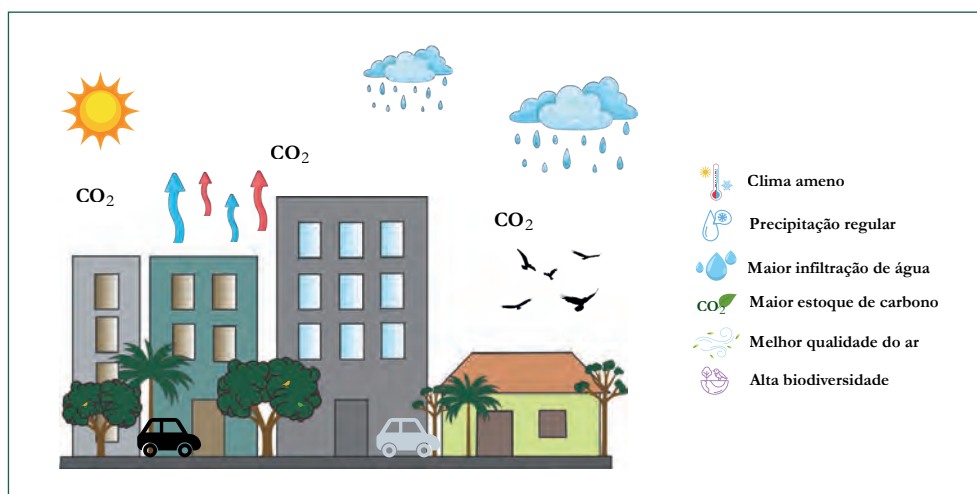
Os impactos da urbanização sobre a cobertura vegetal e os recursos hídricos afetam diretamente o fornecimento e a qualidade da água fornecida à população da região Norte, haja vista que grande parte dos mananciais são densamente povoados, tornando-se destino de águas residuais não tratadas dessas moradias [25]. Além disso, a substituição da mata ciliar por edificações e pavimentações resulta na intensificação das inundações nos municípios da região, as quais ocorrem, em sua maioria, em áreas de várzea. Nesse contexto, parques urbanos são importantes para absorção das águas das chuvas, funcionando como uma espécie de tampão.

As florestas urbanas também são importantes para a manutenção da diversidade genética e funcional dos ecossistemas que originalmente ocorriam nas áreas hoje ocupadas pelas cidades, bem como para a dispersão de pólen e sementes, garantindo, assim, a conservação do material genético autóctone [26]. Infelizmente, esse papel é mais desempenhado por parques urbanos e unidades de conservação, tendo em vista que a maioria das cidades da região Norte não possuem um plano diretor de arborização urbana ou ele é muito recente ou não contempla a manutenção da biodiversidade nativa. Muitos projetos se baseiam em métodos puramente empíricos, desprovidos de um conhecimento técnico do assunto. Isso se reflete nas principais espécies utilizadas na arborização urbana das capitais da região.

As espécies predominantemente utilizadas são a mangueira (*Mangifera indica* L., Anacardiaceae), o jameiro (*Syzygium malaccense*, Myrtaceae), o oiti (*Moquilea tomentosa*, Chrysobalanaceae), a castanhola (*Terminalia catappa*, Combretaceae), a figueira-benjamim (*Ficus benjamina*, Moraceae), o pau-pretinho (*Cenostigma tocantinum*, Fabaceae) e diferentes espécies de ipê (*Handroanthus* sp., Bignoniaceae). Com exceção de Palmas (TO), que utiliza muitas espécies do Cerrado (bioma no qual se encontra inserida), a arborização nas capitais nortistas é representada majoritariamente por espécies exóticas, frutíferas e invasoras, refletindo uma grande fragilidade ecológica no ambiente urbano [26-31].

É importante destacar também o papel das florestas urbanas na regulação do clima e na melhoria da qualidade do ar, bem como os serviços ecossistêmicos urbanos prestados em uma cidade arborizada e planejada. (Figura 3). É válido lembrar que a floresta amazônica desempenha papel essencial na regulação climática e nos estoques de carbono [32], já que boa parte de vapor d'água liberado na atmosfera (via evapotranspiração) acaba sendo transportada, por correntes de ar, para as regiões Sudeste e Sul do Brasil. Sabe-se que mais da metade da água das chuvas nessas regiões vem da Amazônia, transportada pelos “rios voadores” [33].

Figura 10.3 – Serviços ecossistêmicos urbanos em uma cidade arborizada e planejada.



Fonte: Autores; Zabotto Ambiental.

Quanto à qualidade do ar, mesmo sendo a região menos industrialmente desenvolvida do país, dados recentes do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE – mostram que a quantidade de material particulado (PM_{2,5}) na atmosfera da Amazônia é superior à média brasileira [34]. Isso se deve, em parte, ao crescimento vertiginoso da frota de carros e, principalmente, de motos na região Norte –, a frota mais que dobrou em uma década (2008-2018) [35].

Contudo, um segundo fator que chama a atenção é o aumento da frequência de eventos de seca e a intensificação da mudança do uso da terra, por meio de incêndios florestais. Dados dos meses de agosto e setembro/2020 mostraram mais de 26.000 focos ativos de incêndios na região, o que levou a um aumento significativo na concentração de PM_{2,5} [36-38]. No estado do Acre, entre os anos de 2019 e 2020, a maioria de seus municípios esteve mais de 30 dias com a qualidade do ar acima do padrão recomendado pela Organização Mundial da Saúde – OMS [39].

Esse aumento de poluentes acarreta não apenas impactos no clima, mas também na saúde humana em escala local, regional e global. Uma das consequências já observadas é o aumento nos atendimentos ambulatoriais por doenças respiratórias associadas à exposição ao material particulado em algumas cidades da região amazônica, bem como a redução da expectativa de vida da população urbana [40]. Nesse contexto, as florestas urbanas podem melhorar a qualidade do ar, influenciando a deposição e a dispersão de poluentes atmosféricos, incluindo ozônio (O_3), dióxido de enxofre (SO_2) e de nitrogênio (NO_2), monóxido de carbono (CO) e material particulado inferior a $10\ \mu m$ (PM10) [41,42].

10.6. Arborização urbana e amenização climática

O clima da região Norte do Brasil engloba dois tipos principais, a saber: o equatorial e o tropical. Além dos elevados índices de precipitação, a temperatura média é superior a $26\ ^\circ C$, com pouca variabilidade durante o ano, e a incidência de radiação solar é elevada. Ou seja, em condições normais, as florestas urbanas já são de grande importância no que se refere ao processo de amenização das temperaturas nos centros urbanos. As árvores proporcionam um sombreamento natural, aumentam a circulação de ar e, durante o processo de evapotranspiração, absorvem calor, à medida que liberam vapor d'água para a atmosfera, ajudando a refrescar o ambiente [43].

O crescimento sem planejamento dos centros urbanos na região Norte levou à intensa retirada de áreas vegetadas, que foram substituídas por pavimentos e edificações. Mesmo onde o planejamento existe, a dinâmica ocupacional e o comportamento das pessoas em relação ao ambiente podem fugir do controle do poder público e causar instabilidades climáticas.

Como consequência, houve uma mudança no albedo (quantidade de radiação solar recebida e refletida). Quando se compara as árvores aos materiais utilizados na construção da paisagem urbana, estes apresentam forte grau de reflexividade, aumentando o albedo [43]. Ao contrário das florestas urbanas, que formam uma espécie de oásis de conforto térmico, inclusive nas áreas de entorno, áreas altamente urbanizadas favorecem o aumento da temperatura de superfície, formando ilhas de calor urbanas. Essas ilhas de calor podem ocorrer não apenas em um ponto específico, mas sim, de modo difuso por todo o centro urbano, configurando-se em “arquipélagos de calor” [44].

Em relação à mudança do microclima em centros urbanos na região Norte, alguns estudos mostram que a temperatura média da superfície aumentou $10\ ^\circ C$ nas áreas urbanas de Porto Velho (RO) entre os anos de 1985 e 2011, observando-se que áreas arborizadas apresentam temperaturas de 3 a $5\ ^\circ C$ menores do que aquelas onde há ausência de vegetação [45]. Em Manaus (AM), a temperatura média aumentou quase $1\ ^\circ C$, entre os anos de 1961 e 2010. Entretanto, foram identificadas áreas de ilha de calor $10\ ^\circ C$ mais quente em relação à floresta [46], enquanto foi observada uma diferença de mais de $3\ ^\circ C$, em cinco dos 12 meses do ano, entre as partes mais urbanizadas da capital amazonense e áreas de florestas próximas [47]. Já em Rio Branco (AC), observou-se o aumento da temperatura média em mais de $1\ ^\circ C$ no período de 1990 a 2010 [48], com o aumento significativo do albedo onde ocorrem as maiores porcentagens da classe “área urbana”. Foi identificado o aumento significativo da temperatura da superfície

em áreas mais antropizadas no município de Cruzeiro do Sul (AC), com valores máximos ultrapassando os 40 °C [49]. Em Palmas (TO), apesar de aproximadamente 15% de sua superfície ter sido planejada como área verde não edificante, visando amenizar as elevadas temperaturas locais, observa-se uma variação de temperatura de até 8 °C entre uma área não urbanizada e outra com a vegetação preservada [50].

Em Santarém-PA, foi observado o aumento de 1 a 2,9 °C da temperatura em áreas onde há intenso uso do solo [51]. Já na capital, Belém, houve um aumento de mais 1,5 °C entre os anos de 1961 e 2010 [47]. As áreas mais urbanizadas e com arborização incipiente ou ausente apresentam temperaturas entre 30 e 36 °C, enquanto áreas com florestas urbanas e distritos com maior índice de cobertura vegetal apresentam temperatura da superfície entre 24 e 26 °C [13,52]. Mesmo Macapá (AP), que é menos verticalizada que as outras capitais da região, já sofre com a mudança dos padrões do microclima local, observando-se o aumento significativo na frequência de dias quentes. Além disso, altos valores de índice de calor (aproximadamente 36 °C) apontam para a ocorrência de ilhas de calor em áreas mais antropizadas [53].

As ilhas de calor urbanas tornaram-se um problema de saúde pública, haja vista que têm influenciado cada vez mais a qualidade de vida das pessoas que moram nos centros urbanos. Isso porque o resultado da ilha de calor no ambiente urbano é a produção de um estresse térmico persistente que muitas vezes ultrapassa os limites tolerados para uma vida saudável. Diretamente, o aumento da temperatura do ar, com a diminuição da umidade relativa, pode agravar condições de saúde preexistentes, ocasionar fadiga e esgotamento físico, reduzindo o bem-estar e a produtividade laboral. Também pode ocorrer um aumento da ocorrência de acidentes vasculares cerebrais, da incidência de doenças respiratórias e da mortalidade relacionada com o calor.

Indiretamente, as elevadas temperaturas levam ao aumento do consumo energético para a refrigeração artificial de edifícios e moradias, acarretando, além da sobrecarga das redes elétricas, aumento da poluição atmosférica e da incidência de doenças respiratórias [43,54]. Visando mitigar esses efeitos negativos das ilhas de calor sobre a qualidade de vida humana, a Organização Mundial de Saúde [55] recomenda um mínimo de 12 m² de área verde por habitante.

10.7. Arborização urbana e o sequestro e estoque de carbono

As mudanças climáticas são um fenômeno global que não respeita fronteiras e têm como um dos seus efeitos mais devastadores o aumento da temperatura média do planeta, que hoje é de 0,95 °C acima da média global (1880-2019) [56]. As consequências desse fenômeno incluem alterações nos padrões de precipitação, diminuição da produção agrícola, redução da disponibilidade de água, estresse da biota e aumento da mortalidade arbórea [57].

As causas das mudanças climáticas são as emissões de gases de efeito estufa (GEE), oriundos de atividades antropogênicas. Os principais GEE emitidos desde a era pré-industrial são o dióxido de carbono (CO₂), o metano (CH₄) e o óxido nitroso (N₂O). Desses GEE, o CO₂ se destaca por apresentar a maior concentração na atmosfera terrestre. As suas principais fontes de emissão incluem a combustão de combustíveis fósseis e processos industriais, que são fontes de emissão muito expressivas em países desenvolvidos. No caso dos países em desenvolvimento, como o Brasil, as principais fontes de emissão do CO₂ incluem a agricultura, o desmatamento, os incêndios florestais e outras mudanças de uso do solo.

A geração de energia elétrica, em especial no caso das áreas urbanas, é um setor que tem tido grande impacto nas emissões de GEE e um papel cada vez maior nas mudanças climáticas globais ao longo do tempo [58]. As áreas urbanas demandam grande quantidade de eletricidade e por isso emitem grande quantidade de CO₂, quando comparadas às áreas rurais, principalmente se a matriz elétrica for baseada em combustíveis fósseis. Entretanto, as emissões de GEE advindas das áreas urbanas irão variar muito conforme a renda salarial familiar (*e.g.*, uso de ventilador *versus* aparelho de ar-condicionado), forma de geração de energia elétrica (baseada em alto ou baixo carbono, como à base de carvão *versus* energia nuclear ou hidrelétrica) e a forma de transporte predominante da população (*e.g.*, carros, ônibus, bicicleta ou a pé) [59].

Algumas alternativas para mitigar as emissões de CO₂ urbanas incluem a manutenção de fragmentos com vegetação nativa e o plantio de árvores [60].

As árvores promovem uma alteração do microclima urbano local e participam da mitigação das mudanças climáticas pela remoção do CO₂ da atmosfera. As árvores sequestram ou removem o CO₂ da atmosfera e liberam o O₂ durante o seu processo de fotossíntese. O carbono presente no CO₂ sequestrado da atmosfera será usado em atividades metabólicas (*e.g.*, respiração) e na formação da biomassa estrutural da árvore, ou seja, permanecerá estocado na forma de tronco, galhos, folhas e raízes [61].

A magnitude do carbono sequestrado e estocado pelas florestas urbanas irá depender de aspectos regionais (*e.g.*, clima, solo e compactação da cidade) e locais (*e.g.*, composição de espécies, idade, densidade arbórea e manejo), os quais irão sofrer influência também dos padrões de uso do solo e das políticas de arborização urbana [62]. A estimativa do quanto de carbono é estocado pelas florestas urbanas comumente passa pelo inventário florestal seguido do uso de equações alométricas combinado ou não com sensoriamento remoto. A mensuração direta do efluxo de CO₂ das cidades e florestas urbanas (sequestro de carbono) por torres de fluxo não é tão comum [63]. No geral, os estudos indicam que as florestas urbanas anualmente sequestram entre 0,5 e 6,2% das emissões de carbono de uma cidade [64-68].

A avaliação do balanço de carbono em áreas urbanas ainda é incipiente. Apesar disso, é possível afirmar que as florestas urbanas não são a estratégia mais efetiva individualmente para tornar as cidades neutras em carbono. Outras iniciativas de gestão e planejamento urbano precisam ser aliadas à arborização urbana e à criação de florestas urbanas para mitigar os efeitos das mudanças climáticas, garantindo assim o bem-estar e a saúde da população.

10.8. Qual é a importância das relações entre a arborização urbana e a fauna para a manutenção da biodiversidade?

Com a urbanização, há uma perda e alteração profunda dos habitats originais onde a cidade se estabelece. Consequentemente, a vegetação natural e a fauna ali existentes também sofrem perdas e alterações. Quanto maior a cidade, maiores serão os impactos sobre a natureza. A fauna depende direta ou indiretamente das plantas para sua sobrevivência e perpetuação das espécies, uma vez que as plantas se encontram na base da cadeia trófica. Ou seja, as plantas são responsáveis pelo fornecimento inicial do alimento (energia e nutrientes) para os ecossistemas. Desta forma,

animais se alimentam de plantas ou produtos dessas plantas. Esses animais, por sua vez, podem ser comidos por outros animais e assim por diante, formando uma rede ou cadeia alimentar.

As alterações da vegetação nas áreas urbanas, com a retirada de plantas nativas, provocam uma série de extinções locais da fauna. Os animais maiores, mais raros ou com mais exigências ecológicas e com maior pressão de caça, são os primeiros a desaparecer. Já muitas outras espécies podem ser afetadas ao longo do tempo, levando, às vezes, alguns anos até que não sejam mais avistadas naquelas cidades. Entretanto, com a arborização das cidades, seja em praças, ruas e avenidas ou em quintais e jardins, algumas espécies de animais conseguem se ajustar à nova situação e novas espécies de plantas. Ao mesmo tempo, há espécies de animais, algumas nativas (*e.g.*, morcegos, bem-te-vis e sapos-cururus) e outras exóticas (*e.g.*, pombos, ratos e baratas), já conhecidas por acompanharem o homem para onde quer que ele vá e que estão intimamente adaptadas ao ambiente urbano.

Apesar dessas perdas e alterações da fauna nas áreas urbanas, as cidades abrigam muito mais espécies de animais do que a maioria das pessoas imaginam, principalmente cidades bem arborizadas, que possuem bosques, praças e quintais cheios de árvores, os quais abrigam uma grande variedade de espécies de plantas [69-73].

Na região Norte, isso é muito mais marcante. A diversidade de animais que encontramos nas cidades é enorme, mesmo nas grandes capitais, seja por ainda existirem fragmentos de florestas nativas dentro do perímetro urbano, seja pela proximidade das florestas e grandes rios no entorno das cidades [74-80].

A maior parte das cidades da região Norte está inserida no bioma Amazônia, contemplando originalmente uma das regiões de maior diversidade de espécies do planeta [81]. Isso significa que os ambientes naturais desta região, geralmente abrigam comunidades biológicas bastante complexas e diversas, o que confere uma situação mais estável, o que é comumente chamado de “equilíbrio ecológico”. Comunidades com maior diversidade de espécies e interações entre elas costumam ser mais “equilibradas ecologicamente” do que comunidades com poucas espécies, sendo que os animais são peças-chave nessas interações e nesse equilíbrio ecológico, inclusive em ambientes urbanos.

Os animais, ao realizarem interações com outros seres vivos, desempenham papel essencial no controle de pragas, na polinização de plantas e na dispersão de sementes. Em lugares onde há um número grande de espécies de animais, há maior chance de termos entre essas espécies algumas que sejam predadoras de outros animais. Essa predação é importante para regular o tamanho das populações dessas espécies predadas; caso contrário, muitas delas poderiam se tornar pragas. Por exemplo, as aves, os morcegos e sapos se alimentando durante as revoadas de cupins e formigas, na época reprodutiva, fazem um bom controle do que seriam novas colônias desses insetos. Animais como abelhas, beija-flores e morcegos são fundamentais para a reprodução eficiente das plantas, o que vai assegurar maior diversidade genética aos vegetais.

A dispersão de sementes nessas cidades muitas vezes é realizada por animais, como aves, morcegos e até mesmo macacos, mucas e cutias. Essa dispersão é importante para a sobrevivência das sementes e plântulas dentro das cidades –, principalmente em locais como bosques e fragmentos florestais, onde a vegetação cresce de forma mais natural. Essa dispersão significa que

as sementes serão levadas para locais distantes da planta-mãe, espalhando as sementes pelo ambiente, o que dificulta o encontro delas e das plântulas por predadores, herbívoros e parasitas, aumentando sua sobrevivência [82], além de poderem colonizar novos locais, incluindo áreas degradadas visitadas por esses animais [83-85].

Boa parte das capitais da região Norte possui fragmentos de florestas nativas dentro da cidade ou em suas bordas. Sem sombra de dúvida, esses remanescentes de vegetação nativa, mesmo que degradados e cercados por concreto e asfalto, são relevantes para a manutenção das populações da fauna ali existentes e que muitas vezes circulam pela cidade. É comum vermos várias espécies de aves se alimentando pelas árvores das ruas e quintais durante o dia, mas se abrigando nesses bosques e fragmentos durante a noite. Em cidades, tais como Manaus (AM), Belém (PA) e Rio Branco (AC), muitos desses fragmentos abrigam preguiças e até mesmo grupos de primatas.

A arborização realizada pelo homem nessas cidades, caso seja conduzida de modo bem planejado e com conhecimento técnico, pode contemplar muitas espécies de plantas capazes de fornecer alimento aos animais (*e.g.*, folhas, néctar, pólen, exsudatos do tronco, frutos) [86,87]. Elas podem ser abrigo e caminhos mais seguros para o deslocamento entre praças, bosques e fragmentos florestais, criando uma conectividade mais efetiva e amigável para muitas espécies da fauna [88]. Isso poderia ser bem planejado em cidades onde boa parte das margens de igarapés ainda mantém suas áreas de preservação permanente (APPs) conservadas.

Os benefícios da natureza para a saúde mental do homem já são bem conhecidos e debatidos, vindo ao encontro com a hipótese da biofilia [89]. A presença de animais selvagens dentro do ambiente urbanizado causa sempre euforia e alegria para a maioria das pessoas. A oportunidade de contemplação, mesmo que seja, muitas vezes, um episódio raro na rotina urbana das pessoas, provoca uma enorme satisfação. Tanto que é comum animais serem associados a marcas de empresas, símbolos e logomarcas [90], além de provocarem empatia nos moradores que mantêm algum tipo de contato com a fauna silvestre em espaços urbanos e fragmentos florestais [91]. É importante lembrar também que certas espécies acabam se tornando parte da identidade de uma cidade ao longo do tempo, como é o caso das araras-vermelhas e do primata sauí-de-coleira, em Manaus (AM); das araras, dos periquitos e das maritacas, em Boa Vista (RR); dos periquitos, papagaios e das garças, em Belém (PA); dos macacos-bigodeiros, em Rio Branco (AC).

10.9. Serviços ecossistêmicos culturais

Dentre as quatro categorias de serviços ecossistêmicos, os serviços ecossistêmicos culturais (SEC) apresentam o maior nível de dificuldade de quantificação, pois são benefícios imateriais obtidos por meio do contato do ser humano com a natureza, que podem ser diretos ou indiretos. O uso de áreas naturais para recreação, caminhadas, ecoturismo ou práticas esportivas são exemplos de benefícios diretos fornecidos pelos SEC. Por sua vez, benefícios como desenvolvimento espiritual, prática de reflexão, senso de pertencimento ao lugar, ou mesmo a experiência de sensações como os sons dos pássaros ou cheiro das flores são exemplos de benefícios indiretos. Os SEC desempenham um papel importante no alívio do estresse e na promoção da saúde física e mental dos cidadãos. Ao promover o sentimento de satisfação e bem-estar humanos, eles contribuem para melhorar a expectativa e a qualidade de vida das pessoas [92-95].

Em ambientes urbanos, os espaços verdes oferecem uma ampla variedade de benefícios ambientais, comunitários e de saúde pública para as pessoas que os acessam. Portanto, a promoção do bem-estar por meio dos SEC depende do planejamento adequado dos espaços verdes urbanos, cabendo aos gestores garantirem que esses espaços estejam disponíveis, bem-cuidados e distribuídos de forma equitativa nas cidades.

Os gestores devem identificar áreas prioritárias onde esforços devem ser concentrados para garantir a democratização do uso dos SEC por todos os grupos sociais. Além disso, devem implementar estratégias que levem em conta as especificidades de cada local e das necessidades dos grupos sociais que usarão estes espaços, garantindo disponibilidade, proximidade, acessibilidade, aceitabilidade, infraestrutura, segurança e qualidade para seus usuários [96-99].

Ações de gestão de espaços verdes devem ser projetadas para fornecer diferentes serviços ecossistêmicos culturais e maximizar os benefícios destas áreas ao público que os visitam e à sociedade em geral. Para isso, é necessário conhecer quais fatores podem impedir as pessoas de visitar estes espaços. Características como a disponibilidade de instalações (*e.g.*, banheiros, bancos, mesas, calçamento, equipamentos para práticas de exercícios físicos, parque infantil) e de infraestrutura verde (*e.g.*, cobertura arbórea, cobertura de grama, condição de jardins) afetam a quantidade e diversidade dos SEC por eles fornecidos. Identificar recursos de espaços verdes existentes e descobrir espaços potenciais para melhoria de instalações e infraestrutura verde podem aumentar o conjunto de serviços culturais desejados. Os gestores devem concentrar esforços nos SEC visando manter o bem-estar também para uma demanda futura de usuários [100-102].

A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável da ONU é um plano de ação global para promoção do desenvolvimento sustentável nos próximos anos. O plano contempla 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e 169 metas para alcançá-los. O terceiro ODS (Saúde e bem-estar) é assegurar uma vida saudável e promover o bem-estar para todos os seres humanos. O décimo primeiro ODS é tornar as cidades e os assentamentos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis. Especificamente, o décimo primeiro ODS propõe que até 2030 seja proporcionado o acesso universal a espaços públicos seguros, inclusivos, acessíveis e verdes, particularmente para as mulheres, crianças, pessoas idosas e pessoas com deficiência.

Os SEC são de extrema importância para aumentar o bem-estar físico, psicológico e social das pessoas em ambientes urbanos, naturalmente agitados e estressantes. Adicionalmente, os SEC contribuem para a conservação da natureza, devido ao seu alto potencial de motivar os usuários a conservarem estes espaços. Os SEC são um dos serviços mais importantes na melhoria da qualidade de vida para uma sociedade cada vez mais urbana.

Os tomadores de decisão podem contribuir para a implantação da Agenda 2030 local aumentando a disponibilidade dos recursos responsáveis por fornecerem os SEC. Para melhores resultados, devem conhecer os recursos que impulsionam o uso dos espaços verdes e considerar as preferências da população ao promover o fornecimento dos SEC [94,100,103,104].

Existe muita dificuldade em quantificar os SEC para o planejamento urbano. O método mais frequente usa entrevistas com usuários ou outros atores sociais para tentar quantificar esses serviços. Foram compilados 37 indicadores de SEC disponíveis na literatura, mostrando que a maioria está relacionada aos SEC de recreação e ecoturismo e de valor estético, sendo que indicadores para outros SEC (valor espiritual e religioso, herança cultural, inspiração, senso de

pertencimento, conhecimento sistematizado e relações sociais) são escassos e sequer existem indicadores para diversidade cultural e valor educacional.

Os SEC estão presentes em alta concentração nas áreas urbanas, pois a existência desses serviços depende da presença humana [105]. Entretanto, a maioria dos indicadores são desenvolvidos fora do contexto urbano (*e.g.*, florestas, rios e lagos, áreas costeiras e paisagens agrícolas, áreas protegidas) e precisam de adaptações para serem aplicados nas cidades. Além disso, a maioria dos indicadores mostra problemas com escala. Grande parte dos SEC têm uma escala local e, apesar disso, muitos indicadores são calculados no nível de cidade, estado ou país e por isso necessitam ser ajustados à escala local, que é mais adequada para gestão urbana. Em resumo, os principais indicadores próximos do contexto urbano são relacionados às medidas da cobertura da vegetação (árvores, arbustos e grama), valor estético, densidade de fotografias, valor de taxa de uso, frequência de visitação, atrações turísticas, potencial de recreação e de ecoturismo [106-111].

Planejar os SEC no contexto urbano exige a integração de diferentes profissionais (*e.g.*, gestores, acadêmicos, profissionais do turismo e cultura) e da população.

Não há um método consolidado para orientar os gestores no planejamento e na implantação dos SEC nas áreas urbanas, mas existem iniciativas voltadas principalmente para o ecoturismo e recreação [109,112-114] que podem servir de base para o mapeamento dos SEC e para planejar a sua implantação em ambientes urbanos. Pesquisadores utilizaram um esquema de mapeamento e avaliação de oportunidades dos SEC que envolve sistemas de informações geográficas (SIG) e a participação de profissionais de diferentes áreas de conhecimento [109].

A estrutura metodológica é composta por cinco passos:

1. *Seleção de atributos e critérios espaciais.* Os atributos podem ser determinados por meio de consulta na literatura e com entrevista a profissionais da área. Por exemplo, alguns autores utilizaram a presença/ausência de recursos naturais singulares (dimensão ecossistêmica), belezas cênicas (dimensão da paisagem), acessibilidade (dimensão territorial), aptidão turística (dimensão da paisagem) e capacidade de atração turística (dimensão territorial) para identificar e mapear locais com potencial para turismo e recreação. Já [114] utilizaram fotografias postadas por usuários na internet para mapear os SEC e avaliar sua importância [109].
2. *Validação dos atributos e critérios espaciais, por meio da participação de profissionais especializados.* Autores consultaram um grupo de especialistas composto em sua metade por estudiosos e metade por profissionais que atuam no turismo e recreação. Esses especialistas validaram os atributos utilizando o método de Delphi, a fim de atingir consenso sobre os critérios espaciais e escalas de mensuração dos atributos. Nesse ponto, os especialistas consultados devem ter afinidade com os SEC evidentes no contexto urbano [109].
3. *Análise espacial e construção de um critério espacial.* Nesse ponto, é esperado obter consenso a respeito dos atributos e critérios espaciais entre os especialistas. Devem ser atribuídas notas (*scores*) para a presença dos atributos, sendo que os valores podem variar com a distância para acessar o atributo. Fotos publicadas na internet podem ser usadas para classificação de importância dos locais pelos especialistas [109,114]. Mapas utilizando diferentes atributos devem ser produzidos para determinar os locais com maior peso dos atributos na paisagem urbana. Pesquisadores encontraram, por meio da consulta aos especialistas em turismo e recreação, que uma distância entre 3.000 e 3.500 m é ideal para o acesso

aos SEC, mas é essencial que especialistas locais avaliem a acessibilidade no contexto das cidades, pois devem levar em conta os meios de transporte, calçamento, ciclovias e a arborização que permite com que as pessoas tenham segurança e conforto ao se locomoverem até os sítios dos SEC [109].

4. *Ponderação dos critérios espaciais usando Processo Analítico Hierárquico.* Os especialistas devem atribuir pesos aos atributos e aos critérios espaciais a fim de construir uma matriz, conhecida como matriz de SAATY, publicada inicialmente no ano de 1990, e que permita a comparação relativa entre atributos e critérios. Uma média ponderada para cada local, usando os pesos dos atributos (dados pelos especialistas), pode ser calculada, e um mapa do potencial de SEC deve ser produzido ao final.
5. *Ajuste do potencial de SEC.* Um ajuste deve ser realizado, considerando-se critérios de sustentabilidade como capacidade de carga, principalmente para locais onde o substrato, jardins, gramados ou outros componentes possam ser danificados dependendo da intensidade de uso. O ajuste pela capacidade de carga pode ser realizado por meio do procedimento proposto [109], que envolve o cálculo da real capacidade de carga. Esse valor depende da capacidade de carga física do local, que por sua vez depende da área disponível, da área usada por pessoa e do número de vezes que uma pessoa pode visitar o local diariamente. Além disso, este último, é uma função do número de horas disponíveis para visita pelo tempo necessário para visita. Ao final dessa etapa deve ser gerado um mapa de oportunidades de SEC com diferentes níveis corrigidos pelo critério de sustentabilidade (capacidade de carga ou outro critério definido pelos especialistas locais).

O mapa de oportunidades de SEC pode ser utilizado pelos gestores para definir tanto o investimento para revitalização, melhoria de acesso, como também para a implantação de SEC em outras áreas da cidade com maior deficiência nesses serviços. Por exemplo, se existe uma oportunidade de SEC alta para praças com elementos da fauna e da flora com significado singular regional, a instalação ou revitalização de praças com esses elementos pode ter um resultado muito mais efetivo sobre o bem-estar da população. Entretanto, consultas e entrevistas à população em geral e aos usuários nos sítios de SEC [113] podem auxiliar na definição de qual tipo de SEC implantar.

10.10. Avaliação dos serviços ecossistêmicos em áreas urbanas

Para aferir os efeitos dos serviços ecossistêmicos e suas interações no ambiente, são utilizados *indicadores ambientais*. Os indicadores ambientais são variáveis (qualitativas ou quantitativas) utilizadas para avaliar diferentes fatores bióticos e/ou abióticos em um ecossistema (natural ou antropizado), sendo possível mensurar o impacto de diferentes eventos naturais ou ações antrópicas na paisagem, assim como investigar a percepção ambiental de um grupo de pessoas a respeito de uma região.

Os indicadores ambientais são recursos que podem ser utilizados para diferentes finalidades nas áreas urbanas [85]: avaliar a qualidade do solo antes da implantação de um projeto; avaliar a diversidade de espécies de plantas existentes em uma área; avaliar a diversidade de espécies de animais que habitam determinada área; avaliar o potencial de uma área para cultivar determinadas espécies vegetais; identificar alterações na paisagem e apontar as possíveis causas dos problemas; propor projetos para recuperação de áreas degradadas ou em processo de degradação; organizar

propostas de cenários futuros sobre questões socioambientais; propor atividades de valoração e pagamento por diferentes serviços ambientais; identificar os benefícios ou riscos que uma área verde proporciona à comunidade de entorno; recomendar ações que façam uso sustentável do ecossistema urbano, entre outras aplicações.

Neste sentido, entende-se que é importante que os gestores considerem a avaliação de diferentes indicadores ambientais para identificar a influência dos projetos de arborização urbana em relação aos serviços ecossistêmicos prestados ao município.

10.11. O que deve ser levado em consideração na avaliação de indicadores ambientais?

1. *Relação entre diferentes serviços ecossistêmicos.* Diferentes serviços ecossistêmicos podem ser observados em um mesmo ambiente, sendo que os efeitos de cada serviço podem variar de acordo com os agentes bióticos e abióticos presentes no local, por isso a avaliação dos indicadores deve levar em consideração tais especificidades para correlacionar aos efeitos da arborização urbana (e.g., o serviço ecossistêmico “melhoria da umidade do ar” pode variar de acordo com a temperatura do ar, com a distribuição de chuvas ao longo do ano e com a intensidade de tráfego de veículos no entorno da área arborizada, entre outros fatores).
2. *Diferentes metodologias para avaliar um mesmo serviço ecossistêmico.* Os serviços ecossistêmicos podem ser avaliados com uso de diferentes indicadores (quantitativos e/ou qualitativos), porém é importante que a mensuração dos indicadores siga recomendações com respaldo técnico-científico, levando em consideração a realidade do município onde será desenvolvido o projeto. Neste sentido, entende-se a importância da seleção e da aplicação da metodologia correta para avaliação dos indicadores, com o intuito de proporcionar maior segurança na geração de informações que irão basear a tomada de decisão na implantação de projetos de arborização urbana. Por este motivo, é importante que as ações de gestão da arborização urbana sejam formadas por uma equipe multidisciplinar, envolvendo profissionais de áreas diversificadas relacionadas ao tema (e.g., gestores municipais, agrônomos, biólogos, arquitetos, engenheiros florestais, engenheiros civis, gestores ambientais, técnicos, entre outros).
3. *Questões culturais do local.* A tomada de decisão, no que tange à arborização urbana, deve também levar em consideração os costumes da comunidade local, para que a população tenha envolvimento nas ações de cidadania que envolvem a proteção e a conservação das áreas verdes [27]. Neste sentido, é importante considerar a implantação de espécies que apresentem valor histórico e cultural para a comunidade do entorno da área verde, como forma de incentivar a manutenção das tradições locais ao cultivar tais espécies, seja como objetivo ornamental, seja para a produção de frutos, folhas e sementes para consumo.
4. *Especificidades da região avaliada.* A avaliação dos serviços ecossistêmicos nas áreas urbanas é inerente a cada município, pois esta envolve diferentes fatores ambientais, assim como aspectos socioeconômicos, questões de infraestrutura e aplicação de políticas públicas locais. Com isso, a identificação, a forma de avaliação e os resultados de cada um dos indicadores pode variar entre municípios próximos, ou até mesmo em bairros com realidades contrastantes dentro de uma mesma cidade.

10.12. Quais indicadores utilizar?

Nas Tabelas 1, 2, 3 e 4 são apresentados os principais indicadores de serviços ecossistêmicos relacionados à arborização urbana. Os indicadores foram agrupados de acordo com a classificação de suas funções: regulação (Tabela 1); suporte ou habitat (Tabela 2); produção ou provisão (Tabela 3) e serviços culturais (Tabela 4). Nelas, também estão mencionados trabalhos científicos realizados em diferentes estados da região Norte com abordagem na avaliação de serviços ecossistêmicos urbanos (indicados por letras minúsculas).

Tabela 10.1 – Indicadores de serviços ecossistêmicos relacionados à arborização urbana e vinculados à função regulação.

Serviço ecossistêmico	Indicadores	Formas de análise
Controle da temperatura ^a	• Número de residências com quintais florestais na área avaliada (<i>e.g.</i>, município ou bairro). • Área total dos quintais florestais na área avaliada. • Número de projetos com o desenvolvimento de hortas com finalidade educacional na área avaliada. • Número de hortas urbanas ou periurbanas com finalidade comercial.	• Uso de questionários ou entrevistas para pesquisa com a população, para identificação de residências com quintais florestais ou áreas destinadas ao desenvolvimento de hortas comerciais. • Pesquisa em instituições de ensino, para identificação de projetos educacionais envolvendo hortas.
Regulação de eventos extremos	• Diversidade de espécies de plantas na área avaliada (<i>e.g.</i>, vias públicas, praças ou parques). • Número de plantas na área avaliada. • Manejo fitossanitário das árvores presentes na área avaliada. • Manejo das árvores presentes em relação à fiação elétrica e ao calçamento nas vias públicas. • Percepção de um grupo de pessoas a respeito do efeito ornamental proporcionado pela arborização na área avaliada.	• Elaboração de inventários para identificação das espécies que ocupam a área avaliada. • Avaliação das condições de manejo das árvores em vias públicas, praças ou parques. • Uso de questionários ou entrevistas para avaliar a percepção ambiental de um grupo de pessoas.
Filtro de poluição sonora ^b	• Nível de ruídos no entorno da área arborizada. • Percepção de um grupo de pessoas a respeito da poluição sonora no entorno da área arborizada.	• Uso de sensores (decibelímetro) em locais na área arborizada e região no entorno. • Uso de questionários, entrevistas ou grupos focais para estimar a percepção ambiental na área avaliada.
Melhoria da umidade do ar ^c	• Umidade relativa do ar no entorno da área avaliada. • Percepção de um grupo de pessoas a respeito da qualidade do ar no entorno da área arborizada.	• Uso de sensores (termohigrômetros, sensores de qualidade do ar) em locais estratégicos da área arborizada e região no entorno. • Uso de questionários, entrevistas ou grupos focais para estimar a percepção ambiental na área avaliada.

(continua)

(continuação)

Ciclagem de nutrientes	• Extensão das áreas arborizadas avaliadas na pesquisa. • Aporte e decomposição de serapilheira na área avaliada. • Fertilidade do solo na área avaliada.	• Imagens de satélite para estimar a área coberta pela copa das árvores. • Coleta de serapilheira para estimar as taxas de deposição (coletores com dimensões conhecidas) e decomposição (<i>litterbags</i>) na área avaliada. Coleta de solo para análises químicas da área avaliada.
Regulação do ciclo da água	• Permeabilidade da área avaliada. • Extensão das áreas com potencial para inundação no município.	• Cálculo da taxa de permeabilidade da área avaliada. • Identificação de áreas do município com potencial para inundação.

^a Pesquisas realizadas na região Norte com abordagem no serviço ecossistêmico “controle da temperatura”: [115-121].

^b Pesquisas realizadas na região Norte com abordagem no serviço ecossistêmico “filtro de poluição sonora”: [27,115,118-120].

^c Pesquisas realizadas na região Norte com abordagem no serviço ecossistêmico “melhoria da umidade do ar”: [115,118,120].

Tabela 10.2 – Indicadores de serviços ecossistêmicos relacionados à arborização urbana e vinculados à função suporte ou habitat.

Serviço ecossistêmico	Indicadores	Formas de análise
Estoque de carbono no sistema solo-planta	• Concentração de carbono no solo. • Densidade do solo. • Estoque de carbono no solo. • Extensão da área coberta pela copa das árvores na área de estudo. • Concentração de carbono na vegetação avaliada.	• Coleta de solo para análise da concentração de carbono e densidade do solo. • Cálculo do estoque de carbono no solo e na vegetação. • Imagens de satélite para estimar a área coberta pela copa das árvores. • Uso de equações alométricas para estimativa de biomassa acumulada na vegetação avaliada.
Diversidade de espécies vegetais ^d	• Riqueza (número) de espécies na área avaliada. • Diversificação de funcionalidade ecológica na área avaliada.	• Elaboração de inventários para identificação das espécies que ocupam a área avaliada. • Cálculo de índices para estimar a diversidade de espécies na área avaliada.
Suporte de espécies de animais e de microrganismos ^e	• Riqueza de espécies nativas e exóticas na área avaliada. • Análise da percepção de um grupo de pessoas a respeito da observação de espécies animais e/ ou ação de microrganismos na área avaliada.	• Elaboração de inventários para identificação das espécies que ocupam a área avaliada. • Cálculo de índices para estimar a diversidade de espécies na área avaliada. • Pesquisa de percepção ambiental (entrevistas, questionários <i>online</i> ou grupos focais).

^d Pesquisas realizadas na região Norte com abordagem no serviço ecossistêmico “diversidade de espécies vegetais”: [26,29,30,31,115,116,119,122-132].

^e Pesquisas realizadas na região Norte com abordagem no serviço ecossistêmico “suporte de espécies de animais e de microrganismos”: [115,116].

Tabela 10.3 – Indicadores de serviços ecossistêmicos relacionados à arborização urbana e vinculados à função produção ou provisão.

Serviço ecossistêmico	Indicadores	Formas de análise
Produção de plantas para alimentação e/ou usos medicinais ^f	• Número de residências com quintais florestais na área avaliada (<i>e.g.</i>, município ou bairro). • Área total dos quintais florestais na área avaliada. • Número de projetos com o desenvolvimento de hortas com finalidade educacional na área avaliada. • Número de hortas urbanas ou periurbanas com finalidade comercial.	• Uso de questionários ou entrevistas para pesquisa com a população, para identificação de residências com quintais florestais ou áreas destinadas ao desenvolvimento de hortas comerciais. • Pesquisa em instituições de ensino, para identificação de projetos educacionais envolvendo hortas.
Produção de plantas para ornamentação ^g	• Diversidade de espécies de plantas na área avaliada (<i>e.g.</i>, vias públicas, praças ou parques). • Número de plantas na área avaliada. • Manejo fitossanitário das árvores presentes na área avaliada. • Manejo das árvores presentes em relação à fiação elétrica e ao calçamento nas vias públicas. • Percepção de um grupo de pessoas a respeito do efeito ornamental proporcionado pela arborização na área avaliada.	• Elaboração de inventários para identificação das espécies que ocupam a área avaliada. • Avaliação das condições de manejo das árvores em vias públicas, praças ou parques. • Uso de questionários ou entrevistas para avaliar a percepção ambiental de um grupo de pessoas.

^f Pesquisas realizadas na região Norte com abordagem no serviço ecossistêmico “produção de plantas para a alimentação e/ou usos medicinais”: [122].

^g Pesquisas realizadas na região Norte com abordagem no serviço ecossistêmico “produção de plantas para ornamentação”: [26,28-31,115-119,122-127,129-133].

É importante lembrar que a escolha dos indicadores de serviços ecossistêmicos relacionados à arborização urbana depende do objetivo do estudo, da escala de análise e da disponibilidade de dados. Além da literatura científica correlata, podem ser bons guias para essa escolha documentos disponibilizados pela ONU e pela OMS, que trazem diretrizes sobre espaços verdes urbanos.

Tabela 10.4 – Indicadores de serviços ecossistêmicos relacionados à arborização urbana e vinculados à função cultural.

Serviço ecossistêmico	Indicadores	Formas de análise
Lazer e bem-estar da população ^h	• Número de áreas verdes no município disponíveis para a recreação. • Distribuição de áreas verdes em diferentes regiões do município (<i>e.g.</i>, área central; periferia). • Atributos naturais nos parques ou praças (<i>e.g.</i>, lagos; gramados). • Infraestrutura dos parques e praças (<i>e.g.</i>, disponibilidade de banheiros, lanchonetes, bebedouros, bancos, entre outros). • Número de visitantes em determinada área verde. • Registro da frequência de uso da área verde para passeio, atividades físicas, atividades relacionadas à religião/ espiritualidade, ou atividade de ensino. • Percepção de um grupo de pessoas sobre os benefícios de áreas verdes na região nas áreas verdes que frequentam. • Percepção de um grupo de pessoas a respeito de segurança, manutenção e acessibilidade das áreas verdes que frequentam.	• Identificação do total de áreas verdes, visando avaliar a democratização destes ambientes. • Pesquisa nos registros de área verde com entrada controlada (<i>e.g.</i>, bosques e parques), para identificar o número de visitantes ou de um grupo específico (<i>e.g.</i>, grupos religiosos e turmas de estudantes conduzidos por uma escola) ao longo de um período determinado. • Pesquisa de campo para avaliar as condições de uso das instalações de área verde (<i>e.g.</i>, condições de uso de banheiros e bebedouros em parques). • Uso de questionários <i>online</i> ou entrevistas para avaliar a percepção de usuários a respeito dos benefícios prestados pela área verde (<i>e.g.</i>, sensação térmica no local e na área no entorno, utilização do espaço para recreação, educação, projetos culturais, ou como atração turística), assim como questões de segurança e acessibilidade local.

^h Pesquisas realizadas na região Norte com abordagem no serviço ecossistêmico “lazer e bem-estar da população”: [27,31,117,133-136].

10.13. Pagamento por serviços ambientais

10.13.1. O que significa o Pagamento por Serviços Ambientais – PSA?

O PSA faz referência a instrumentos econômicos que potencialmente promovem a conservação ambiental. O PSA é definido como uma transação voluntária, na qual um serviço ambiental bem definido ou um uso da terra que promove este serviço está sendo “comprado” por, no mínimo, um comprador de um provedor de serviço, que se compromete a assegurar a prestação do serviço ambiental objeto do acordo [137].

10.13.2. Qual é o serviço ambiental ou uso da terra a ser pago no sistema de PSA?

Diferentes tipos de serviços ambientais ou usos da terra podem estar associados a sistemas de PSA: i. serviços de suporte (ciclagem de nutrientes, formação do solo, sequestro de carbono, manutenção da fauna); ii. serviços de provisão (alimentos, água doce, combustível, madeira e fibra);

iii. serviços de regulação (amenização climática, fluxo hídrico, doenças); iv. serviços culturais (estético, espiritual, educacional, recreativo).

10.13.3. E no ambiente urbano, quais são os serviços ambientais que podem ser alvo de um sistema de PSA?

Atividades realizadas no meio urbano que geram externalidades ambientais positivas ou que minimizam externalidades ambientais negativas podem ser alvo de um sistema de PSA. Os serviços ambientais urbanos podem estar associados aos serviços públicos ou a outras atividades urbanas, dentre elas: disposição correta e reciclagem de resíduos sólidos; diminuição da emissão de gases de efeito estufa; redução de área urbana despendida com aterros; menor impacto ao patrimônio natural; tratamento de esgoto e melhoria da qualidade da água; manutenção de áreas verdes; aumento da permeabilidade do solo; diminuição do risco de enchentes e deslizamentos; manutenção da qualidade do ar, conforto térmico e manutenção da biodiversidade.

10.13.4. Quais são os princípios dos sistemas de PSA?

O sistema de PSA é um instrumento baseado no mercado que financia a conservação, considerando os princípios do usuário-pagador [138] e provedor-recebedor. Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA), a premissa básica do PSA é compensar os agentes que manejam o meio ambiente e os recursos naturais, gerando bens e serviços ambientais que beneficiam, principalmente, a sociedade (princípio do provedor-recebedor), seja ela local, regional, seja global [119]. A legislação ambiental brasileira mostra-se ineficiente ao aplicar apenas mecanismos de comando e controle. O uso de instrumentos econômicos como o PSA, quando aliados às políticas de comando e controle, tendem a ser mais eficientes para garantir os níveis necessários de conservação dos ecossistemas.

10.13.5. Quais são as técnicas de valoração econômica dos serviços ambientais?

As técnicas de valoração econômica visam atribuir valor aos serviços dos ecossistemas (Tabela 5). O valor estimado significa quanto melhor, ou pior, ficará o bem-estar das pessoas em função da mudança na quantidade ou qualidade dos bens ou serviços. Porém, no mercado econômico atual, a maioria dos serviços ambientais ainda não são transacionados, já que não possuem valor de mercado.

10.14. Existem iniciativas de PSA em ambientes urbanos no Brasil?

Os sistemas de PSA no Brasil vêm ganhando a atenção da sociedade e dos gestores públicos como instrumentos que podem promover a conservação ambiental e garantir a qualidade de vida à sociedade [146]. As iniciativas de PSA no país são crescentes e diversificadas em termos de

arranjos institucionais, mecanismos de pagamento e monitoramento [147]. Entretanto, nos ambientes urbanos, as experiências de PSA ainda são escassas. Porém, existem alguns exemplos de PSA com abrangência rural, mas que geram impactos diretos na provisão de serviços ecossistêmicos para os ambientes urbanos (Tabela 6).

Tabela 10.5 – Exemplos de métodos de valoração econômica.

Método		Exemplo
Valoração de mercado – Custo de oportunidade		Receita média que o produtor deixa de auferir para cada hectare efetivado para a provisão de serviços ambientais na Zona da Mata de Minas Gerais. Valor médio = R\$ 129,55/ha ano ¹ .
Preferências reveladas	Custos de viagem	Valor total de uso recreativo anual do Parque Nacional do Iguaçu = US\$ 28.774.267 ² .
Valoração simulada – Valoração contingente	Preços hedônicos	Pessoas pesquisadas em Recife-PE estavam dispostas a pagar um valor de US\$ 16.773,73 a mais sobre o preço do imóvel para morar próximo às áreas verdes ³ .
		Disposição a Pagar (DAP) para proteção de Áreas de Preservação Permanente (APP) da microbacia do ribeirão São Bartolomeu, Viçosa-MG. DAP = R\$ 27,98/mês domicílio (taxa adicional na conta de água) ⁴ .
		Disposição a Receber (DAR) dos produtores da bacia hidrográfica do Rio Xopotó, MG para imobilizar determinadas APP em suas propriedades para manutenção dos serviços ambientais. DAR = R\$ 189,90/ha ano ⁵ .

Fonte: Adaptado de [140-145].

Tabela 10.6 – Exemplos de iniciativas de PSA no Brasil.

Nome do projeto	Área de abrangência	Características gerais
Conservador das Águas	Extrema (MG)	O Projeto visa aumentar a cobertura vegetal, reduzir a poluição decorrente dos processos erosivos, garantir a sustentabilidade socioambiental dos manejos e práticas implantadas por meio de incentivo financeiro como fator de estímulo e geração de renda [148]. A água produzida na região é essencial para o abastecimento hídrico do Sistema Cantareira (SP).
Bolsa Floresta	Amazonas (AM)	A Lei Nº 3.135/2007 [149] prevê o PSA às comunidades tradicionais das unidades de conservação pelo uso sustentável, pela conservação e pela proteção dos recursos naturais, bem como o incentivo a políticas voluntárias de redução do desmatamento.
Bolsa Verde	Todo o estado de Minas Gerais	A Lei Nº 17.727/2008 [150] prevê a concessão de incentivo financeiro a proprietários de áreas rurais e urbanas que preservarem, em seus terrenos, áreas necessárias à proteção dos recursos hídricos, da biodiversidade e dos ecossistemas.

Fonte: Autores.

Uma maior conscientização da sociedade sobre a importância de se promover os serviços ambientais nos centros urbanos é fundamental para se garantir o planejamento de cidades sustentáveis e mais eficientes no uso dos recursos naturais. No contexto urbano, estas ações podem ser adaptadas de forma a envolver empresas de saneamento e abastecimento de água, secretarias estaduais e municipais de meio ambiente, instituições locais e os setores de ensino e pesquisa. O entendimento e a valorização dos ecossistemas urbanos podem auxiliar na compreensão dos espaços públicos e da dinâmica de uso do solo nas cidades. Considerando a rápida taxa de crescimento das cidades, é importante que os serviços ambientais em áreas urbanas sejam prontamente compreendidos por tomadores de decisões políticas para que se possa assegurar a provisão destes serviços para as gerações atual e futura.

10.15. Considerações finais

As atividades humanas, em prol do desenvolvimento econômico e urbano não organizado, afetaram não apenas o funcionamento e a manutenção dos ecossistemas, mas também os benefícios que deles recebemos. E com a expansão das áreas urbanas e a redução de áreas naturais tornou-se necessário compreender o papel dos ecossistemas urbanos no fornecimento de bens e serviços à sociedade.

Ao pensarmos na região Norte e nos serviços ecossistêmicos relacionados à arborização, observamos que as florestas urbanas são essenciais não apenas para amenização climática, manutenção da biodiversidade, recreação e embelezamento das cidades, elas são também repositório da biodiversidade e de uma série de processos ecológicos, sendo fundamentais no sustento de parte de sua população, na purificação do ar, na captação da água das chuvas e na conservação de mananciais. Ainda assim, mesmo estando inseridas na maior floresta pluvial do mundo, o crescimento das cidades da região Norte tem sido desordenado e sem planejamento urbano adequado. Como resultado, além da supressão da cobertura vegetal original, a arborização urbana mostra-se deficitária e mal planejada, deteriorando os serviços ecossistêmicos urbanos e refletindo em uma redução no bem-estar da população local.

Ao incorporar e valorar a importância dos serviços ecossistêmicos urbanos ao planejamento das cidades e às políticas públicas, é possível promover a qualidade de vida na região, contribuindo para que o desenvolvimento de suas cidades passe a ser cada vez mais sustentável e com o uso mais eficiente dos recursos naturais. Uma forma de aferir os efeitos dos serviços ecossistêmicos e suas interações no ambiente é utilizar indicadores ambientais, que nos auxiliam a mensurar o impacto de diferentes eventos naturais ou interferências humanas na paisagem, assim como investigar a percepção ambiental de um grupo de pessoas a respeito de uma região. Para promover a conservação ambiental e garantir a qualidade de vida à sociedade, o pagamento por serviços ambientais faz referência a instrumentos econômicos que podem promover a conservação ambiental e garantir a provisão dos serviços ecossistêmicos em quantidade e qualidade adequadas para as gerações atuais e futuras.

Cientes de que o tema dos serviços ecossistêmicos não se esgotou, esperamos que estas informações encontrem repercussão prática nos processos relacionados à arborização urbana na região Norte. Integrar os serviços ecossistêmicos ao planejamento urbano e às políticas públicas é essencial para melhorar a qualidade de vida e promover a sustentabilidade na região, que é o repositório da maior sociobiodiversidade do nosso planeta.

10.16. Referências

- [1] Organização das Nações Unidas (ONU). Why do ecosystems matter? [Internet]. 2020 [acesso 15 out. 2020]. Disponível em: <https://www.unenvironment.org/explore-topics/ecosystems/why-do-ecosystems-matter>
- [2] De Groot RS, Wilson MA, Boumans RMJ. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecol Econ*. 2002;41:393-408.
- [3] Avaliação Ecosistêmica do Milênio (MA). Ecosystems and human well-being: synthesis. Washington (DC): Island Press; 2005.
- [4] Bolund P, Hunhammar S. Ecosystem services in urban areas. *Ecol Econ*. 1999;29:293-301.
- [5] Marengo JA, Souza CM, Thonicke K, Burton C, Halladay K, Betts RA, et al. Changes in climate and land use over the Amazon region: current and future variability and trends. *Front Earth Sci*. 2018;6:228. doi:10.3389/feart.2018.00228.
- [6] Kadykalo AN, López-Rodríguez MD, Ainscough J, et al. Disentangling 'ecosystem services' and 'nature's contributions to people'. *Ecosyst People*. 2019;15:269-82.
- [7] Joly CA, Scarano FR, Seixas CS, et al., eds. Diagnóstico brasileiro de biodiversidade e serviços ecossistêmicos. 1. ed. São Carlos: Editora Cubo; 2019.
- [8] Prado RB, Fidalgo ECC, Monteiro JMG, et al. Current overview and potential applications of the soil ecosystem services approach in Brazil. *Pesq Agropec Bras*. 2016;51:1021-38.
- [9] Pascual U, Balvanera P, Díaz S, et al. Valuing nature's contributions to people: the IPBES approach. *Curr Opin Environ Sustain*. 2017;26-27:7-16.
- [10] Díaz S, Pascual U, Stenseke M, et al. Assessing nature's contributions to people. *Science*. 2018;359:270-2.
- [11] Díaz S, et al. The IPBES conceptual framework – connecting nature and people. *Curr Opin Environ Sustain*. 2015;14:1-16.
- [12] Organização das Nações Unidas (ONU). Departamento de Assuntos Econômicos e Sociais. Divisão de Populações. World Urbanization Prospects 2018: Highlights (ST/ESA/SER.A/421) [Internet]. 2019 [acesso 5 nov. 2020]. Disponível em: <https://www.un.org/development/desa/en/news/population/2018-revision-of-world-urbanization-prospects.html>
- [13] Silva-Júnior JA, Costa ACL, Pezzuti JCB, da Costa RF. Variabilidade espacial do conforto térmico e a segregação social do espaço urbano na cidade de Belém, PA. *Rev Bras Meteorol*. 2013;28:419-28.
- [14] Souza DO, Alvalá RGS, Nascimento MG. Urbanization effects on the microclimate of Manaus: a modeling study. *Atmos Res*. 2016;167:237-48.
- [15] Bodini A, Bondavalli C, Allesina S. Cities as ecosystems: growth, development and implications for sustainability. *Ecol Model*. 2012;245:185-98.
- [16] Haughton G, Hunter C. Sustainable cities: regional policy and development. London: Jessica Kingsley; 1994.
- [17] Pavao-Zuckerman M. Urbanization, soils, and ecosystem services. In: Wall DH, Bardgett RD, Pelletier VB, et al., eds. Soil ecology and ecosystem services. Oxford: Oxford University Press; 2012. p. 217-80.
- [18] The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB). The economics of ecosystems and biodiversity in national and international policy making. London; Washington (DC): Earthscan; 2011.

- [19] Ramalho PO. Lugar de memória: o plano urbanístico de Boa Vista-RR [dissertação]. Rio de Janeiro: Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional; 2012.
- [20] Pinheiro RT, Marcelino DG, Moura DR. Composição e diversidade arbórea nas quadras urbanizadas de Palmas, Tocantins. *Ciênc Florest*. 2020;30:565-82.
- [21] Amaral DD, Vieira ICG, Salomão RP, Almeida SS, Jardim MAG. The status of conservation of urban forests in eastern Amazonia. *Braz J Biol*. 2012;72:257-65.
- [22] Brasil. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Sinopse do Censo Demográfico 2010 Brasil [Internet]. 2010 [acesso 3 set. 2020]. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=8>
- [23] Prefeitura do Município de Goiânia. Agência do Município de Meio Ambiente. Apresentação [Internet]. 2025 [acesso 29 jan. 2025]. Disponível em: <https://www.goiania.go.gov.br/shtml/amma/apresentacao.shtml>
- [24] Lima MC. A cidade, o urbano e o rio na Amazônia. *Acta Geogr*. 2008;(3):107-17.
- [25] Brasil. Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Diagnóstico dos serviços de água e esgotos – 2018 [Internet]. 2019 [acesso 5 set. 2020]. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/snis/diagnosticos-anteriores-do-snis/agua-e-esgotos-1/2018>
- [26] Paiva AV, et al. Inventário e diagnóstico da arborização urbana viária de Rio Branco, AC. *Rev Soc Bras Arbor Urb*. 2010;5:144-59.
- [27] Castro HS, Dias TCAC. Percepção ambiental e arborização urbana em Macapá, Amapá. *Biota Amazônia*. 2013;3:34-44.
- [28] Gama Neto O. Arborização urbana em Belém: diálogo entre tempos [dissertação]. Belém (PA): Universidade Federal do Pará; 2013.
- [29] Santos-Junior A, Lacerda ES, Gomes WO. A arborização pública e a eficiência do sombreamento da superfície urbana em bairros residenciais de Porto Velho, RO. *Rev Soc Bras Arbor Urb*. 2013;8:108-17.
- [30] Lima Neto EM, Biondi D, Leal L, et al. Análise da composição florística de Boa Vista-RR: subsídio para a gestão da arborização de ruas. *Rev Soc Bras Arbor Urb*. 2016;11:58-72.
- [31] Sardinha MA, Cruz Junior FO, Silva SKA. As praças e arborização urbana: o caso de Macapá. *Rev Cient ANAP Bras*. 2016;9:1-14.
- [32] Phillips OL, Brien RJW; The RAINFOR Collaboration. Carbon uptake by mature Amazon forests has mitigated Amazon nations' carbon emissions. *Carbon Balance Manag*. 2017;12(1). doi:10.1186/s13021-016-0069-2.
- [33] Marengo JA, Douglas MW, Dias PLS. The South American low-level jet east of the Andes during the 1999 LBA-TRMM and LBA-WET AMC campaign. *J Geophys Res*. 2002;107 (D20). doi:10.1029/2001JD001188
- [34] Andrade Filho VS. Estudo da associação entre material particulado emitido em queimadas e doenças respiratórias no município de Manaus, AM [dissertação]. Manaus: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia; 2011.
- [35] Rodrigues JM, coordenador. Mapa da Motorização Individual no Brasil 2019 [Internet]. 2019 [acesso 8 dez. 2020]. Disponível em: https://www.observatoriodasmetrolopes.net.br/wp-content/uploads/2019/09/mapa_moto2019v2.pdf
- [36] Brasil. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Programa Queimadas: monitoramento dos focos ativos por estado [Internet]. [acesso 3 jan. 2021]. Disponível em: https://terrabilis.dpi.inpe.br/queimadas/situacao-atual/estatisticas/estatisticas_estados/

- [37] Marlier ME, Bonilla EX, Mickley LJ. How do Brazilian fires affect air pollution and public health? *GeoHealth*. 2020. doi:10.1029/2020GH000331
- [38] PurpleAir: Real-time air quality monitoring. Real-time air quality monitoring map [Internet]. [acesso 14 set. 2020]. Disponível em: <https://www.purpleair.com/map?opt=1/mAQI/a10/cC0#11/-1.3434/-48.4182>
- [39] Rede de Monitoramento da Qualidade do Ar do Acre. Número de dias com qualidade do ar acima do padrão recomendado pela OMS nos municípios do Acre em 2019 e 2020 (até 23/11/2020) [Internet]. [acesso 1 jan. 2021]. Disponível em: <http://www.acrequalidadedoar.info/mapas.php>
- [40] Nawaz MO, Henze DK. Premature deaths in Brazil associated with long-term exposure to PM_{2.5} from Amazon fires between 2016 and 2019. *GeoHealth*. 2020;4(8). doi:10.1029/2020GH000268.
- [41] Escobedo FJ, Nowak DJ. Spatial heterogeneity and air pollution removal by an urban forest. *Landsc Urban Plan*. 2009;90(3). doi:10.1016/j.landurbplan.2008.10.021.
- [42] Janhäll S. Review on urban vegetation and particle air pollution – deposition and dispersion. *Atmos Environ*. 2015;105:130-7.
- [43] Gartland L. Ilhas de calor: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas. São Paulo: Oficina de Textos; 2010.
- [44] Tejas GT, Nunes DD, Souza RMS, Corrêa ACS, Watanabe M. Análise da temperatura de superfície em ambientes urbanos: um estudo por meio do sensoriamento remoto na cidade de Porto Velho/RO (1985-2011). *Confins*. 2017. doi:10.4000/confins.12191.
- [45] Tejas GT, Azevedo MGF, Locatelli M. A influência de áreas verdes no comportamento higrotérmico e na percepção ambiental do cidadão em duas unidades amostrais no município de Porto Velho, Rondônia, Brasil. *Rev Soc Bras Arbor Urb*. 2011;6:15-34.
- [46] Corrêa PB, Candido LA, Souza RAF, Andreoli RV, Kayano MT. Estudo do fenômeno da ilha de calor na cidade de Manaus/AM: um estudo a partir de dados de sensoriamento remoto, modelagem e estações meteorológicas. *Rev Bras Meteorol*. 2016;31(2). doi:10.1590/0102-778631220150012.
- [47] Souza DO. Influência da ilha de calor urbana nas cidades de Manaus e Belém sobre o microclima local [tese]. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais; 2012.
- [48] Delgado RC, Rodrigues RA, Faria ALP, Pessoa CS, Daher M. Uso do sensoriamento remoto na estimativa dos efeitos de ilhas de calor. *Rev Bras Ciênc Ambient*. 2012;(25):69-80.
- [49] Delgado RC, Souza LP, Silva IWR, Pessoa CS, Gomes FA. Influência da mudança da paisagem amazônica no aumento da precipitação em Cruzeiro do Sul, AC. *Enciclopédia Biosfera*. 2012;8(14):665-74.
- [50] Paz LHF. A influência da vegetação sobre o clima urbano de Palmas-TO. In: XVII Congresso Brasileiro de Arborização Urbana; 2013; Palmas. Palmas: SBAU; 2013.
- [51] Uchôa PWS. Estudo de variações termo-higrométricas de cidade equatorial devido ao processo de urbanização: o caso de Santarém-PA [dissertação]. Santarém: Universidade Federal do Oeste do Pará; 2011.
- [52] Moreira FSA. Análise socioambiental do município de Belém, Pará: elementos para uma sustentabilidade urbana [dissertação]. Belém (PA): Universidade Federal do Pará; 2018.
- [53] Santos KPC, Cunha AC, Costa CL, Souza EB. Índices de tendências climáticas associados à “ilha de calor” em Macapá-AP (1968-2010). *Rev Bras Ciênc Ambient (Online)*. 2012;(23).

- [54] Heaviside C, Macintyre H, Vardoulakis S. The urban heat island: implications for health in a changing environment. *Curr Environ Health Rep*. 2017. doi:10.1007/s40572-017-0150-3.
- [55] Organização Mundial da Saúde (WHO). Regional Office for Europe. Urban green spaces and health: a review of evidence [Internet]. 2016 [acesso 22 nov. 2020]. Disponível em: https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0005/321971/Urban-green-spaces-and-health-review-evidence.pdf
- [56] National Centers for Environmental Information (NOAA). State of the Climate: Global Climate Report for Annual 2019 [Internet]. 2020 [acesso 6 out. 2020]. Disponível em: <https://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/201913>
- [57] Shukla PR, Skea J, Calvo Buendia E, et al., orgs. Climate change and land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems. In press.
- [58] Seto KC, Dhakal S, Bigio A, et al., orgs. Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the IPCC. Cambridge; New York: Cambridge University Press; 2014. p. 923-1000.
- [59] Blanco G, Gerlagh R, Suh S, et al. Drivers, trends and mitigation. In: Edenhofer O, Pichs-Madruga R, Sokona Y, et al., orgs. Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the IPCC. Cambridge; New York: Cambridge University Press; 2014. p. 351-411.
- [60] Zhang H, Qi Z, Ye X, et al. Analysis of land use/land cover change, population shift, and their effects on spatiotemporal patterns of urban heat islands in metropolitan Shanghai, China. *Appl Geogr*. 2013;44:121-33.
- [61] Martínez-Vilalta J, Sala A, Asensio D, et al. Dynamics of non-structural carbohydrates in terrestrial plants: a global synthesis. *Ecol Monogr*. 2016;86:495-516.
- [62] McPherson EG, Xiao Q, Aguaron E. A new approach to quantify and map carbon stored, sequestered and emissions avoided by urban forests. *Landsc Urban Plan*. 2013;120:70-84.
- [63] Velasco E, Roth M, Norford L, Molina LT. Does urban vegetation enhance carbon sequestration? *Landsc Urban Plan*. 2016;148:99-107.
- [64] Jo H. Impacts of urban greenspace on offsetting carbon emissions for middle Korea. *J Environ Manag*. 2002;64:115-26.
- [65] Escobedo F, Varela S, Zhao M, Wagner JE, Zipperer W. Analyzing the efficacy of subtropical urban forests in offsetting carbon emissions from cities. *Environ Sci Policy*. 2010;13:362-72.
- [66] Liu C, Li X. Carbon storage and sequestration by urban forests in Shenyang, China. *Urban For Urban Green*. 2012;11:121-8.
- [67] Vaccari FP, Gioli B, Toscano P, Perrone C. Carbon dioxide balance assessment of the city of Florence (Italy), and implications for urban planning. *Landsc Urban Plan*. 2013;120:138-46.
- [68] Speak A, Escobedo FJ, Russo A, Zerbe S. Total urban tree carbon storage and waste management emissions estimated using a combination of LiDAR, field measurements and an end-of-life wood approach. *J Clean Prod*. 2020;256:120420. doi:10.1016/j.jclepro.2020.120420.
- [69] Silva ARM, Landa GG, Vitalino RF. Borboletas (Lepidoptera) de um fragmento de mata urbano em Minas Gerais, Brasil. *Lundiana*. 2007;8:137-42.
- [70] Ferreira CMM, Fischer E, Pulchério-Leite A. Fauna de morcegos em remanescentes urbanos de Cerrado em Campo Grande, Mato Grosso do Sul. *Biota Neotrop*. 2010;1:155-60.
- [71] Sacco AG, Bergmann FB, Rui AM. Assembleia de aves na área urbana do município de Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil. *Biota Neotrop*. 2013;13:153-62.

- [72] Oppliger EA, Fontoura FM, Oliveira AKM, et al. O potencial turístico para a observação da avifauna em três áreas verdes na cidade de Campo Grande, MS. *Rev Bras Pesq Tur.* 2016; 10:274-92.
- [73] Vale CA, Prezoto F. Fauna urbana: quem vive aqui? *Ces Rev.* 2019;33:119-46.
- [74] Souza AS. Espécies da fauna urbana de Marabá e Parauapebas: conhecer para preservar. *Rev Agrogeoambiental.* 2014;Esp(2):19-24.
- [75] Lees AC, Moura NG. Taxonomic, phylogenetic and functional diversity of an urban Amazonian avifauna. *Urban Ecosyst.* 2017;20:1019-25.
- [76] Capaverde-Junior UD, Pacheco SM, Duarte ME. Murciélagos (Mammalia: Chiroptera) del área urbana del municipio de Boa Vista, Roraima, Brasil. *Barbastella.* 2014;7(1). doi:10.14709/BarbJ.7.1.2014.03.
- [77] Capaverde-Junior UD, Lopes MS, Almeida NCV, Almeida FZP, Pathek DB. Wild animals collected by the Independent Company of Environmental Police Monte Roraima in urban area of Boa Vista, Brazilian Amazon. *Biota Amazônia.* 2018;8:43-8.
- [78] Menin M, Ferreira RFB, Melo IB, et al. Anuran diversity in urban and rural zones of the Itacoatiara municipality, central Amazonia, Brazil. *Acta Amaz.* 2019;49:122-30.
- [79] Beltrão H, Magalhães ERS, Costa SB, Loebens SC, Yamamoto KC. Ictiofauna do maior fragmento florestal urbano da Amazônia: sobrevivendo ao concreto e à poluição. *Neotrop Biol Conserv.* 2018;13(2):124-37.
- [80] Avila-Pires TCS, Alves-Silva KR, Barbosa L, et al. Changes in amphibian and reptile diversity over time in Parque Estadual do Utinga, Pará State, Brazil, a protected area surrounded by urbanization. *Herpetol Notes.* 2018;11:499-512.
- [81] Dirzo R, Raven PH. Global state of biodiversity and loss. *Annu Rev Environ Resour.* 2003; 28:137-67.
- [82] Janzen DH. Herbivores and the number of tree species in tropical forests. *Am Nat.* 1970; 104:501-28.
- [83] Barbosa LM, org. Manual para recuperação de áreas degradadas do estado de São Paulo: Matas Ciliares do Interior Paulista. São Paulo: Instituto de Botânica; 2006.
- [84] Machado ELM, Gonzaga APD, Macedo RLG, et al. Importância da avifauna em programas de recuperação de áreas degradadas. *Rev Cient Eletr Eng Florest.* 2006;4(7):1-19.
- [85] Mikich SB, Bianconi GV, Parolin LC, Almeida A. Serviços ambientais prestados por morcegos frugívoros na recuperação de áreas degradadas. In: Parron LM, Garcia JR, Oliveira EB, et al., eds. *Serviços Ambientais em Sistemas Agrícolas e Florestais do Bioma Mata Atlântica.* Brasília: Embrapa; 2015. p. 248-56.
- [86] Brun FGK, Link D, Brun EJ. O emprego da arborização na manutenção da biodiversidade de fauna em áreas urbanas. *Rev Soc Bras Arbor Urb.* 2007;2:117-27.
- [87] Santos AA, Ragusa-Netto J. Plant food resources exploited by Blue-and-Yellow Macaws (*Ara ararauna*, Linnaeus 1758) at an urban area in Central Brazil. *Braz J Biol.* 2014;74:429-37.
- [88] Lapoint S, Balkenhol N, Hale J, Sadler J, Van der Ree R. Ecology of organisms in urban environments – ecological connectivity research in urban areas. *Funct Ecol.* 2015;29:868-78.
- [89] Andrade RM, Pinto RL. Estímulos naturais e a saúde humana: a hipótese da biofilia em debate. *Polêm!ca.* 2017;17(4):30-43.
- [90] Costa-Neto EM. “Caçando” bichos na selva urbana: um estudo de caso na cidade de Feira de Santana, Bahia, Brasil. *Bioikos.* 2004;18:21-5.

- [91] Santos LS, Pereira HS, Gordo M. Simpatría entre populações humanas e de saim-de-coleira (*Saguinus bicolor*) em fragmentos florestais de Manaus, Amazonas. *Neotrop Primates*. 2017; 23:25-30.
- [92] Hernández-Morcilo M, Plieninger T, Bieling C. An empirical review of cultural ecosystem service indicators. *Ecol Indic*. 2013;29:434-44.
- [93] Gould RK, Lincoln NK. Expanding the suite of cultural ecosystem services to include ingenuity, perspective, and life teaching. *Ecosyst Serv*. 2017;25:117-27.
- [94] Ko H, Son Y. Perceptions of cultural ecosystem services in urban green spaces: A case study in Gwacheon, Republic of Korea. *Ecol Indic*. 2018;91:299-306.
- [95] Kosanic A, Petzold J. A systematic review of cultural ecosystem services and human wellbeing. *Ecosyst Serv*. 2020;45:101168. doi:10.1016/j.ecoser.2020.101168
- [96] Xu C, Haase D, Pribadi DO, Pauleit S. Spatial variation of green space equity and its relation with urban dynamics: A case study in the region of Munich. *Ecol Indic*. 2018;93:512-23.
- [97] Chen Y, Yue W, Rosa DL. Which communities have better accessibility to green space? An investigation into environmental inequality using big data. *Landsc Urban Plan*. 2020;204: 103919. doi:10.1016/j.landurbplan.2020.103919.
- [98] Wen C, Albert C, Haaren CV. Equality in access to urban green spaces: A case study in Hannover, Germany, with a focus on the elderly population. *Urban For Urban Green*. 2020;55:126820. doi:10.1016/j.ufug.2020.126820.
- [99] Williams TG, Logan TM, Zuo CT, et al. Parks and safety: a comparative study of green space access and inequity in five US cities. *Landsc Urban Plan*. 2020;201:103841. doi:10.1016/j.landurbplan.2020.103841.
- [100] Dade MC, Mitchell MGE, Brown G, Rhodes JR. The effects of urban greenspace characteristics and socio-demographics vary among cultural ecosystem services. *Urban For Urban Green*. 2020;49:126641. doi:10.1016/j.ufug.2020.126641.
- [101] Enssle F, Kabisch N. Urban green spaces for the social interaction, health and well-being of older people – An integrated view of urban ecosystem services and socio-environmental justice. *Environ Sci Policy*. 2020;109:36-44.
- [102] Liotta C, Kervinio Y, Levrel H, Tardieu L. Planning for environmental justice - reducing well-being inequalities through urban greening. *Environ Sci Policy*. 2020;112:47-60.
- [103] Baumeister CF, Gerstenberg T, Plieninger T, Schraml U. Exploring cultural ecosystem service hotspots: Linking multiple urban forest features with public participation mapping data. *Urban For Urban Green*. 2020;48:126561. doi:10.1016/j.ufug.2019.126561
- [104] Flowers EP, Timperio A, Hesketh KD, Veitch J. Comparing the features of parks that children usually visit with those that are closest to home: A brief report. *Urban For Urban Green*. 2020;48:126560. doi:10.1016/j.ufug.2019.126560.
- [105] La Rosa D, Spyra M, Inostroza L. Indicators of cultural ecosystem services for urban planning: a review. *Ecol Indic*. 2016;61:74-89. doi:10.1016/j.ecolind.2015.04.028.
- [106] Raudsepp-Hearne C, Peterson GD, Bennett EM. Ecosystem service bundles for analyzing tradeoffs in diverse landscapes. *Proc Natl Acad Sci USA*. 2010;107:5242-7.
- [107] Sander HA, Haight RG. Estimating the economic value of cultural ecosystem services in an urbanizing area using hedonic pricing. *J Environ Manag*. 2012;113:194-205.
- [108] Casalegno S, Inger R, Desilvey C, Gaston KJ. Spatial covariance between aesthetic value and other ecosystem services. *PLOS One*. 2013;8:e68437. doi:10.1371/journal.pone.0068437.

- [109] Nahuelhual L, Carmona A, Lozada P, et al. Mapping recreation and ecotourism as a cultural ecosystem service: an application at the local level in Southern Chile. *Appl Geogr.* 2013; 40:71-82.
- [110] Brandt P, Abson DJ, DellaSala DA, et al. Multifunctionality and biodiversity: ecosystem services in temperate rainforests of the Pacific Northwest, USA. *Biol Conserv.* 2014;169:362-71.
- [111] Van Berkel DB, Verburg PH. Spatial quantification and valuation of cultural ecosystem services in an agricultural landscape. *Ecol Indic.* 2014;37:163-71.
- [112] Nahuelhual L, Carmona A, Lateralra P, et al. A mapping approach to assess intangible cultural ecosystem services: the case of agriculture heritage in Southern Chile. *Ecol Indic.* 2014; 40:90-101.
- [113] Plieninger T, Dijks S, OterosRozas E, Bielng C. Assessing, mapping, and quantifying cultural ecosystem services at community level. *Land Use Policy.* 2013;33:118-29.
- [114] Pascual U, Balvanera P, Díaz S, et al. Valuing nature's contributions to people: The IPBES approach. *Curr Opin Environ Sustain.* 2016;26:7-16.
- [115] Lourenço JNP, Januário NS, Feio EF, et al. A percepção dos moradores de Parintins-AM, sobre arborização urbana. In: Congresso Brasileiro de Arborização Urbana; 2008; Manaus, AM. [acesso 8 jan. 2021]. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/683931>
- [116] Loureiro VR, Barbosa EJS. Cidade de Belém e natureza: uma relação problemática? *Novos Cad NAEA.* 2010;13:105-34.
- [117] Oliveira KA, Jesus IS. Espacialização e quantificação das áreas verdes no perímetro urbano do município de Rio Branco – Acre. In: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto; 2011; Curitiba. [acesso 8 jan. 2021]. Disponível em: <http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/marte/2011/07.15.14.40.38/doc/p0625.pdf>
- [118] LinsNeto NFA, Sousa PRP, Viana AL, Mari MLG, Medeiros SHS. Avaliação da arborização urbana da Cidade de Manaus por seus residentes. *Rev Eletr Gestão Educ Tecnol Ambient.* 2016;20:162-73.
- [119] Oliveira LM, Santos AF, Souza PA, et al. Diagnóstico da arborização nas calçadas de Gurupi, TO. *Rev Soc Bras Arbor Urb.* 2017;12:105-21.
- [120] Santos MO, Maia LPSS, Oliveira ED, et al. Percepção ambiental sobre a arborização urbana no bairro Santa Tereza, Tefé, Amazonas, Brasil. *RA'EGA – Esp Geogr Análise.* 2018;44:231-41.
- [121] Santos JEB, Nicioka DR, Rocha IFL, Valente JPMS. Áreas verdes do município de Belém-PA e a percepção populacional do bairro do Marco quanto a sua importância. In: IX Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental; 2018; São Bernardo do Campo, SP. [acesso 8 jan. 2021]. Disponível em: <https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2018/VI-004.pdf>
- [122] Rocha RR. Recursos naturais urbanos: árvores frutíferas nos quintais de Boa Vista, Roraima. Monografia. Boa Vista: Universidade Federal de Roraima; 2007.
- [123] Almeida JR, Barbosa CG. Diagnóstico da arborização urbana da cidade de Cacoal-RO. *Rev Soc Bras Arbor Urb.* 2010;5:61-81.
- [124] Rocha CLD, Freitas JF, Almeida SO, Souza ACR. Caracterização quantitativa da arborização urbana no município de Itapuã do Oeste/RO. *Saber Cient.* 2018;7:1-12.
- [125] Veloso JN. Inventário da arborização urbana das principais avenidas do município de Rorainópolis, Roraima. *Bol Mus Integr Roraima.* 2016;10:28-40.
- [126] Ferreira EJJL, Silva LB, Pinheiro RM, Rosário RS, Melo RA. Avaliação da arborização urbana do bairro Cidade Nova em Rio Branco, Acre. In: VIII Congresso Brasileiro de Gestão

- Ambiental; 2017; Campo Grande, MS. [acesso 8 jan. 2021]. Disponível em: <https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2017/VI-031.pdf>
- [127] Gonçalves AM. Avaliação da arborização urbana do bairro Santa Luzia, Itacoatiara, Amazonas. Monografia. Itacoatiara: Universidade do Estado do Amazonas; 2017.
- [128] Oliveira VP, Dias JGS, Ribeiro AT, et al. A percepção da população sobre arborização em um conjunto habitacional no município de Paragominas-PA. *Rev Soc Bras Arbor Urb.* 2017;12:27-36.
- [129] Fonseca LC. Avaliação da arborização urbana do bairro da Francesa no município de Parintins, Amazonas. Monografia. Itacoatiara: Universidade do Estado do Amazonas; 2018.
- [130] CastroFilho RE. Diagnóstico quali quantitativo da arborização urbana de ruas dos bairros Colônia e Pedreiras no município de Itacoatiara, Amazonas. Monografia. Itacoatiara: Universidade do Estado do Amazonas; 2018.
- [131] Santos RAA, Felseburgh CA, Souza AJV, et al. Análise quantiquantitativa da arborização urbana de uma avenida em uma cidade da região Amazônica. *Nat Conserv.* 2019;12:64-78.
- [132] Oliveira DV, Oliveira TG, Maestri MP, Aquino MGC. Análise da arborização no bairro Centro de Santarém, Pará. *Braz J Dev.* 2020;6:35045-50.
- [133] Veloso BMS, Alves CMS, Oliveira ST, Ramalho PO. Cenário urbano e paisagístico da praça Inácio Lopes Magalhães e seus usos para promoção de qualidade de vida – cidade de Boa Vista/Roraima. In: XI Encontro de Iniciação Científica da Estácio da Amazônia; 2019. [acesso 8 jan. 2021]. Disponível em: <https://www.even3.com.br/anais/xieicea/220805-cenario-urbano-e-paisagistico-da-praca-inacio-lobes-magalhaes-e-seus-usos-para-promocao-de-qualidade-de-vida--ci/>
- [134] Viana AL, Lopes MC, Lins-Neto NFA, et al. Análise da percepção ambiental sobre os parques urbanos da cidade de Manaus, Amazonas. *Monogr Ambient.* 2014;13:4044-62.
- [135] Faria AKCA, Moraes MG, Camargo RV. Ferramenta de arborização a nível local: o programa de adoção de áreas verdes urbanas de Palmas/TO. In: Congresso Técnico-Científico da Engenharia e da Agronomia; 2019; Palmas, TO. [acesso 8 jan. 2021]. Disponível em: <https://www.confear.org.br/midias/uploads-imce/Contecc2019/Experi%C3%Aancia%20Profissional/FERRAMENTA%20DE%20ARBORIZA%C3%87%C3%83O%20A%20NIVEL%20LOCAL-O%20PROGRAMA%20DE%20ADO%C3%87%C3%83O%20DE%20AREAS%20VERDES%20URBANAS%20DE%20PALMAS-TO.pdf>
- [136] Lima JJF, Souza FTS. Parques urbanos em Belém do Pará, do urbanismo embelezador à preservação ambiental. In: XVIII ENANPUR; 2019. [acesso 8 jan. 2021]. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/350621467_Cidades_saudaveis_o_acesso_equitativo_a_parques_urbanos_como_promocao_da_saude
- [137] Wunder S. Payments for Environmental Services: some nuts and bolts. *CIFOR Occas Pap.* 2005;42:1-24. [acesso 19 set. 2020]. Disponível em: https://www.cifor.org/publications/pdf_files/OccPapers/OP-42.pdf
- [138] Brasil. Lei Nº 9.433/1997, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Brasília, DF; 1997.
- [139] Brasil. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Agência Nacional de Águas (ANA). Manual operativo do Programa Produtor de Água. Brasília: Superintendência de Usos Múltiplos; 2008.
- [140] The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB). Ecological and economic foundations. London: Earthscan; 2010.

- [141] Correa JBL. Quantificação das áreas de preservação permanente e reserva legal e de seus impactos econômicos na bacia do Rio Pomba em Minas Gerais. Dissertação [Mestrado em Ciência Florestal]. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa; 2006.
- [142] Ortiz RA, Motta RS, Ferraz C. Estimando o valor ambiental do Parque Nacional do Iguaçu: uma aplicação do método de custo de viagem. Rio de Janeiro: IPEA; 2001. [acesso 1 out. 2020]. Disponível em: https://portalantigo.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/TDs/td_0777.pdf
- [143] Albuquerque EE, Melo ASSA, Souza HR. Ativo ambiental e preço de imóvel na cidade do Recife: um estudo exploratório a partir da utilização do método dos preços hedônicos. 2007. [acesso 30 set. 2020]. Disponível em: https://attena.ufpe.br/bitstream/123456789/3876/1/arquivo3493_1.pdf
- [144] Mattos ADM, Jacovine LAG, Valverde SR, et al. Valoração ambiental de áreas de preservação permanente da microbacia do ribeirão São Bartolomeu no Município de Viçosa, MG. *Rev Árvore*. 2007;31:347-53.
- [145] Vilar MB, Oliveira AC, Jacovine LAG, et al. Valoração ambiental de propriedades rurais de municípios da bacia hidrográfica do rio Xopotó, MG. *Cerne*. 2010;16:539-45.
- [146] Ferraz RP, et al, editores. Marco referencial em serviços ecossistêmicos. Brasília: Embrapa; 2019.
- [147] Pagiola S, Glehn HC von, Tafarello D, organizadores. Experiências de pagamentos por serviços ambientais no Brasil. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente; 2013.
- [148] Extrema (MG). Lei N° 2.100/2005, de 21 de dezembro de 2005. Cria o Projeto Conservador das Águas, autoriza o executivo a prestar apoio financeiro aos proprietários rurais e dá outras providências. Extrema; 2005.
- [149] Amazonas (Estado). Lei N° 3.135/2007, de 5 de junho de 2007. Institui a Política Estadual sobre Mudanças Climáticas, Conservação Ambiental e Desenvolvimento Sustentável do Amazonas. Manaus; 2007. [acesso 2 out. 2020]. Disponível em: <https://sistemas.sefaz.am.gov.br/get/Normas.do?metodo=viewDoc&uuidDoc=f9a35a1c-f225-469c-9ab8-93bff8de0b5c>.
- [150] Minas Gerais (Estado). Lei N° 17.727/2008, de 13 de agosto de 2008. Dispõe sobre a concessão de incentivo financeiro a proprietários e posseiros rurais, sob a denominação de Bolsa Verde, e dá outras providências. Belo Horizonte; 2008.

Capítulo 11

ARBORIZAÇÃO URBANA E FAUNA ASSOCIADA

Por Marcelo Gordo, Sérgio Henrique Borges e James Rodrigues de Souza

11.1. Destaques deste capítulo

1. Cidades da região Norte abrigam fauna diversa, como sauim-de-coleira, graças aos fragmentos florestais urbanos;
2. Espécies nativas como açaí e ingá são cruciais para alimentar e abrigar a fauna urbana;
3. Urbanização causa fragmentação, atropelamentos e choques em redes elétricas, ameaçando a vida silvestre;
4. Parques e quintais arborizados criam corredores vitais para a fauna se mover nas cidades.

11.2. Introdução

Quando se fala em biodiversidade, o Brasil sempre é destaque mundial, em razão da enorme diversidade de organismos, desde fungos e bactérias até árvores e animais. Representando cerca de 13% de todas as espécies de animais e plantas do mundo, a biodiversidade da fauna brasileira inclui mais de 120 mil espécies de invertebrados (insetos, aracnídeos, moluscos, entre outros, e aproximadamente 3150 espécies de peixes continentais, 1358 espécies de peixes marinhos, 973 espécies de anfíbios, 1982 espécies de aves, 732 espécies de répteis e 734 espécies de mamíferos) registradas até o momento no território brasileiro [1,2].

Estes altos níveis de diversidade biológica se devem ao fato de o Brasil possuir grande extensão territorial e a maior parte do país localizado na região tropical do planeta, sendo que os trópicos concentram a maior parte da biodiversidade global [3]. O Brasil é formado por diferentes biomas e ecossistemas, dentre os quais a Amazônia se destaca por ser a maior floresta tropical do planeta.

Os ambientes tropicais no Brasil, especialmente as florestas, fornecem ampla gama de recursos e microambientes que proporcionam elevada diversidade de nichos para muitas espécies. Quanto maior a diversidade de plantas e ambientes, maior a diversidade faunística e de outros organismos, ampliando as oportunidades de inter-relações ecológicas [4]. Desta forma, a diversidade da fauna garante uma série de Serviços Ecossistêmicos (ver capítulo sobre SE), o bom funcionamento das relações tróficas e a estabilidade das comunidades naturais, fenômeno conhecido como “equilíbrio ecológico”.

É neste contexto de grande biodiversidade e de complexas relações ecológicas que as cidades brasileiras se inserem e se apresentam em franca expansão. A urbanização é uma das formas mais agressivas de destruição e degradação ambiental, figurando entre as grandes ameaças à biodiversidade global [5].

Mesmo nesse cenário negativo para a biodiversidade, é possível administrar o espaço urbano e favorecer a expansão de ambientes benéficos para a fauna e flora dentro de áreas urbanas. A localização geográfica das cidades da região Norte próximas a grandes formações vegetais originais confere potencial para abrigar fauna e flora nativas diversificadas.

Este capítulo apresenta as interações ecológicas entre animais e plantas em áreas urbanas da região Norte do país, bem como suas implicações para a gestão ecológica das cidades com foco em tornar os espaços urbanos mais atrativos e amigáveis à fauna regional. Algumas recomendações são sugeridas relacionadas ao uso de determinadas espécies de plantas nativas da região Norte que podem atrair e diversificar a fauna urbana, podendo ser utilizadas em planos municipais de arborização.

11.3. Interações ecológicas envolvendo a fauna urbana

11.3.1. Interações ecológicas entre organismos: definições e exemplos

Populações biológicas são formadas pelo conjunto de indivíduos de uma mesma espécie que se distribuem nos ambientes e interagem direta ou indiretamente entre si e com indivíduos de outras espécies. Em ambientes naturais, nota-se um ajuste ecológico entre as espécies que pode resultar no predomínio de alguns grupos em relação a outros, porém, este cenário é dinâmico e pode ser alterado ao longo do tempo. Essas interações ecológicas podem ser fortemente influenciadas por mudanças drásticas do ambiente natural ou introdução de espécies exóticas. A seguir, destacam-se algumas interações ecológicas mais relevantes para se entender a comunidade de animais e plantas em ambientes naturais.

Mutualismo - As relações de mutualismo compreendem interações harmônicas entre espécies, nas quais ambos os organismos têm alguma vantagem. Os ingazeiros (gênero *Inga*), por exemplo, possuem nectários extraflorais para atrair formigas e as embaúbas (gênero *Cecropia*) fornecem abrigo e alimento para formigas. Em ambos os casos, as formigas defendem as plantas contra herbívoros.

A polinização e a dispersão de sementes estão entre as relações mutualísticas mais conhecidas. A polinização feita por meio de animais é uma modalidade de mutualismo importante para a reprodução das plantas, pois os animais transferem o pólen de uma flor para outra promovendo a fertilização. Exemplos de animais envolvidos na polinização incluem invertebrados (ex.: abelhas, borboletas, moscas e formigas) e vertebrados (ex.: répteis, aves, morcegos e outros mamíferos). O sucesso das plantas em alcançar locais adequados para sobreviver e crescer está vinculado ao mutualismo entre animais e plantas por meio da dispersão de sementes. Neste tipo de interação, os animais transportam as sementes de frutos, ingerindo-as ou transportando-as em parte de seu corpo por longas distâncias, a fim de disseminá-las.

Muitas plantas e animais evoluem conjuntamente (coevolução) de forma a tornar a polinização e a dispersão uma relação cada vez mais específica. Neste processo evolutivo, as flores e os frutos desenvolveram formas, cores e odores direcionados à espécies específicas da fauna, enquanto os animais desenvolveram comportamentos e adaptações morfológicas para explorar melhor esses recursos.

Exemplos são flores tubulares longas cujo néctar é explorado somente por animais como beija-flores, mariposas, borboletas e morcegos, ou plantas cuja floração ocorre à noite para atrair mariposas, morcegos e marsupiais com hábitos noturnos. O conjunto destas especificidades e formas de polinização e dispersão de sementes é denominado “síndrome de polinização” e “síndrome de dispersão de sementes” e que pode ser afetada pela ausência de espécies da fauna, uma vez que a relação de mutualismo será interrompida [6].

Parasitismo e herbivoria - Consideradas interações desarmônicas (ou antagônicas), na qual partes de um organismo são consumidas por outro indivíduo. Entre os parasitas há vários exemplos, como carrapatos e pulgas (ectoparasitas), lombrigas, solitárias e protozoários (endoparasitas) e também bactérias e vírus. Dentre os herbívoros ganham destaque os animais pastadores, o que inclui desde insetos até mamíferos, que consomem folhas ou sugam a seiva de plantas. Conforme o grau de ataque e infestação de parasitas e herbívoros, os hospedeiros podem ter o crescimento, reprodução e até mesmo a manutenção de populações comprometida.

Decomposição. Estão incluídos organismos que degradam matéria orgânica morta. Os organismos decompositores prestam importante serviço ecossistêmico porque permitem que os elementos químicos de carcaças de animais ou partes de plantas retornem ao ambiente e sejam usados novamente pelos organismos fotossintetizantes. Fungos e bactérias são os mais importantes organismos decompositores, mas animais também desempenham papéis fundamentais em diferentes etapas do processo de decomposição, como por exemplo, muitos artrópodes, principalmente insetos, que fragmentam o material biológico quando morto e exposto no solo de uma floresta facilitando a digestão pelos micro-organismos.

Competição - Ocorre entre indivíduos da mesma espécie (competição intraespecífica) ou entre indivíduos de espécies diferentes (competição interespecífica). Recursos como abrigos, água, alimentos e locais para reprodução podem ter sua disponibilidade limitada no ambiente, consequentemente desencadeando a disputa ou competição entre os indivíduos para a utilização desses recursos. Quando essa competição é desigual e o recurso disputado é insuficiente para todos, a espécie que está em vantagem prejudica as espécies concorrentes e provoca o declínio populacional ou mesmo a extinção local [7].

Predação - Os predadores são organismos que matam e ingerem outros organismos. Os predadores cumprem uma função imprescindível nos ecossistemas, pois auxiliam no controle de populações de presas das quais se alimentam e algumas até consideradas pragas. Ao consumirem as espécies mais abundantes, os predadores fazem com que as diferentes espécies de presas permaneçam em níveis de abundância sem competição relevante entre elas. Essa interação garante a coexistência e maior diversidade de espécies [4,6]. Como exemplo, destacam-se algumas aves ou morcegos que comem insetos (chamados insetívoros), ou uma cobra que come um rato.

As interações ecológicas descritas acima ocorrem em todos os ambientes, inclusive no contexto urbano, porém são menos estudadas nas cidades.

As interações de dispersão, polinização e herbivoria podem ser relevantes para o manejo de plantas cultivadas em espaços públicos e precisam ser consideradas nos planos de arborização municipais. Essa característica ecológica cumpre o papel de “semeadura natural” das espécies arbóreas e palmeiras em meio ambiente urbano.

11.4. Quais os impactos da urbanização sobre a fauna?

O processo de urbanização implica em perdas substanciais e alterações dos ambientes originais, incluindo a cobertura vegetal, solos e corpos d'água [8]. A construção de infraestruturas urbanas como casas, edifícios, ruas e avenidas reduzem habitats para a fauna, gerando menos alimento e abrigo, além de limitações de locais para reprodução. Mesmo quando não há construções, mas a vegetação nativa é removida ou alterada para o plantio de espécies domesticadas ou exóticas, estas nem sempre atraem a fauna nativa regional.

Com a expansão das cidades, a fragmentação da vegetação nativa e a exploração dos recursos naturais afetam diretamente a fauna, justamente em razão da alteração dos nichos ecológicos. Na região Norte, a maioria das cidades se expandiu rapidamente ao longo do século passado, principalmente em ambientes de florestas com grande diversidade de fauna associada. Exceção a esse padrão são as cidades localizadas nos estados de Roraima e Tocantins, que cresceram em ambientes de vegetação aberta, do tipo savana e que foram inicialmente planejadas.

A fragmentação do ambiente nativo, especialmente das florestas, acarreta mudanças microclimáticas nas bordas dos remanescentes florestais, levando ao aumento de temperatura, exposição das árvores aos ventos, diminuição da umidade e aumento da entrada de luz [9]. O conjunto destas alterações ecológicas é denominado “efeito de borda”, o que favorece algumas espécies animais que se adaptam ao calor e à intensidade luminosa, enquanto os animais associados a locais úmidos e sombreados são afetados negativamente e excluídos dessas áreas, notadamente ocupadas por novos bairros.

A fragmentação florestal divide populações de animais e vegetais, gera subpopulações pequenas e isoladas e aumenta a chance de extinções locais em áreas urbanas ou periurbanas. Essas extinções, associadas à perda de área dos fragmentos, acarretam a diminuição da diversidade e mudanças na composição de espécies em diferentes grupos de animais [10].

Corredores de vegetação nativa dispersos pela paisagem urbana ampliam a conexão das manchas de habitats e, por isso, são fundamentais para a conservação das espécies de fauna urbana [11].

A exploração dos recursos naturais como frutos, madeira e animais de caça em remanescentes de florestas urbanos, associado à introdução de espécies exóticas, poluição do ar e da água, atropelamentos e choques elétricos podem facilmente extrapolar a capacidade de recuperação e resiliência das populações de animais e plantas [12,13]. Ressalta-se a importância de preservar e manejar adequadamente os fragmentos urbanos para que os recursos ecológicos das florestas sejam suficientes entre as populações que habitam as cidades da região Norte [14].

Com todas as alterações inerentes à construção de cidades, dominados pela matriz de concreto e asfalto, as espécies nativas mais exigentes ou que necessitam de grandes áreas tendem a desaparecer,

como é o caso dos predadores de “topo de cadeia”, ou seja, animais que se alimentam de outros animais e raramente são predados na fase adulta. Sem predadores naturais que ocupam essa posição trófica, algumas espécies que tinham suas populações controladas por esses animais tendem a crescer demasiadamente e competir com outras espécies que utilizam os mesmos recursos. A ausência de predadores e a expansão de espécies exóticas em áreas urbanas podem intensificar a competição, conduzindo à redução da biodiversidade e favorecendo o surgimento das chamadas pragas urbanas, em alguns casos.

No ambiente urbano, muitas interações ecológicas são prejudicadas pela alteração das condições naturais e os efeitos são percebidos após décadas da alteração da paisagem. Como exemplo dessa variação temporal na biodiversidade se destacam algumas espécies arbóreas que são polinizadas e têm seus frutos dispersos por alguns grupos específicos de insetos e aves, respectivamente. Com o desaparecimento de algumas dessas espécies animais, tais grupos de árvores não terão como se reproduzir ou ter seus frutos dispersos, o que limitará a continuidade desta população na área urbana. Desta forma, essas espécies de árvores com alta especialização na relação mutualística existirão até que o indivíduo mais velho morra, sem ter condições de reprodução local e perpetuação no ambiente urbano. Um exemplo seria a relação entre as abelhas e a castanheira [15].

Curiosidades sobre os polinizadores no Brasil

Que as abelhas são importantes, todo mundo sabe. Mas o relatório da BPBES a respeito dos polinizadores revela dados fascinantes que vão muito além do mel! Dados recentes apontam que 76% das plantas cultivadas para alimentação no Brasil dependem de polinizadores, como abelhas, vespas e até morcegos. Isso significa que, sem eles, nosso prato ficaria muito mais vazio e menos nutritivo. A contribuição desses animais para a agricultura é estimada em impressionantes R\$ 43 bilhões anuais! A estrela do serviço é a abelha africana – aquela mesma que tem fama de brava. Ironia ou não, ela é a polinizadora mais eficiente na maioria de nossas lavouras. No entanto, o trabalho é uma colaboração: mais de 600 espécies de abelhas nativas, muitas delas solitárias e sem ferrão, também têm um papel crucial.

O perigo é real e está nos agrotóxicos, no desmatamento e nas mudanças climáticas, que estão causando um declínio alarmante nessas populações. Protegê-los não é só sobre salvar os animais, mas é uma questão de segurança alimentar e economia. A solução? Práticas como a Integração Lavoura-Pecuária-Floresta e a redução de pesticidas, que criam corredores ecológicos para que esses verdadeiros parceiros da agricultura possam prosperar.

11.5. Relação entre a vegetação e a fauna nativa nas cidades

A diversidade de interações ecológicas entre plantas e animais é substancialmente reduzida nas paisagens urbanas, especialmente se comparadas com as extensas florestas nativas da região Norte, que abrigam diversas interações muito específicas. As alterações ambientais promovidas pela consolidação e expansão das cidades normalmente geram desequilíbrios ambientais nas comunidades de animais e plantas, que aos poucos atingem nova estabilidade, com menos espécies persistentes nesse ambiente “hostil”, marcados por novos arranjos na composição de espécies e interações ecológicas [4]. Esses processos proporcionam ajustes comportamentais e fenotípicos da fauna para as

novas condições ambientais impostas pela urbanização [16]. O manejo das vegetações nativas e exóticas, por meio da arborização, enriquecimento dos quintais e proteção de remanescentes e corredores de florestas nativas pode promover o aumento no número de espécies de animais e plantas, bem como a diversificação das interações ecológicas no contexto urbano. Quintais com plantas são ótimos exemplos de manutenção de polinizadores, uma vez que a diversidade de flores pode atrair e oferecer alimento a uma ampla diversidade de animais, sejam aves ou insetos urbanos.

A conectividade de ambientes naturais ou seminaturais dentro das cidades é mais difícil de ser alcançada se comparada com as áreas rurais, pois há uma série de obstáculos para a mobilidade dos animais, como avenidas movimentadas e grandes trechos ocupados por edificações. Entretanto, esses quintais arborizados, áreas de preservação permanente (APPs), praças e a arborização de logradouros têm importante papel na ampliação da mobilidade e diversidade faunística dentro das cidades [17].

Trechos de vegetação nativa ou alterada podem formar passagens naturais através dos galhos das árvores, conectando lados opostos de ruas ou avenidas, garantindo uma passagem segura para espécies de animais arborícolas [18]. É importante, no entanto, atentar para o aumento das chances de atropelamentos e cuidados com a proximidade da vegetação com as redes elétricas, que podem causar acidentes graves com animais, em especial primatas, preguiças e marsupiais, com perda de membros e morte [12]. Neste sentido, devem ser adotadas medidas mitigadoras para reduzir os riscos de atropelamentos e choques elétricos de animais em trechos de corredores ecológicos cortados por ruas e avenidas. Entre estas medidas destacam-se a adoção de redutores de velocidade de veículos, instalação de passagens de fauna subterrâneas e aéreas, manejo do crescimento das árvores (podas) e proteção ou substituição de fiação elétrica aérea.

A arborização ou plantio de árvores, especialmente as nativas em espaços públicos, como avenidas ou parques, é outra medida de manejo do espaço urbano que pode ter efeitos positivos sobre a fauna.

As plantas nativas têm a vantagem de já possuírem uma interação ecologicamente positiva com a fauna local, enquanto a presença de vegetação exótica pode levar ao consumo de frutos dessas espécies pela fauna e à posterior dispersão de suas sementes, ampliando a competição entre plantas exóticas e nativas.

Nos planos de arborização urbana de cidades brasileiras é comum os gestores se preocuparem apenas com a estética e praticidade na escolha das espécies cultivadas e não contemplarem a flora nativa nem a manutenção da fauna silvestre dentro do planejamento espacial e temporal. Tal fato também ocorre em cidades da região Norte. O planejamento da distribuição das espécies de plantas em praças, bairros e avenidas deve contemplar uma ampla variedade de espécies de árvores e arbustos que forneçam alimentos na forma de flores e frutos para diferentes espécies de animais. Deste modo, é importante conhecer previamente as síndromes de polinização e dispersão das plantas escolhidas para a arborização urbana. Além disso, a distribuição destas áreas de arborização nas proximidades de remanescentes florestais ou de corredores de florestas urbanas pode ampliar a oferta de recursos para os animais que habitam estas áreas.

É importante considerar as espécies vegetais quanto à variabilidade temporal de produção de frutos e flores, um fenômeno conhecido como fenologia reprodutiva. Nas cidades, ao selecionar espécies cuja produção de frutos e flores seja complementar ao longo do ano, os gestores podem garantir um estoque contínuo de alimento para a fauna urbana. Deste modo, é importante

que os gestores municipais obtenham o máximo de informações a respeito da história natural (ex.: síndrome de dispersão, época de frutificação) das plantas escolhidas para arborização e estabeleça um planejamento espacial e temporal que maximize os benefícios para a fauna.

11.6. Por que aumentar a diversidade da fauna é importante no ambiente urbano?

Da mesma forma que a existência de áreas verdes e o contato de pessoas com a natureza pode afetar positivamente a saúde mental dos moradores das cidades [19], o contato e a observação de animais silvestre nativos nas cidades também ampliam a sensação de bem-estar para a maioria das pessoas [20]. Além disso, a existência de uma fauna nativa diversificada aumenta a chance de um ambiente mais equilibrado, com o controle de pragas e garantia de alguns serviços ecossistêmicos importantes, como a polinização das flores e a dispersão de sementes, ou mesmo a reciclagem de nutrientes em parques, praças e outras áreas livres.

A vegetação e espécies arbóreas podem ser parte da identidade cultural de uma cidade, ou seja, podem se tornar símbolos dela. Da mesma forma, os animais também podem ser representativos dessa identidade única. Além disso, o turismo de observação da vida selvagem é uma atividade que movimenta muito dinheiro, e a sua presença nas cidades é um forte atrativo turístico agregado a outros atrativos, como, por exemplo, as revoadas de andorinhas e andorinhões em diversas cidades do Brasil.

11.7. A diversidade da fauna e seus ambientes nas cidades do Norte do Brasil

A distribuição e o adensamento das cidades na região Norte do Brasil possuem características distintas daquelas das cidades em outras regiões do país. Com exceção das capitais, especialmente Belém e Manaus, a maioria das cidades possui populações menores que 300 mil habitantes e está espalhada por amplas regiões, muitas delas sem acesso à estradas de rodagem, sendo alcançadas somente via fluvial ou aérea. Além disso, nas proximidades destas cidades podem ser encontrados ambientes florestais ou de savana ainda em bom estado de conservação.

Estas características favorecem um planejamento do crescimento destes núcleos urbanos que leve em consideração uma interação mais positiva entre as necessidades humanas e o meio ambiente regional, incluindo a maximização da diversidade animal e vegetal nos espaços urbanos.

Na região Norte do Brasil, a distribuição das cidades comumente está associada às margens de grandes rios como o Amazonas, Tapajós e Madeira. Este posicionamento geográfico favorece a ocorrência de diferentes ecossistemas dentro ou no entorno próximo das cidades, aumentando a diversidade de ambientes como florestas e campos inundados periodicamente (várzeas e igapós), florestas de terra firme, baixos alagados dominados por buritizais e açaiçais, florestas secundárias (capoeiras). No caso especial das cidades localizadas nos estados de Roraima e Tocantins, a vegetação predominante são as savanas e as veredas de buritizais.

Abaixo, podem ser encontradas espécies de plantas nativas de diferentes ambientes com potencial de uso em áreas urbanas que atraem e sustentam a fauna (Tabela 1).

O plantio de cada espécie deve seguir critérios técnicos e os atributos de cada planta devem ser levados em conta no momento de decidir em que local cada espécie se adequa melhor dentro do

projeto/plano de arborização urbana. Entretanto, muito pouco se sabe a respeito do desenvolvimento e da história natural da maioria das espécies vegetais nativas nas áreas urbanas da região Norte.

Nos locais inundados periodicamente pelos rios de água barrenta (água branca) e pelos rios de águas pretas ou claras, há espécies arbóreas resistentes, que fornecem alimentos e abrigo nas copas para primatas e outros mamíferos arborícolas, aves, iguanas, morcegos e uma infinidade de insetos.

Tabela 11.1 – Lista de algumas espécies amazônicas que apresentam atrativos para a fauna. Tf = terra firme de platô e vertente, Tf.b = terra firme em baixios, Fi = florestas inundáveis, Ta = todos os ambientes.

Família/Espécie	Ambiente	Flor	Fruto
Anacardiaceae			
* <i>Tapirira guinensis</i> Aubl.	Tf	Abelhas	Aves e primatas
* <i>Spondias mombin</i> L.	Tf	Abelhas	Mamíferos
Annonaceae			
<i>Annona neoinsignis</i> H.Rainer	Tf	Besouros	Primatas e aves
<i>Bocageopsis multiflora</i> (Mart.) R.E.Fr.	Tf	Besouros	Primatas e aves
<i>Guatteria</i> spp.	Tf	Besouros	Aves
<i>Xylopia</i> spp.	Tf	Besouros e abelhas	Aves
Apocynaceae			
<i>Couma utilis</i> (Mart.) Müll.Arg.	Tf	Abelhas	Primatas
<i>Couma guinensis</i> Aubl.	Tf	Abelhas	Primatas
<i>Lacmellea arborescens</i> (Müll.Arg.) Markgr.	Tf	Abelhas	Aves e primatas
<i>L. gracilis</i> (Müll.Arg.) Markgr.	Tf	Abelhas	Aves e primatas
Arecaceae			
<i>Aiphanes hórrida</i> (Jacq.) Burret	Tf	Abelhas e besouros	Aves, mamíferos
<i>Astrocaryum aculeatum</i> G.Mey.	Tf	Abelhas e besouros	Aves, mamíferos
<i>Attalea maripa</i> (Aubl.) Mart.	Tf	Abelhas e besouros	Aves, mamíferos
<i>Bactris gasipaes</i> Kunth	Tf	Abelhas e besouros	Aves, mamíferos
<i>Enterpe catínga</i> Wallace	Tfb	Abelhas e besouros	Aves, mamíferos
<i>Enterpe oleracea</i> Mart.	Tfb, Fi	Abelhas e besouros	Aves, mamíferos
<i>Enterpe precatória</i> Mart.	Tfb	Abelhas e besouros	Aves, mamíferos
<i>Mauritia flexuosa</i> L.f.	Tfb; Fi	Abelhas e besouros	Aves, mamíferos
<i>Mauritiella aculeata</i> (Kunth) Burret	Tfb	Abelhas e besouros	Aves, mamíferos
<i>Oenocarpus bacaba</i> Mart.	Tf	Abelhas e besouros	Aves, mamíferos, insetos
<i>Oenocarpus mapora</i> H.Karst.	Fi	Abelhas e besouros	Aves, mamíferos, insetos
<i>Oenocarpus minor</i> Mart.	Tf	Abelhas e besouros	Aves, mamíferos, insetos
<i>Socratea exorrhiza</i> (Mart.) H.Wendl.	Tfb	Abelhas e besouros	Aves e morcegos
Bignoniaceae			
<i>Handroanthus barbatus</i> (E.Mey.) Mattos	Fi	Borboletas e beija-flores	Psitacídeos
Boraginaceae			
<i>Cordia exaltata</i> Lam.	Tf	Abelhas	Aves e primatas
Burseraceae			
<i>Dacryodes</i> spp.	Tf	Abelhas	Aves, morcegos e primatas
<i>Protium</i> spp.	Tf	Abelhas	Aves, morcegos e primatas

(continua)

(continuação)

<i>Trattinnickia</i> Willd. spp.	Tf	Abelhas	Aves, morcegos e primatas
Cannabaceae			
<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	Tf	Abelhas	Aves
Caryocaraceae			
<i>Caryocar villosum</i> (Aubl.) Pers.	Tf	Morcegos e mariposas	Cutias, pacas e outros roedores
<i>Caryocar microcarpum</i> Ducke	Fi	Morcegos e mariposas	Cutias, pacas e outros roedores
Chrysobalanaceae			
<i>Couepia paraenses</i> (Mart. & Zucc.) Benth	Fi	Abelhas, borboletas, mariposas e beija-flores	Mamíferos e peixes
Clusiaceae			
<i>Tovomita</i> Aubl. spp.	Tf	Abelhas	Aves
<i>Clusia</i> L. spp.	Ta	Abelhas	Aves
<i>Garcinia</i> L. spp.	Tf	Abelhas	Mamíferos
<i>Platonia</i> Mart. spp.	Tf	Periquitos (?)	Mamíferos
<i>Moronobea coccinea</i> Aubl. (e <i>Platonia insignis</i> Mart.)	Tf	*periquitos	Mamíferos
Eleocarpaceae			
<i>Sloanea</i> L. spp.	Tf	Abelhas	Aves e morcegos
Euphorbiaceae			
<i>Hevea</i> Aubl. spp.	Fi; Tf; b	Abelhas	Peixes, alguns primatas e roedores
Fabaceae			
<i>Inga</i> Mill. spp.	Ta	Mariposas, borboletas, abelhas e beija-flores	Primatas e psitacídeos
<i>Parkia</i> R.Br. spp.	Tf; Fi	Morcegos	(exsudato) Primatas e psitacídeos
<i>Abarema</i> Pittier spp.	Tf	Abelhas, borboletas, beija-flor	Aves
<i>Copaifera</i> L. spp.	Tf	Abelhas	Aves
<i>Swartzia</i> Schreb. spp.	Tf; Fi	Abelhas	Aves e morcegos
<i>Dipteryx</i> Schreb. spp.	Tf	Abelhas	Morcegos e roedores
<i>Andira</i> Lam. spp.	Tf	Abelhas	Morcegos e roedores
<i>Hymenaea</i> L. spp.	Tf	Abelhas	Primatas e outros mamíferos
<i>Dialium guianense</i> (Aubl.) Sandwith	Tf	Abelhas	Primatas e outros mamíferos
Hypericaceae			
<i>Vismia</i> spp.	Tf	Abelhas	Morcegos
Lauraceae			
Maioria das espécies	Ta	Abelhas	Aves, eventualmente esquilos e primatas

(continua)

(continuação)

Lecythidaceae			
<i>Eschweilera</i> spp.	Tf	Abelhas	Araras, papagaios e outras aves, morcegos, roedores
<i>Lecythis</i> spp.	Tf; Fi	Abelhas	Araras, papagaios e outras aves, morcegos, roedores
<i>Cariniana</i> spp.	Tf	Abelhas	Primatas
Malpighiaceae			
<i>Byrsonima</i> spp.	Tf	Abelhas	Aves e primatas
Malvaceae			
<i>Pseudobombax munguba</i> (Mart.) Dugand	Fi	Morcegos	Aves e peixes
<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	Fi	Morcegos	Aves e peixes
Melastomataceae			
<i>Bellucia</i> spp.	Tf	Abelhas	Aves e mamíferos
<i>Miconia</i> spp.	Tf	Abelhas	Aves e primatas
<i>Mouriri guianensis</i> Aubl.	Fi	Abelhas	Aves
Meliaceae			
<i>Carapa</i> spp.	Tf; b	Abelhas	Roedores
Moraceae			
<i>Ficus</i> spp. as de frutos vermelhos, amarelos ou rosados	Ta	Microvespas	Aves e primatas
<i>Ficus</i> spp. as de frutos verdes	Ta	Microvespas	Morcegos e aves
<i>Brosimum rubescens</i> Taub.	Tf	Abelhas	Aves e primatas
<i>Helicostylis tomentosa</i> (Poepp. & Endl.) Rusby	Tf	Abelhas	Primatas e aves
<i>Perebea mollis</i> (Poepp. & Endl.) Huber	Tf	Abelhas	Mamíferos e aves
<i>Clarisia racemosa</i> Ruiz & Pav.	Tf	Abelhas	Mamíferos e aves
Myristicaceae			
<i>Virola</i> spp.	Tf; Tf; b; Fi	Abelhas	Tucanos, araçaris, aracuãs e outras aves, bem como morcegos
<i>Iryanthera</i> Warb. spp.,	Tf; Tf; b	Abelhas	Tucanos, araçaris, aracuãs e outras aves, bem como morcegos
Myrtaceae			
<i>Myrcia</i> spp.	Tf	Abelhas	Aves, primatas e outros mamíferos
<i>Myrciaria dubia</i> (Kunth) McVaugh	Fi	Abelhas	Peixes, aves e mamíferos
<i>Eugenia</i> spp.	Tf	Abelhas	Aves e mamíferos
Quinaceae			
<i>Lacunaria jenmani</i> (Oliv.) Ducke	Tf	Abelhas	Primatas
Rubiaceae			
<i>Duroia duckei</i> Huber	Fi	?	Aves e mamíferos
<i>Isertia hypoleuca</i> Benth.	Tf	Beija-flor	Aves
<i>Palicourea guianensis</i> Aubl.	Tf	Beija-flor, borboletas	Aves

(continua)

(continuação)

<i>Genipa americana</i> L.	Ta	Beija-flor, borboletas e mariposas	Aves e mamíferos
Salicaceae			
<i>Casearia</i> spp.	Tf	Abelhas	Aves
Sapindaceae			
<i>Cupania</i> spp.	Tf	Abelhas	Aves
<i>Matayba</i> spp.	Tf	Abelhas	Aves
<i>Talisia</i> spp.	Tf	Abelhas	Morcegos e primatas
Sapotaceae			
Maioria das espécies	Tf	Em geral abelhas	Aves, primatas, outros mamíferos
Simaroubaceae			
<i>Simarouba amara</i> Aubl.	Tf	Abelhas	Aves e morcegos
<i>Simaba polyphylla</i> (Cavalcante) W.W.Thomas	Tf	Abelhas	Aves, primatas, outros mamíferos
Urticaceae			
<i>Pourouma</i> spp.	Tf	Abelhas	Aves, morcegos, primatas e outros mamíferos
Violaceae			
<i>Cecropia</i> spp.	Ta	Abelhas	Aves, morcegos, primatas e outros mamíferos
<i>Leonia cymosa</i> Mart.	Tf	Abelhas	Primatas

Fonte: Adaptado de [21]. *A seiva elaborada é consumida por micos.

Quando os frutos caem destas árvores, também alimentam mamíferos, quelônios e peixes. Há diferença na composição de espécies arbóreas em diferentes ambientes, dependendo do tipo de água, pois os rios de água branca trazem muitos sedimentos ricos em nutrientes e os solos por eles inundados são férteis e de pH neutro, enquanto os rios de água preta e clara são pobres em nutrientes e possuem águas ácidas, refletindo em solos pobres e ácidos nas áreas por eles inundadas [22].

Nos solos alagáveis mais ricos em nutrientes, a munguba (*Pseudobombax munguba*) e a samau-meira (*Ceiba pentandra*) são visitadas por morcegos durante a floração; os frutos são alimento para periquitos e maritacas, e as sementes, ao caírem na água, são consumidas por peixes. As espécies de figueiras (*Ficus* spp.), ou apuís, também produzem frutos apreciados por diversas espécies, incluindo as iguanas, conhecidas na região Norte como camaleão (*Iguana iguana*). Outros exemplos de árvores importantes para a fauna de diferentes grupos taxonômicos, desde insetos, peixes [23], aves e mamíferos [24] incluem: ingás (*Inga* spp.), virolas (p.ex. *Virola guianensis*), piquiarana (*Caryocar microcarpum*), seringueiras (*Hevea* spp.), embaúba (*Cecropia* spp.), açaí (*Euterpe oleracea*), buriti (*Mauritia flexuosa*), bacabinha da várzea (*Oenocarpus mapora*) e ipê-rosa (*Handroanthus barbatulus*).

Os ambientes inundados periodicamente por águas pretas, claras e barrentas compartilham algumas espécies e gêneros de árvores como as seringueiras, ipê-rosa (*H. barbatulus*), virola (*V. guianensis*) e piquiarana (*C. microcarpum*). No entanto, a maioria das espécies é diferente entre estes ecossistemas e, no caso das florestas de igapó, se destacam como fonte de alimento para a fauna:

ingazeiros (p. ex. *Inga chrysanta*), as figueiras e apuís (*Ficus* spp. e *Clusia* spp.), jenipapo (*Genipa americana*), virolas (p. ex. *Virola calophylla*), *Mouriri guianensis*, *Duroia duckei*, *Couepia paraensis*, *Swartzia* spp. Listas de árvores de florestas alagáveis na Amazônia podem ser obtidas em diferentes fontes e por meio de diversos autores [25-28]. Nas paisagens urbanas, a vegetação adaptada às áreas alagáveis estão presentes ao longo dos igarapés maiores que cruzam as cidades e nas proximidades dos grandes rios, como o Amazonas, rio Negro, rio Madeira, rio Guamá, entre outros. Estas faixas lineares de florestas alagáveis são relevantes porque são corredores ecológicos ou trampolins e abrigam a fauna típica desses ambientes.

Florestas de terra firme, que não são inundadas pelos rios, apresentam maior riqueza de espécies vegetais comparadas às florestas inundáveis [29].

Nos ambientes de terra firme os tipos de solo e a flora são variados, formando ambientes distintos, como florestas densas em platôs, vertentes e baixios, florestas secundárias (as capoeiras), campinaranas e campinas [21], o que reflete em diferenças na fauna. Nas áreas urbanas, os terrenos mais elevados e planos são destinados às edificações, o que compromete a representatividade das florestas de platô com flora e fauna associadas. O manejo por meio de arborização de parques, praças e ruas deve contemplar as espécies nativas desses ambientes.

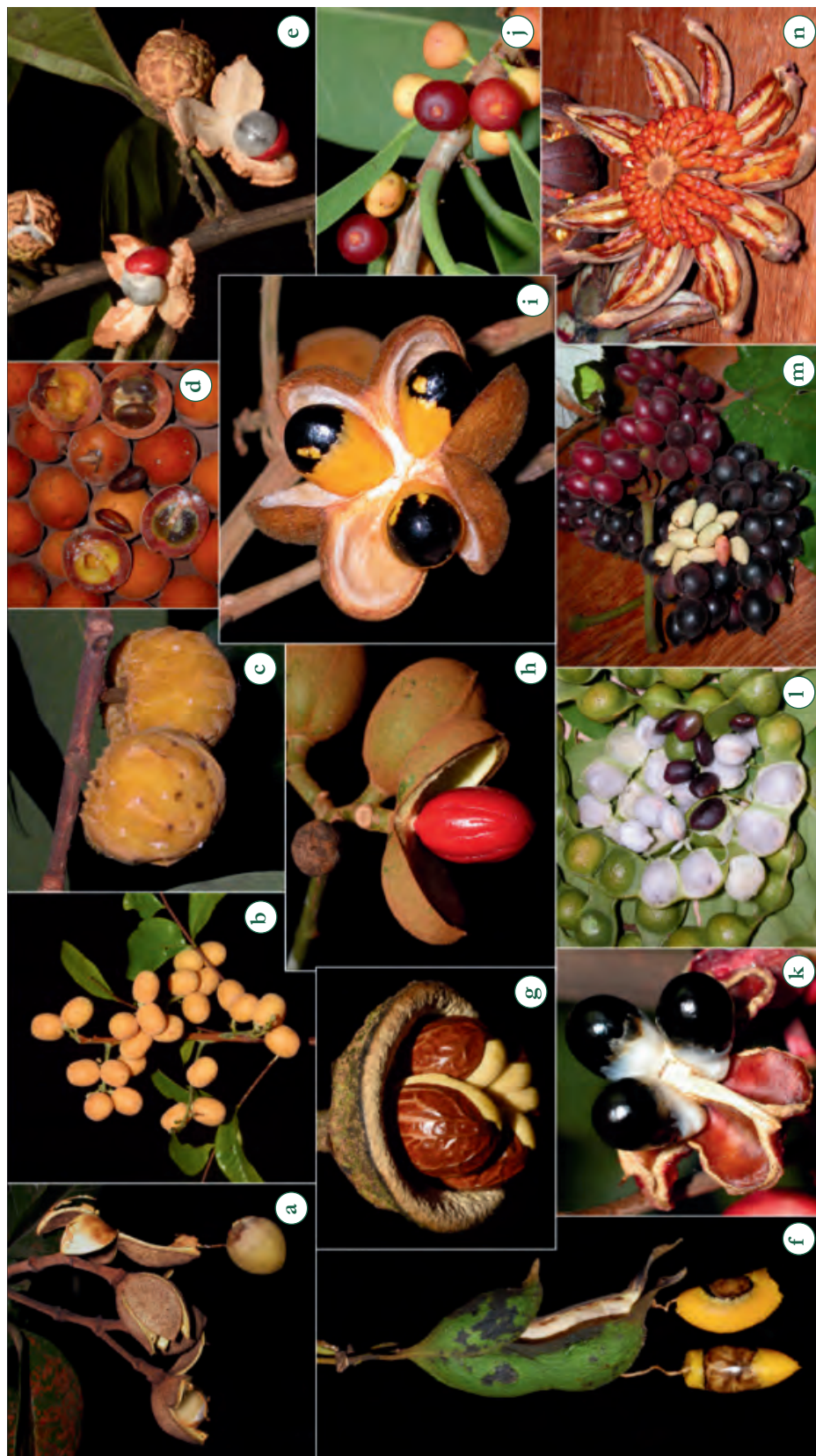
Há inúmeras espécies amazônicas de árvores nativas de terra firme, com potencial uso em espaços urbanos e apreciadas pela fauna, com diferentes síndromes de dispersão e polinização, contemplando diferentes espécies de animais (Figura 1). Como destaques, entre muitas outras, destacam-se *Iserlia hypoleuca*, *Couma utilis*, *Simarouba amara*, os breus (Burseraceae), *Cupania* spp. (especialmente *C. rubiginosa*), *Matayba* spp., *Dialium guianense*, *Inga* spp., *Parkia* spp., *Swartzia* spp., os bacuris *Platonia* spp. e *Garcinia* spp., *Helicostylis tomentosa*, a grande maioria das Sapotaceae e Lauraceae, ucuuba (*Iryanthera* spp.) e virola (*Virola* spp.).

Atenção especial deve ser dada aos apuís *Ficus* spp. e *Clusia* spp., que, apesar de serem hemiepífitas, germinando e crescendo sobre outras árvores e muitas vezes estrangulando-as com suas raízes [30], se desenvolvem muito bem como árvores ao serem plantadas diretamente no solo. Apresentam frutos atrativos para a fauna, principalmente aves, morcegos e macacos. As figueiras (*Ficus* spp.) também têm fator muito positivo para a fauna por serem capazes de frutificar de forma assíncrona e várias vezes ao ano, fornecendo alimento aos animais em épocas de escassez de outros frutos.

Entre as palmeiras de terra firme de terrenos mais altos, mais fáceis de serem cultivadas, temos o tucumã, *Astrocaryum aculeatum*, as bacabas, *Oenocarpus bacaba* e *O. minor*, a pupunha, *Bactris gasipaes*, e o inajá, *Attalea maripa*. A maioria muito útil tanto para o homem como para os animais, com muitos grupos de insetos visitando suas florações, e aves, roedores e primatas consumindo seus frutos.

A vegetação que ocupa áreas de declive (vertentes) e baixios ainda apresentam certa representatividade dentro das cidades da região Norte, por se tratar de Áreas de Preservação Permanentes. Ainda assim, muitas destas APPs são ocupadas de forma irregular e degradadas por obras públicas. Nas áreas de baixios é comum haver igarapés que drenam através de solos encharcados e arenosos em razão dos alagamentos repentinos na estação chuvosa. Nestas condições ecológicas nem todas as árvores e palmeiras sobrevivem, mas palmeiras como açaís (*Euterpe oleracea*, *E. precatoria* e *E. catinga*), buritis (*Mauritia flexuosa*), patauás (*Oenocarpus batana*), buritirana (*Mauritiella*

Figura 11.1 – Frutos de espécies de árvores amazônicas consumidos por diferentes grupos taxonômicos da fauna nativa. a) *Sloanea schomburgkii*; b) *Simaba poltphylla*; c) *Helicostylis tomentosa*; d) *Pouteria platiphylla*; e) *Lindackeria paludosa*; f) *Swartzia corrugata*; g) *Eschweilera* sp.; h) *Virola calophylla*; i) *Cupania rubiginosa*; j) *Ficus mathensis*; k) *Matayba macrotylis*; l) *Inga lateriflora*; m) *Pourouma villosa* e n) *Clusia grandiflora*.



Fonte: Autores.

aculeata) e paxiúba (*Socratea exorrhiza*) estão fortemente associadas a estes ambientes e constituem importante fonte de alimento a uma grande diversidade de animais.

Entre as árvores, algumas espécies de ingás, como *Inga rhynchocalyx*, *I. splendens* e *I. thibaudiana*, podem ser encontradas nos baixios e produzem frutos apreciados por psitacídeos e primatas. As espécies do gênero *Parkia* (*P. panurensis*, *P. velutina*) possuem flores polinizadas por morcegos e produzem frutos apreciados por araras, papagaios e primatas. De modo similar, árvores dos gêneros *Iryanthera* (ucuuba) e *Virola* (virola) também são encontradas nos baixios e produzem frutos com arilos coloridos muito consumidos por tucanos e outras aves. As espécies de andiroba (*Carapa* spp.), crescem em áreas de baixio e suas flores pequenas são visitadas por abelhas e suas sementes consumidas por roedores, como cutias e pacas.

Não raramente, há nas cidades áreas degradadas e em recuperação, seja dentro de parques ou APP, nas quais o plantio de árvores que atraem aves, morcegos e outros animais acelera o processo de regeneração dessas áreas por meio da dispersão de sementes [31]. Por se tratar de lugares onde a vegetação está em processo inicial de sucessão ecológica, o plantio de espécies de crescimento rápido e com grande quantidade de frutos que possam atrair aves, macacos e morcegos pode ser uma boa alternativa. Entre as espécies de plantas pioneiras com estas características destacam-se a *Trema micranta* (piriquiteira), *Casearia* spp., *Cecropia* spp. (embaúbas), *Inga* spp., *Miconia* spp. e *Bellucia* spp. (goiaba-de-anta).

Quintais e jardins onde as espécies nativas e exóticas são cultivadas para uso dos moradores ou para fins ornamentais são também fundamentais para a fauna, tanto como fonte de abrigo e alimento quanto para a conexão de remanescentes de vegetação nativa e formação de corredores ecológicos.

Entre as espécies nativas cultivadas que podem ser compartilhadas entre humanos e fauna silvestre estão: biribá, graviola, taperebá, bacuris, pajurá, pupunha, açaí, mapati, arará, cupuaçu, cacau, sorvinha. É indiscutível a importância das plantas exóticas para a fauna adaptada aos ambientes urbanos, como o caso das mangueiras, entre outras, que atraem muitos psitacídeos. Entretanto, essas espécies são mais adequadas aos quintais e podem ser cultivadas pelas pessoas. O poder público, por meio de seus gestores de espaços destinados à arborização deve buscar alternativas de espécies nativas de cada região de forma a sustentar a fauna.

11.8. Que animais chamam a atenção na sua cidade?

A diversidade de animais que habitam as cidades da região Norte ainda é pouco conhecida e estudada. Há estudos com abelhas [32], peixes [33], anfíbios [34-36], répteis [37,38], aves [39,40], morcegos e outros mamíferos [41-43] e indicam que mesmo cidades grandes como Manaus e Belém podem abrigar uma diversidade de espécies bastante elevada, embora menor que em ambientes nativos e zonas rurais.

Tomando como base as capitais da região Norte, destacam-se espécies da fauna marcantes e algumas das plantas utilizadas por elas (Figura 2). Manaus apresenta grandes populações das aves japu (*Psarocolius decumanus*) e japiim (*Cacicus cela*) que consomem frutos de *Cupania* spp. (especialmente *C. rubiginosa*), *Matayba* spp., *Ficus* spp. e *Clusia* spp. Os psitacídeos, que incluem periquitos (*Brotogerys versicolorus*), maritacas (*Psittacara leucophthalmus*), papagaios (*Amazona* spp.) e araras (*Ara* spp.), buscam frutos de diversas palmeiras nativas, como açaís, bacabas e buritis. Muitas dessas palmeiras produzem frutos em épocas de pouco alimento nas florestas, funcionando como

espécies-chave. Os tucanos e araçarís apreciam frutos de açaís e bacabas, de virolas e ucuubas (*Virola* spp. e *Iryanthera* spp.) e marupá (*Simarouba amara*). Igualmente, diversos passeriformes, como *Euphonia laniirostris*, se alimentam dos frutos coloridos dos apuís (p. ex. *Ficus guianensis*, *F. paraenses*, *F. subapiculata*), entre outros frutos. Próximo aos corpos d'água encontrados em Manaus é comum observar socozinhos (*Butorides striata*), garças (*Ardea alba*), coró-coró (*Mesembrinibis cayennensis*) e outras aves aquáticas, que utilizam a vegetação como poleiro.

Os morcegos da família Phyllostomidae (Gênero *Artibeus*, *Carollia*, *Sturnira*, principalmente) são atraídos por frutos de coração-de-negro (*Swartzia corrugata*, *Swartzia* spp.), pelos frutos de apuís de cor verde (p. ex. *Ficus* spp.), de paxiúba (*Socratea exorrhiza*) e de cumaru (*Dipteryx odorata*). As espécies de morcegos nectarívoros (*Glossophaga*, *Anoura*) apreciam muito as flores de munguba (*Pseudobombax munguba*), samaumeira (*Ceiba pentandra*) e piquiás (*Caryocar* spp.). Entre os primatas encontrados nos fragmentos florestais em Manaus destacam-se o parauacu (*Pithecia chryscephala*), mico-de-cheiro (*Saimiri sciureus*) e o sauí-de-coleira (*Saguinus bicolor*), este último ameaçado de extinção e decretado como mascote oficial de Manaus [44]. Estas espécies de primatas apreciam os frutos de ingás (*Inga* spp.), de inharé (*Helicostylis tomentosa*), jutai-pororoca (*Dialium guianense*), sorvinha (*Couma utilis*), trapiarana (*Leonia cymosa*) e da palmeira inajá (*Attalea maripa*).

Na capital Boa Vista e em algumas cidades do estado de Roraima, destaca-se a presença constante de araras, periquitos e maritacas alimentando-se dos frutos de açaís e do buriti, sendo que morcegos buscam abrigo nas folhas dessas palmeiras. Em áreas de lavrado e parques como o Anauá e o Horto Municipal, podem ser observados jaburus e outras aves pernaltas, que costumam fazer ninhos em árvores de grande porte. Não é raro observar *Ramphocelus carbo*, pipira vermelha ou bico de prata, que utiliza como alimento e abrigo espécies de *Ficus*, *Handroanthus* e *Cecropia*. Em abacateiros e ipês é comum encontrar *Prosopis subis* (andorinha azul) durante a tarde e *Myodynastes maculatus* (bem-te-vi-rajado) em castanheiras e árvores copadas. Espécies típicas de áreas urbanas como *Columbia livia* (pomba), *Columbina talpacoti* (rolinha roxa), *Thraupis episcopus* (sanhaço cinzento), *Crotophaga ani* (anu preto, anum preto) são comumente observadas em praças e parques utilizando diversas espécies, tanto como descanso como na dieta, como *Croton*, *Cecropia*, *Ficus*, além de imbiricu, castanheiras e nogueiras. *Pyaya cayana* (alma de gato, alma de caboclo, atinguá), *Aratinga pertinax* (= *Eupsittula pertinax*) são comuns em *Ficus*, castanheiras, nogueiras (noz pecã), mulungus e frutíferas (açaí), bem como nas praças e parques em árvores copadas. Algumas espécies mais comumente encontradas em florestas ou matas ciliares ao longo dos rios, também ocorrem sazonalmente em áreas urbanas, como *Cacicus cela* (xexéu, japim), *Icterus chryscephalus* (rouxinol do rio negro ou corrupção do rio negro), *Euphonia violácea* (gaturamo), que estão presentes em diversas espécies vegetais tanto na cidade como em áreas mais florestadas, com destaque para palmeiras da espécie *Mauritia flexuosa* ou *Annonas*. Dentre os mamíferos, destacam-se morcegos (*Artibeus*, *Sturnira*, *Platyrrhinus*, *Carollia*) e marsupiais (*Didelphis*, *Caluromys*) em Annonaceas, ingazeiros, palmeiras e frutíferas exóticas.

Na região Metropolitana de Belém, periquitos, maritacas e papagaios também consomem os frutos dos açaizeiros e garças utilizam árvores de mangue e vegetação na beira do rio como abrigo e áreas de reprodução. Nos parques e bosques com floresta nativa podem ser observados micos-de-cheiro (*Saimiri collinsi*) comendo ingás (*Inga* spp.) e abiuranas (família Sapotaceae). Salienta-se que a presença de Unidades de Conservação e Parques conservados em áreas urbanas, como o Zoológico e Museu Emilio Goeldi em Belém (PA), são raros no Brasil. Esse parque urbano tem 2 mil árvores de grande e médio porte e mais de 600 animais, tanto em cativeiro, como livres.

Figura 11.2 – Animais existentes em algumas cidades da região Norte, onde ainda há remanescentes de vegetação nativa: a) saim-de-coleira; b) iapui; c) mico-de-cheiro; d e g) periquito asa-branca; e) mamangava; f) araçari; h) abelha sem ferrão; i) quatipuru; j) gaturamo e k e l) macaco parauacu.



Fonte: Autores.

O Bosque Rodrigues Alves, também na cidade de Belém, desde 2002 integra a rede mundial de jardins botânicos — *Botanic Garden Conservation International (BGCI)* — com uma área de 150 mil m² e mais de 2 mil espécies de plantas amazônicas, que atraí borboletas e mariposas, beija-flores, cambacias e morcegos nectarívoros, entre os principais visitantes.

O estado do Acre tem um importante programa voltado aos quintais urbanos. Bairros como Aeroporto, Velho, Placas e Novo Horizonte, possuem cerca de 77 espécies vegetais de uso alimentar e atrativas à fauna, pertencentes a 34 famílias botânicas. Destas, 12,6% são solanáceas, 11% mirtáceas e 62% são frutíferas. Como em todo o Brasil, a área urbana possui 82,3% de espécies vegetais exóticas, porém 34% associadas a uso medicinal [45]. Esta vegetação atraí e favorece a permanência em praças e parques e, mesmo nas vias públicas, de sanhaços, bem-te-vis, beija-flores, tiês, saíras, psitacídeos, surucuás, pipiras, espécies de *Turdus* e *Mimus*, além de morcegos (*Artibeus*, *Carollia*), marsupiais (*Didelphis*, *Monodelphis*), roedores (como o serelepe) e primatas [45]. Entre os primatas o macaco-bigodeiro (*Saguinus imperator*) chama a atenção em fragmentos de floresta nativa, que aprecia frutos de ingás (*Inga* spp.) e taperebá (*Spondias mombin*).

O município de Macapá, Amapá, está entre as áreas mais arborizadas da região Norte, e a Praça Marco Zero possui representantes de seis famílias e sete espécies. Predominam Bignoniáceas, representadas por ipês, que atraem uma variedade de aves e artrópodes, e Fabáceas, cujo principal gênero é *Andira*, além da anacardiácea *Spondias*, os taperebás [46].

O caso da cidade de Palmas é peculiar, uma vez que, apesar de politicamente estar inserida na região Norte, ela se localiza no bioma Cerrado e sua flora e fauna se assemelham muito mais à região Centro Oeste do que à região Norte.

A cultura e a necessidade da caça na região Norte, inerente aos habitantes de comunidades ribeirinhas ou afastadas das cidades, quando trazidas para as áreas urbanas que ainda mantêm fragmentos de florestas nativas, podem gerar conflitos e grandes impactos à fauna remanescente, assim como o tráfico de animais silvestres, que apesar da maioria das capturas serem feitas fora das cidades, o comércio dentro das cidades, com registros relativamente recentes [47,48], refletem parte da cultura das pessoas do Norte em relação à fauna silvestre como animais de estimação.

Entre 2005 e 2010, no Acre, espécies silvestres foram apreendidas em áreas urbanas pelo IBAMA e ICMBio, nos quais são citadas paca (*Cuniculus paca*), guariba (gênero *Alouatta*) e aves como mutum (*Pauxi tuberosa*), jacu (*Penelope jacquacu*), curió (*Oryzobarus angolensis*), macacos-prego (*Sapajus macrocephalus*), cutias (*Dasyprocta fuliginosa*), macacos-de-cheiro (*Saimiri boliviensis*) além de espécies menores de aves, répteis e aracnídeos [48]. Em Macapá foram apreendidos material de tráfico como peles de jiboias, ovos de répteis (iguana, tartarugas, jacarés), penas de aves, em especial arara vermelha e arara-piranga, além de animais vivos [47].

11.9. A arborização e os parques em um mosaico de ambientes para a fauna na paisagem urbana

A maioria das cidades da região Norte está rodeada de ambientes naturais com maior ou menor grau de conservação, além de se localizarem próximas de grandes rios. Muitas cidades possuem ainda extensas APPs com vegetação degradada aptas a serem restauradas. Além disso, cidades como Belém e Manaus abrigam um conjunto importante de fragmentos florestais de vegetação nativa de

diferentes tamanhos. Alguns destes fragmentos de floresta são oficialmente protegidos pelos poderes públicos na forma de parques municipais. Os parques municipais, em geral, são criados dentro do contexto urbano, mas frequentemente não existe base de dados integrada sobre a distribuição, tamanho e situação de gestão destas unidades de conservação municipais.

Essas características das paisagens urbanas das cidades do Norte do Brasil são estratégicas para a atração e manutenção da fauna. Estes ambientes naturais na forma de fragmentos ou de corredores florestais precisam ser suplementados por arborização de avenidas, praças, quintais e jardins. Além disso, é importante estimular a criação de parques e outros espaços que possam ser ocupados por árvores plantadas como estratégias para aumentar a diversidade de plantas e consequentemente ampliar a disponibilidade de alimentos e abrigos para a fauna.

Estes espaços florestados, mesmo artificialmente construídos, tem potencial de estabelecer conexões entre as florestas urbanas e os ambientes mais extensos e conservados localizados na periferia das cidades. Bairros com menor cobertura de vegetação tendem a ser evitados pela fauna. Nestes casos são necessárias estratégias para estimular a plantação de espécies preferencialmente nativas nos quintais particulares e arborização dos poucos espaços públicos.

11.10. Considerações finais

Os impactos intensivos e permanentes causados pela urbanização impedem que a diversidade de animais das cidades retorne aos mesmos níveis da encontrada nos ambientes naturais íntegros. No entanto, é possível tornar os espaços urbanos menos hostis para a fauna, ampliando a diversidade de espécies e contribuindo para o bem-estar dos cidadãos. As florestas urbanas plantadas, juntamente com remanescentes de vegetação nativa, podem atender a diferentes propósitos e envolver diferentes atores nos plantios, como os governos nas diferentes esferas e cidadãos [49]. Todos estes atores devem estar integrados em manter e enriquecer a fauna nativa que se utiliza dos centros urbanos. Recomendações para que estes objetivos comuns sejam alcançados incluem:

- A identificação e uso de espécies de árvores nativas de cada região, respeitando cada tipo de ambiente nas distintas áreas urbanas dos estados e biomas.
- Diversificar as síndromes de polinização e de dispersão de sementes, considerando as diferentes relações entre a fauna e a flora. Neste aspecto, enfatiza-se a importância dos insetos, como abelhas nativas, borboletas e mariposas, que muitas vezes são negligenciados na conservação, em detrimento de espécies mais carismáticas.
- Planejar a distribuição de mudas para arborização considerando a floração e a frutificação no espaço e no tempo para atender as demandas de alimento, abrigo e conectividade para a fauna nativa em diferentes épocas e locais.
- Criar políticas públicas de valorização e popularização das espécies de árvores nativas de cada local, bem como da fauna associada, de forma a sensibilizar as populações residentes nas cidades, de viajantes e turistas.
- Incorporar no planejamento de arborização o conceito de ecologia de paisagem, incorporando a conexão de diferentes espaços naturais e urbanos com os ambientes naturais em volta da cidade.
- Ampliar a rede de áreas municipais oficialmente protegidas, especialmente em áreas de expansão das cidades onde a ocorrência de vegetação ainda esteja pouco modificada

e que oferece a oportunidade única de manter a diversidade de fauna e flora no contexto urbano.

As experiências empíricas de gestores podem ajudar a implementar parte destas recomendações. No entanto, ainda há escassez de conhecimento a respeito da diversidade e história natural da fauna e flora nas cidades brasileiras. Quais são as espécies da fauna regional que conseguem se adaptar às cidades? Quais as características da história natural dos animais e plantas que facilitam ajuste ao ambiente urbano? Como ocorrem as flutuações temporais e espaciais na oferta de alimento, especialmente frutos e flores, para a fauna urbana? Muitas destas questões permanecem sem respostas, mas são informações fundamentais para os gestores realizarem um manejo racional dos espaços naturais e plantados dentro da cidade. Os gestores públicos podem buscar parcerias com as instituições de ensino e pesquisa regionais para gerar este tipo de conhecimento de grande relevância para o manejo urbano com foco na ampliação da diversidade de fauna.

11.11. Referências

- [1] Lewinsohn TM, Prado PI. Quantas espécies há no Brasil? Megadiversidade. 2005;1(1):36-42.
- [2] Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio). Fauna Brasileira. Brasília: ICMBio; 2021. [acesso 14 nov. 2020]. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/portal/faunabrasileira>
- [3] Jenkins CN, Pimm SL, Joppa LN. Global patterns of terrestrial vertebrate diversity and conservation. Proc Natl Acad Sci USA. 2013;110:E2602-10. doi:10.1073/pnas.1302251110.
- [4] Ricklefs R, Relyea R. A economia da natureza. 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2016.
- [5] Grimm NB, Faeth SH, Golubiewski NE, Redman CL, Wu J, Bai X, Briggs JM. Global change and the ecology of cities. Science. 2008;319:756-60.
- [6] Peres CA, Palacios E. Basin-wide effects of game harvest on vertebrate population densities in Amazonian forests: implications for animal-mediated seed dispersal. Biotropica. 2007;39(3):304-15.
- [7] Giacomini HC. Os mecanismos de coexistência de espécies como vistos pela teoria ecológica. Oecol Bras. 2007;11(4):521-43.
- [8] Seto KC, Fragkias M, Güneralp B, Reilly MK. A meta-analysis of global urban land expansion. PLoS One. 2011;6(8):e23777. doi:10.1371/journal.pone.0023777.
- [9] Laurance WF, Lovejoy TE, Vasconcelos HL, Bruna EM, Didham RK, Stouffer PC, et al. Ecosystem decay of Amazonian forest fragments: a 22-year investigation. Conserv Biol. 2002;16:605-18.
- [10] Laurance WF, Vasconcelos HL. Consequências ecológicas da fragmentação florestal na Amazônia. Oecol Bras. 2009;13(3):434-51. doi:10.4257/oeco.2009.1303.03.
- [11] Beninde J, Veith M, Hochkirch A. Biodiversity in cities needs space: a meta-analysis of factors determining intra-urban biodiversity variation. Ecol Lett. 2015;18(6):581-92. doi:10.1111/ele.12427.
- [12] Gordo M, Calleia FO, Vasconcelos SA, Leite JFF, Ferrari SF. The challenges of survival in a concrete jungle: conservation of the pied tamarin (*Saguinus bicolor*) in the urban landscape of Manaus, Brazil. In: Marsh LK, Chapman CA, eds. Primates in fragments: complexity and resilience. New York: Springer; 2013. p. 357-70.

- [13] Seymour CL, Simmons RE, Morling F, George ST, Peters K, O’Riain MJ. Caught on camera: the impacts of urban domestic cats on wild prey in an African city and neighbouring protected areas. *Glob Ecol Conserv.* 2020; e01198. doi:10.1016/j.gecco.2020.e01198.
- [14] Cancelli J. Usos e características dos fragmentos florestais urbanos da cidade de Manaus, AM [dissertação]. Manaus (AM): Universidade Federal do Amazonas; 2008.
- [15] Wolowski M, Agostini K, Rech AR, Varassin IG, Maués M, Freitas L, et al. BPBES/REBIPP: Relatório temático sobre polinização, polinizadores e produção de alimentos no Brasil. São Carlos (SP): Editora Cubo; 2019. 184 p. doi:10.4322/978-85-60064-83-0.
- [16] Lowry H, Lill A, Wong BBM. Behavioural responses to urban environments. *Biol Rev.* 2012;88(3):537-49. doi:10.1111/brv.12012.
- [17] Pena JCC, Martello F, Ribeiro MC, Armitage RA, Young RJ, Rodrigues M. Street trees reduce the negative effects of urbanization on birds. *PLoS One.* 2017;12(3):e0174484. doi: 10.1371/journal.pone.0174484.
- [18] Gregory T, Carrasco-Rueda F, Alonso A, Kolowski J, Deichmann JL. Natural canopy bridges effectively mitigate tropical forest fragmentation for arboreal mammals. *Sci Rep.* 2017;7:3892. doi:10.1038/s41598-017-04112-x.
- [19] Costa ABS, Carvalho M, Matos VO, Brandão RA. Cognitive and emotional responses to urban and nature exposures in the Brazilian Cerrado. *Heringeriana.* 2020;14(1):21-32.
- [20] Curtin S, Kragh G. Wildlife tourism: reconnecting people with nature. *Hum Dimens Wildl.* 2014;19:545-54.
- [21] Ribeiro JELS, Hopkins M, Vicentini A, Sothers C, Costa M, Brito J, et al. Flora da Reserva Ducke: guia de identificação das plantas vasculares de uma floresta de terra-firme na Amazônia Central. Manaus: INPA/DFID; 1999.
- [22] Sioli H. Amazônia: fundamentos da ecologia da maior região de florestas tropicais. 3. ed. Petrópolis (RJ): Vozes; 1991.
- [23] Lima CA, Goulding M. Os frutos do tambaqui: ecologia, conservação e cultivo na Amazônia. Tefé (AM): Sociedade Civil Mamirauá; Brasília: CNPq; 1998.
- [24] Queiroz HL. Preguiças e guaribas: os mamíferos folívoros arborícolas do Mamirauá. Brasília: MCT/CNPq, Sociedade Civil Mamirauá; 1995.
- [25] Almeida SS, Amaral DD, Silva ASL. Análise florística e estrutura de florestas de várzea no estuário amazônico. *Acta Amaz.* 2004;34(4):513-24.
- [26] Ferreira LV, Almeida SS, Amaral DD, Parolim P. Riqueza e composição de espécies da floresta de igapó e várzea da Estação Científica Ferreira Pena: subsídios para o plano de manejo da Floresta Nacional de Caxiuanã. *Pesquisas Bot.* 2005;56:103-16.
- [27] Scudeller VV, Souza AMG. Florística da mata de igapó na Amazônia Central. In: Santos-Silva EN, Scudeller VV, orgs. Biotupé: meio físico, diversidade biológica e sociocultural do Baixo Rio Negro, Amazônia Central. V ol. 2. Manaus: UEA Edições; 2009.
- [28] Wittmann F, Schöngart J, De Brito JM, Wittmann AO, Piedade MTF, Parolin P, et al. Manual de árvores de várzea da Amazônia Central: taxonomia, ecologia e uso. Manaus: Editora INPA; 2010.
- [29] Gama JRV, Souza AL, Martins SV, Souza DR. Comparação de florestas de várzea e de terra firme do estado do Pará. *Rev Árvore.* 2005;29(4):607-16.
- [30] Gordo M, Mesquita MR. O abraço da morte. In: Ferreira ML, Zabotto AR, Periotto F, orgs. Verde urbano. Engenheiro Coelho (SP): Unaspress; 2021. v. 1, p. 128-9.

- [31] Machado ELM, Gonzaga APD, Macedo RLG, Venturin N, Gomes JE. Importância da avifauna em programas de recuperação de áreas degradadas. *Rev Cient Eletr Eng Florestal*. 2006;4(7):1-19.
- [32] Storti EF, Oliveira ML, Storti Filho A. O papel dos fragmentos florestais da cidade de Manaus na manutenção da fauna de abelhas das orquídeas (Apidae: Euglossini). In: Castellón Bermúdez EG, Teles BR, Keppler RLF, orgs. *Entomologia na Amazônia Brasileira*. Manaus: Editora INPA; 2015. v. 2, p. 1-234.
- [33] Beltrão H, Magalhães ERS, Costa SB, Loebens SC, Yamamoto KC. Ictiofauna do maior fragmento florestal urbano da Amazônia: sobrevivendo ao concreto e à poluição. *Neotrop Biol Conserv*. 2018;13(2):124-37. doi:10.4013/nbc.2018.132.04.
- [34] Cordeiro-Duarte ACO. Comunidade de anuros de um fragmento de floresta urbano: Unidade Ambiental (UNA) da Universidade do Amazonas [dissertação]. Manaus (AM): INPA/UA; 2000.
- [35] Tsuji-Nishikido BM, Menin M. Distribution of frogs in riparian areas of an urban forest fragment in Central Amazonia. *Biota Neotrop*. 2011;11(2):63-70.
- [36] Menin M, Ferreira RFB, Melo IB, Gordo M, Hattori GY, Sant'Anna BS. Anuran diversity in urban and rural zones of the Itacoatiara municipality, central Amazonia, Brazil. *Acta Amaz*. 2019;49(2):122-30. doi:10.1590/1809-4392201800284.
- [37] Ávila-Pires TCS, Alves-Silva KR, Barbosa L, Correa FS, Cosenza JFA, Costa-Rodrigues APV, et al. Changes in amphibian and reptile diversity over time in Parque Estadual do Utinga, Pará State, Brazil, a protected area surrounded by urbanization. *Herpetol Notes*. 2018;11:499-512.
- [38] Almeida-Corrêa T, Frazão L, Costa DM, Menin M, Kaefer IL. Effect of environmental parameters on squamate reptiles in an urban forest fragment in central Amazonia. *Acta Amaz*. 2020;50:239-45. doi:10.1590/1809-4392201904423.
- [39] Borges SH, Guilherme E. Comunidade de aves em um fragmento florestal urbano em Manaus, Amazonas, Brasil. *Ararajuba*. 2000;8(1):17-23.
- [40] Lees AC, Moura NG. Taxonomic, phylogenetic and functional diversity of an urban Amazonian avifauna. *Urban Ecosyst*. 2017;20:1019-25. doi:10.1007/s11252-017-0661-6.
- [41] Capaverde-Júnior UD, Pacheco SM, Duarte ME. Murciélagos (Mammalia: Chiroptera) del área urbana del municipio de Boa Vista, Roraima, Brasil. *Barbastella*. 2014;7(1). doi:10.14709/BarbJ.7.1.2014.03.
- [42] Souza AS. Espécies da fauna urbana de Marabá e Parauapebas: conhecer para preservar. *Rev Agrogeoambiental*. 2014;Ed Esp(2):19-24.
- [43] Capaverde-Júnior UD, Lopes MS, Almeida NCV, Almeida FZP, Pathek DB. Wild animals collected by the Independent Company of Environmental Police Monte Roraima in urban area of Boa Vista, Brazilian Amazon. *Biota Amaz*. 2018;8(1):43-8.
- [44] Manaus. Prefeitura Municipal. Decreto nº 8101, de 04 de outubro de 2005. DOM Manaus. 2005;1336(6).
- [45] Siviero A, Delunardo TA, Haverroth M, Oliveira LC, Mendonça AMS. Cultivo de espécies alimentares em quintais urbanos de Rio Branco, Acre, Brasil. *Acta Bot Bras*. 2011;25(3): 549-56.
- [46] Sardinha MA, Cruz Junior FO, Silva SKA. As praças e a arborização urbana: o caso de Macapá. *Rev Cient ANAP Brasil*. 2016;9(17):2-14.

- [47] Dias Júnior MBF. Fauna silvestre ex situ no estado do Amapá: utilização, apreensão e destinação [dissertação]. Macapá (AP): Universidade Federal do Amapá; 2011.
- [48] Silva EMF, Bender F, Monaco MLS, Smith AK, Silva P, Buckeridge MS, et al. Um novo ecossistema: florestas urbanas construídas pelo Estado e pelos ativistas. *Estudos Avançados*. 2019;33(97):81-101. doi:10.1590/s0103-4014.2019.3397.005.
- [49] Chaves WH, Silva FPC, Constantino PAL, Brazil MVS, Drumond PM. A caça e a conservação da fauna silvestre no estado do Acre. In: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, org. *Caça: subsídios para a gestão de Unidades de Conservação e manejo de espécies*. Biodivers Bras. 2018;8(2):130-48.

Capítulo 12

ARBORIZAÇÃO URBANA E POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA

*Por Felipe Benavente Canteras, Vitor Eduardo Molina Junior
e Simone Andréa Pozza*

12.1. Destaques deste capítulo

1. A região Norte possui uma rede escassa de monitoramento, com apenas 36 estações manuais. A dependência de imagens de satélite é grande, com iniciativas complementares como o Programa Acre Queimadas e estações em universidades;
2. As queimadas são uma das principais fontes de poluentes na região, mas não é a única. Os veículos automotores nas capitais também são grandes emissores, impactando significativamente a qualidade do ar;
3. A modelagem com a ferramenta *i-Tree Canopy* é uma alternativa viável para o poder público estimar a remoção de poluentes por infraestruturas verdes e embasar suas decisões de planejamento urbano;
4. Infraestruturas verdes, quando bem planejadas, executadas e mantidas, desempenham um papel fundamental na remoção de poluentes atmosféricos e na melhoria da qualidade do ar nos centros urbanos;
5. Análises em Belém e Manaus mostram uma cobertura arbórea desigual, em que as regiões mais arborizadas possuem uma capacidade significativamente maior de sequestrar carbono, influenciando diretamente nos benefícios ambientais.

12.2. Introdução

A região Norte do Brasil, composta por sete estados: Acre (AC), Amapá (AP), Amazonas (AM), Pará (PA), Rondônia (RO), Roraima (RR) e Tocantins (TO), destaca-se por abrigar a maior parte da floresta amazônica, a maior floresta tropical do mundo. Com uma área de aproximadamente 3,85 milhões de km², a Amazônia brasileira representa cerca de 45% do território nacional e é reconhecida por sua biodiversidade incomparável, desempenhando um papel crucial na regulação do clima global [1,2]. Além da floresta, a região Norte apresenta uma variedade de ecossistemas, como cerrados, campos e manguezais. A bacia hidrográfica amazônica, com seus rios extensos, é outra característica marcante da região, sendo fundamental para o transporte, a geração de energia e o abastecimento de água [3].

Apesar de sua vasta extensão territorial, a região Norte é a segunda menos populosa do Brasil, com uma população estimada de 17,3 milhões de habitantes, segundo o Censo de 2022 [1]. No entanto, nas últimas décadas, a região tem experimentado um processo de urbanização acelerado, impulsionado por fatores como o crescimento econômico, a expansão das atividades agropecuárias e industriais, e também a migração de pessoas de outras regiões do país [4].

O crescimento urbano na região Norte tem sido acompanhado por desafios, como a falta de infraestrutura adequada, o aumento da poluição e a degradação ambiental, tornando fundamental a discussão sobre a qualidade do ar [5] bem como a implementação de infraestruturas verdes nas cidades da região, como forma de mitigar os problemas atuais.

A qualidade do ar é um fator crucial para a saúde pública e o bem-estar da população, especialmente em áreas urbanas. A poluição atmosférica, resultante de atividades antrópicas como o tráfego veicular, as atividades industriais e as queimadas, pode causar diversos problemas de saúde, não se restringindo apenas às doenças respiratórias que são mais comumente associadas à qualidade do ar. Poluentes atmosféricos também estão diretamente relacionados a doenças e problemas cardiovasculares e neurológicos, ao aumento de mortalidade infantil, ao baixo peso de recém-nascidos e à má-formação genética de fetos. Os danos à saúde provocados pela poluição atmosférica são amplos e continuam sendo motivo de estudos e preocupação em todo o mundo. Considerando a região Norte, alguns estudos relacionam e avaliam os atendimentos ambulatoriais, as taxas de internação (com principal foco em idosos e crianças), bem como as taxas de mortalidade atreladas às doenças respiratórias, fazendo sua correlação com queimadas e qualidade do ar [6-10].

No contexto da região Norte do Brasil, a urbanização acelerada e as atividades humanas têm contribuído para a degradação da qualidade do ar. O crescimento das cidades, muitas vezes desordenado e sem o devido planejamento urbano, tem levado ao aumento das emissões de poluentes atmosféricos, principalmente relacionados ao aumento populacional, ao desenvolvimento industrial, à exploração mineral, às queimadas e à expansão agrícola que vêm ocorrendo na região nas últimas décadas.

Além disso, as queimadas, comuns na região, mas que se intensificam durante períodos de estiagem, contribuem significativamente para a poluição do ar. A fumaça resultante da queima de biomassa contém uma variedade de poluentes, como o material particulado fino ($MP_{2,5}$), que pode ser transportado por longas distâncias e afetar a qualidade do ar em áreas urbanas distantes das fontes de emissão. Dentre os poluentes do ar da região, estão alguns gases, como CO, CO_2 , SO_2 , NO_2 e os aerossóis atmosféricos, também conhecidos como partículas ou material particulado (MP) [11].

Diante desse cenário, torna-se fundamental compreender a dinâmica da poluição atmosférica na região Norte e buscar estratégias para mitigar seus impactos negativos. A implementação de infraestruturas verdes e a arborização urbana surgem como alternativas promissoras para a melhoria da qualidade do ar nas cidades da região, por meio da prestação de serviços ecossistêmicos como a remoção de poluentes atmosféricos e a regulação do microclima urbano [12].

12.3. Padrões de qualidade do ar e legislação: compromisso legal do Brasil

Em 2024 ocorreu um importante marco legal para a área de gestão da qualidade do ar dentro do território brasileiro, a Lei nº 14.850/2024 [13] que estabeleceu a Política Nacional de Qualidade do Ar (PNQAr). Ficaram estabelecidas funções e obrigações de órgãos do Poder Público para seu correto e efetivo cumprimento, prevendo ações positivas e fiscalizatórias do Estado. Assim, o monitoramento

da qualidade do ar ficará sob a responsabilidade de órgãos ambientais, que deverão criar uma Rede Nacional de Monitoramento da Qualidade do Ar. O texto também cria o Índice de Qualidade do Ar (IQA_r), um indicador para relacionar o impacto das concentrações dos poluentes no ar na saúde, que será informado à população e integrará o Sistema Nacional de Gestão da Qualidade do Ar (MonitorAr).

Figura 12.1 – Metas estabelecidas para Padrões de Qualidade do Ar do Brasil.

Poluente Atmosférico	Período de Referência	PI-1	PI-2	PI-3	PI-4	PF	
		µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³	ppm
Material Particulado - MP ₁₀	24 horas	120	100	75	50	45	-
	Anual ¹	40	35	30	20	15	-
Material Particulado - MP _{2,5}	24 horas	60	50	37	25	15	-
	Anual ¹	20	17	15	10	5	-
Dióxido de Enxofre - SO ₂	24 horas	125	50	40	40	40	-
	Anual ¹	40	30	20	20	20	-
Dióxido de Nitrogênio - NO ₂	1 hora ²	260	240	220	200	200	-
	Anual ¹	60	50	45	40	10	-
Ozônio - O ₃	8 horas ³	140	130	120	100	100	-
Fumaça	24 horas	120	100	75	50	45	-
	Anual ¹	40	35	30	20	15	-
Monóxido de Carbono - CO	8 horas ³	-	-	-	-	-	9
Partículas Totais em Suspensão - PTS	24 horas	-	-	-	-	240	-
	Anual ⁴	-	-	-	-	80	-
Chumbo - Pb ⁵	Anual ¹	-	-	-	-	0,5	-
1 - média aritmética anual							
2 - máxima média horária obtida no dia							
3 - máxima média móvel obtida no dia							
4 - média geométrica anual							
5 - medido nas partículas totais em suspensão							

Fonte: Adaptado de CONAMA n° 506/2024 [16].

A PNQAr ainda prevê que a União, por meio do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), é a responsável pelo estabelecimento de padrões nacionais de qualidade do ar. Estes padrões foram inicialmente criados com a Resolução CONAMA n° 03/1990 [14], sendo atualizados na Resolução CONAMA n° 491/2018 [15] e, mais atualmente, pela Resolução CONAMA n° 506/2024 [16], em que finalmente são estabelecidas metas para que o Brasil consiga atingir padrões internacionais em sua meta final, adotando as diretrizes da Organização Mundial de Saúde (OMS) [17].

A PNQAr e a publicação da Resolução CONAMA n° 506/2024 [16] significam uma mudança de política no compromisso do Brasil com a qualidade do ar (Figura 1). Estas mudanças ocorrerão em metas intermediárias (MI) e meta final (MF). No início de 2025, o país passou a adotar a meta intermediária PI-2. As metas PI-3 e PI-4 estão previstas para entrarem em vigor respectivamente em 2033 e 2044, enquanto as metas finais, equivalentes aos padrões da OMS, ainda não têm data para entrada em vigor e deverão ser definidas pelo CONAMA. Embora esses avanços sejam

louváveis, está claro que ainda existe espaço para melhorias, como uma maior organização de ações e políticas públicas efetivas para que de fato os padrões possam ser de fato cumpridos.

A PNQAr também ressalta a intenção de o Brasil expandir sua rede de monitoramento da qualidade do ar, indo além de apenas algumas áreas urbanas para regiões com atividades reconhecidas de alta emissão e outras áreas de risco identificadas, e alinha-se aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), da Agenda 2030 da ONU, sobre poluição do ar.

Além do PNQAr, o Brasil lançou, em 2024, o Painel VigiAr¹, representando um esforço colaborativo entre o Ministério da Saúde e o Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima. Tal painel usa dados de sensoriamento remoto sobre níveis de MP_{2,5}, com dados de reanálise do Serviço de Monitoramento da Atmosfera Copernicus, integrados à plataforma AirQ+ da OMS, para fornecer informações sobre os efeitos da poluição do ar em todos os municípios brasileiros.

Tendo em vista o arcabouço legal existente e os recentes avanços, torna-se fundamental um levantamento do cenário atual existente na região Norte a respeito da rede de monitoramento de qualidade do ar, como forma de identificar pontos de melhoria, servindo assim como base para proposta de expansão da atual rede de monitoramento.

12.4. Monitoramento da qualidade do ar na região Norte

Conforme dito anteriormente, a qualidade do ar na região Norte tem implicações significativas para a saúde da população e para a conservação dos ecossistemas naturais. Com o aumento da urbanização e da atividade econômica na região, a emissão de poluentes atmosféricos tem se intensificado, tornando a avaliação da qualidade do ar uma prioridade emergente.

Podemos encontrar notícias sobre a péssima qualidade do ar em Rio Branco (AC) [18], em Porto Velho (RO) [19] e na região de Santarém (PA) [20]. Existem iniciativas de monitoramento, com sensores, pelo Ministério Público do Amapá, em alguns municípios [21], e em Boa Vista (RR), pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia [22], ambos desde 2021. Foi realizado um estudo [23] no estado do Tocantins, que relacionou a má qualidade de vida dos indivíduos, expostos aos poluentes emitidos pelas queimadas da região. De acordo com o Word Air Quality Report [24], Manaus foi a capital brasileira com a pior qualidade do ar no ano de 2023, relacionada principalmente às queimadas na região amazônica e às secas que atingiram a região. O mesmo relatório de qualidade do ar destaca ainda as concentrações de material particulado no Acre, em Rondônia e no Tocantins, com concentrações médias mensais variando entre 22 e 43 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Dentre os poluentes que podem ser monitorados, estão alguns gases e partículas. O monitoramento regulatório da qualidade do ar é ainda incipiente na região, podendo ser acessado pela Plataforma MonitorAr² do Ministério do Meio Ambiente, onde existem apenas três pontos de amostragem, todos localizados no estado do Pará, que amostram partículas ou monóxido de carbono (CO). Um relatório recente mostrou que existem estações no Acre, para monitorar partículas, e que as Secretarias de Meio Ambiente destes estados têm justificado a falta de monitoramento devido à falta de recursos humanos, por não considerarem o ar poluído, ou à falta de recursos financeiros para iniciar e manter uma estação de monitoramento [25]. Um poluente que não é monitorado oficialmente em nenhum dos estados é o ozônio (O₃).

1. <https://www.gov.br/saude/pt-br/composicao/svsa/saude-ambiental/vigiar>

2. <https://monitorar.mma.gov.br/>

Existe uma iniciativa recente de monitoramento indicativo, usando sensores e dados de satélite para monitorar partículas e queimadas, o aplicativo SELVA³, acrônimo de Sistema Eletrônico de Vigilância Ambiental, desenvolvido por pesquisadores da Universidade do Estado do Amazonas (UEA). A maioria dos dados disponíveis do aplicativo são para Manaus (AM), mas é expandido para todos os estados da região. A partir deste monitoramento, puderam ser observados valores elevados de concentração de material particulado em Manaus, nos meses de setembro e outubro de 2023. As concentrações de MP atingiram níveis críticos, sendo considerada uma das piores qualidades do ar do mundo [26]. Este evento ocorreu devido à baixa pluviosidade no período, associada a eventos de queimadas na região. A precipitação influencia na qualidade do ar, sendo que as concentrações de poluentes são mais altas devido à redução nas chuvas, em função da maior estabilidade atmosférica [27].

Outra iniciativa que merece destaque é a rede de monitoramento de baixo custo, que conta com 31 sensores instalados em 22 municípios do estado do Acre e que está em vigor desde junho de 2019. Tal monitoramento é fruto da parceria estabelecida entre o Ministério Público do Acre e pesquisadores da Universidade Federal do Acre e da Fundação de Apoio e Desenvolvimento ao Ensino, Pesquisa e Extensão Universitária no Acre. Os sensores são capazes de medir material particulado entre 0,3 e 10 μm e, a partir destes dados, é possível estimar o Índice de Qualidade do Ar (IQA_r) e as concentrações de MP_{1,0}, MP_{2,5} e MP₁₀ [28]. A rede não é considerada adequada para o monitoramento regulatório, mas fornece importantes dados para o estado, que pode formular ações e políticas públicas relacionadas às prováveis fontes emissoras, principalmente relacionadas ao controle de queimadas, que são o principal foco desta rede de monitoramento.

12.5. Fontes emissoras: queimadas e veículos na região Norte e sua influência na qualidade do ar

As queimadas na região Norte do Brasil têm sido uma preocupação crescente nos últimos anos, devido aos seus impactos na qualidade do ar e na saúde da população. As principais causas das queimadas e do desmatamento na região amazônica estão relacionadas à demanda por terras, para expansão agrícola/agropecuária [29] e exploração madeireira que, via de regra, levam às práticas de manejo inadequadas. A conversão de florestas em pastagens e áreas agrícolas muitas vezes envolve o uso do fogo como método de limpeza do terreno, o que pode levar a incêndios descontrolados. Além disso, práticas de manejo inadequadas, como a queima de resíduos agrícolas e a falta de técnicas de prevenção e controle de incêndios, também contribuem para a ocorrência de queimadas na região.

Desta forma, a queima de biomassa é uma das maiores fontes de poluição do ar na região, sendo causada principalmente por incêndios florestais [30] e práticas de desmatamento. Na região amazônica, estudos já apontaram a importância e a existência de emissões biogênicas, corroborando a contribuição de fontes naturais de partículas, seja pela floresta, pelo transporte de aerossóis marinhos, seja pela poeira do solo [31].

As queimadas, principalmente nas regiões tropicais, são fonte significativa de aerossóis atmosféricos antropogênicos e de gases poluentes. Partículas de queimadas consistem predominantemente de presença de fuligem com alto teor de carbono elementar e diversos materiais inorgânicos.

3. <https://www.appselva.com.br/>

A alta solubilidade torna os aerossóis eficientes núcleos de condensação de nuvens (do inglês *Cloud Condensation Nuclei* – CCN) [32]. As fontes poluentes são, geralmente, deduzidas a partir de dados de satélites daquelas áreas e/ou com incêndios ativos. Isso é possível, pois as plumas de fumaça podem se dispersar por muitos quilômetros, ficando visíveis em imagens de satélite. Por conta das queimadas, ocorre ainda a liberação de grandes quantidades de partículas finas ($MP_{2,5}$), principais responsáveis pelo impacto à saúde, e outros poluentes gasosos, como monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NOx) e compostos orgânicos voláteis (COVs) [33]. Diversos estudos comprovam que os poluentes provenientes de queimadas podem ser transportados por longas distâncias, afetando não apenas as áreas próximas, mas também regiões mais distantes.

As partículas inaláveis (MP_{10}) compreendem o material particulado com diâmetro entre 2,5 e 10 μm e as partículas finas ($MP_{2,5}$) agrupam as com diâmetros menores ou iguais a 2,5 μm [11]. Partículas menores tendem a persistir em suspensão por mais tempo na atmosfera por conta de seu tamanho diminuto e são mais perigosas, pois podem se depositar no trato respiratório, causando ou agravando problemas de saúde na população [34].

Material particulado presente em estradas e poeira mineral, resultado da mudança no uso do solo, ainda são mal quantificadas. As emissões de MP para a atmosfera dependem da velocidade do vento na superfície e de fatores relacionados com o solo: umidade, textura e cobertura vegetal. Queimadas e transporte de poeira do deserto do Saara são fontes sazonais, na região amazônica, e ocorrem durante a estação seca e chuvosa, respectivamente [31]. Além disso, a frota de veículos a motor em crescimento nas áreas urbanas contribui significativamente para a emissão de poluentes.

As condições meteorológicas influenciam na qualidade do ar [35] em alguns aspectos relacionados à presença ou não de partículas: (i) deposição de partículas suspensas pela ação das chuvas; (ii) crescimento do tamanho das partículas em um cenário mais úmido; (iii) partículas agem como núcleos de condensação de nuvens, e (iv) quando ocorre mudança de uma situação desfavorável para favorável à dispersão de poluentes.

Dentre os gases poluentes, o CO, o ozônio (O_3) e o dióxido de nitrogênio (NO_2) são, constantemente, emitidos por queimadas florestais da região [30 e 36]. O CO e o NO_2 são precursores de O_3 na troposfera, região logo acima do solo. O O_3 é um poluente atmosférico secundário relevante devido aos efeitos negativos à saúde humana, provocados por exposição em curto e longo prazo, como inflamação do trato respiratório e redução das defesas pulmonares [37] e, vale ressaltar, ainda não é monitorado na região até o momento. Em razão disso, existem limites estabelecidos para sua concentração no ar pela Organização Mundial de Saúde (OMS), sendo o valor de 100 $\mu g/m^3$ para a média máxima de 8 horas diárias.

A existência de altas concentrações de O_3 em cidades paulistas, associadas com a queima de biomassa nas regiões Norte e Centro-Oeste do Brasil são reportadas em artigos científicos [38]. Além disso, as queimadas das florestas e as modificações do uso da terra lançam na atmosfera, anualmente, 7,1 Gt de carbono na forma de dióxido de carbono (CO_2) [39], podendo intensificar o fenômeno do aquecimento global.

O dióxido de enxofre (SO_2) pode ser emitido de forma natural, como parte do ciclo do enxofre ou, de forma antrópica, pela queima de combustíveis fósseis, principalmente carvão e óleo [39]. Por isso as emissões deste poluente normalmente são mais encontradas nas áreas urbanas dos municípios. No entanto, alguns estudos [40,41] já têm mostrado que a matéria vegetal seca pode conter traços de enxofre, que é liberado na atmosfera em forma de dióxido de enxofre (SO_2) durante incêndios florestais e outras queimadas de biomassa. Tais emissões prejudicam a qualidade do ar,

por meio da produção de aerossol de sulfato a milhares de quilômetros de distância do local da queima, devido ao transporte meteorológico de longo alcance [42]. A principal fonte de SO_2 continua sendo a combustão de combustíveis fósseis e as atividades industriais, além das atividades de usinas termoeletricas, entretanto, é importante considerar a contribuição dos incêndios florestais nestas emissões, devido às mudanças no uso da terra e às mudanças climáticas.

A deposição de poluentes na Floresta Amazônica, por exemplo, pode afetar a biodiversidade e contribuir para a degradação da vegetação. Isso tem implicações para a manutenção do equilíbrio ambiental e a regulação do clima global. Além disso, íons solúveis em água podem afetar a formação de nuvens e a acidez da água da chuva, e de uma maneira geral a poluição do ar interfere no ciclo hidrológico, biogeoquímico e na circulação atmosférica [43].

Portanto, é fundamental que sejam adotadas medidas efetivas para prevenir e controlar as queimadas na região Norte do Brasil, visando à melhoria da qualidade do ar e à proteção da saúde da população. Essas medidas podem incluir o fortalecimento das políticas de combate ao desmatamento, a promoção de práticas agrícolas sustentáveis e o investimento em sistemas de monitoramento e alerta de incêndios.

Outro ponto de atenção que pode estar relacionado aos níveis de poluentes atmosféricos da região é o aumento expressivo na frota veicular, impulsionado pelo crescimento econômico e a expansão urbana. Essa ampliação da frota representa uma séria preocupação devido ao aumento consequente nos níveis de poluentes atmosféricos, emitidos principalmente por veículos automotores.

Tabela 12.1 – Relação entre população e número de veículos nos estados e capitais da região Norte.

Estado e capital	Veículos (2022)	População (2022)	População/Frota
Acre	334.377	830.018	2,5
Rio Branco (AC)	207.593	364.756	1,8
Amapá	232.691	733.759	3,2
Macapá (AP)	179.547	442.933	2,5
Amazonas	1.069.794	3.941.613	3,7
Manaus (AM)	856.285	2.063.689	2,4
Pará	2.478.988	8.120.131	3,3
Belém (PA)	511.753	1.303.403	2,5
Rondônia	1.154.287	1.581.196	1,4
Porto Velho (RO)	313.097	460.434	1,5
Roraima	263.345	636.707	2,4
Boa Vista (RR)	228.023	413.486	1,8
Tocantins	830.733	1.511.460	1,8
Palmas (TO)	224.020	302.692	1,4

Fonte: Adaptado de [44,45].

Como já largamente difundido, as emissões veiculares são grandes responsáveis por MP_{10} , $\text{MP}_{2,5}$, NO_2 , CO, COVs e SO_2 , já abordados de forma detalhada neste capítulo. Entretanto, resalta-se a importância das fontes veiculares pois devido à possível formação de ozônio troposférico, fruto de reações químicas entre NO_x e COVs na presença de luz solar e ausência de ventos, é problemática, trazendo efeitos adversos à saúde e ao meio ambiente. Além disso, o aumento do

número de veículos pode exacerbar o efeito de ilha de calor urbano, onde áreas mais urbanizadas apresentam temperaturas elevadas. Neste sentido, a Tabela 1 apresenta os dados mais recentes sobre a frota veicular da região Norte e a relação entre frota veicular e número de habitantes.

12.6. Infraestruturas Verdes (IV) e a prestação de serviços ecossistêmicos em ambientes urbanos

As infraestruturas verdes têm ganhado destaque como uma abordagem estratégica para o planejamento urbano sustentável. De acordo com a literatura [46], as infraestruturas verdes podem ser definidas como uma rede interconectada de áreas naturais e/ou naturalizadas que conservam os valores e funções dos ecossistemas naturais, fornecendo benefícios associados à população humana. No Brasil, assim como em diversos países, ainda não existe uma legislação específica que defina as Infraestruturas Verdes (IV), muito embora elas sejam referenciadas e incentivadas de forma indireta em algumas políticas públicas existentes. A ausência de definição institucional expõe fragilidades e uma lacuna técnica e operacional, dificultando muitas vezes sua aplicação em larga escala e sua popularização. Tal lacuna legal pode ser atribuída, em parte, à complexidade e à natureza multidisciplinar das IV, que envolvem aspectos ambientais, sociais, econômicos e de planejamento urbano [47].

Uma vez que as definições sobre as IV seguem em construção, utilizaremos como base a definida pela Comissão Europeia:

“[...] uma rede estrategicamente planejada de áreas naturais e seminaturais com outras características ambientais projetadas e gerenciadas para fornecer uma ampla gama de serviços ecossistêmicos, como purificação da água, qualidade do ar, espaço para recreação e mitigação e adaptação climática. Esta rede de espaços verdes (terra) e azuis (água) pode melhorar as condições ambientais e, conseqüentemente, a saúde e a qualidade de vida dos cidadãos. Também apoia uma economia verde, cria oportunidades de emprego e aumenta a biodiversidade” [48].

Essa rede de espaços verdes inclui parques, jardins, telhados verdes, *wetlands*, florestas urbanas e outras áreas vegetadas que fornecem múltiplos serviços ecossistêmicos. Esses serviços incluem a melhoria da qualidade do ar, a regulação do clima, a gestão das águas pluviais, a conservação da biodiversidade, a promoção da saúde e do bem-estar humano, entre outros [49]. No Brasil, a definição de serviços ambientais e ecossistêmicos é feita pela Lei Federal nº 14.119, de 13 de janeiro de 2021, que institui a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais – PNPSA [50] e traz ainda a definição de serviços de provisão; serviços de suporte; serviços de regulação; e serviços culturais.

Estudos têm demonstrado que as infraestruturas verdes podem ser uma solução eficaz para diversos desafios urbanos. Por exemplo, os telhados verdes e os jardins de chuva podem reduzir o escoamento superficial, diminuindo o risco de inundações e melhorando a qualidade da água [51]. A presença de árvores e outras vegetações nas cidades pode reduzir as temperaturas urbanas, mitigando o efeito de ilha de calor e proporcionando conforto térmico aos habitantes [52]. As IV ainda

desempenham um papel crucial na mitigação dos efeitos das mudanças climáticas, na adaptação às condições climáticas extremas e na promoção da resiliência urbana [53]. As infraestruturas verdes também contribuem para a melhoria da qualidade de vida nas cidades, proporcionando espaços de recreação, promovendo a coesão social e aumentando o valor estético das áreas urbanas.

Além disso, as infraestruturas verdes podem ser integradas ao planejamento urbano de forma a promover a conectividade ecológica, permitindo o movimento de espécies e contribuindo para a conservação da biodiversidade em ambientes urbanos [54]. Elas também podem ser projetadas para fornecer benefícios econômicos, como a valorização imobiliária e a atração de investimentos. Além de apoiar a economia verde e aumentar a biodiversidade em ambientes urbanos, as IV criam oportunidades de empregos mais sustentáveis.

A relação entre infraestruturas verdes e qualidade do ar tem sido estudada nos últimos anos, com evidências científicas que demonstram um papel fundamental das áreas verdes na remoção de poluentes atmosféricos em ambientes urbanos. As infraestruturas verdes, como parques, florestas urbanas, telhados verdes e jardins verticais, atuam como filtros naturais, contribuindo para a melhoria da qualidade do ar e para a mitigação dos efeitos negativos da poluição atmosférica na saúde humana [55].

Um estudo estimou que as florestas urbanas no Canadá removeram em 2010 cerca de 16.500 toneladas de poluentes atmosféricos, incluindo ozônio (O_3), dióxido de enxofre (SO_2), dióxido de nitrogênio (NO_2), monóxido de carbono (CO) e material particulado (MP) [56]. Essa remoção de poluentes resultou em benefícios econômicos substanciais, avaliados em 227,2 milhões de dólares canadenses, devido à redução dos impactos negativos na saúde humana. Outro estudo do mesmo autor estimou uma remoção de 17,4 milhões de toneladas de poluentes atmosféricos nos Estados Unidos da América, com uma economia de 6,8 bilhões de dólares, graças à arborização e à presença de florestas urbanas.

Além disso, as infraestruturas verdes contribuem para a redução das concentrações de material particulado fino ($MP_{2,5}$). A presença de árvores em áreas urbanas pode reduzir as concentrações de $MP_{2,5}$ por meio da interceptação das partículas pelas folhas e da alteração dos padrões de dispersão dos poluentes [57]. Os autores discutem ainda a influência das condições meteorológicas locais e os arranjos construtivos, que podem potencializar ou dificultar a ação da arborização urbana na remoção de poluentes atmosféricos, demonstrando a necessidade de estudos locais para as melhores definições das IV.

Os telhados verdes também desempenham um papel importante na melhoria da qualidade do ar urbano. Um estudo desenvolvido nos EUA constatou que uma área de 19,8 ha de telhados verdes em Chicago foi capaz de remover anualmente 1.675 kg de poluentes atmosféricos, incluindo O_3 , NO_2 , MP_{10} e SO_2 [58]. Esses resultados destacam o potencial dos telhados verdes como uma estratégia eficaz para a mitigação da poluição do ar em áreas urbanas densamente construídas.

Outra forma pela qual as infraestruturas verdes contribuem para a melhoria da qualidade do ar é por meio da redução das temperaturas urbanas e do efeito de ilha de calor. A vegetação urbana promove o resfriamento evaporativo e o sombreamento, reduzindo as temperaturas do ar e das superfícies [59]. Essa redução das temperaturas pode levar a uma diminuição das emissões de poluentes atmosféricos, uma vez que a formação de ozônio e outros poluentes secundários é favorecida por altas temperaturas.

Portanto, as evidências científicas demonstram que as infraestruturas verdes desempenham um papel crucial na remoção de poluentes atmosféricos e na melhoria da qualidade do ar em

ambientes urbanos. Desta forma, as IV se apresentam como uma solução eficaz e multifuncional para enfrentar os desafios da sustentabilidade urbana, oferecendo uma ampla gama de benefícios ambientais, sociais e econômicos. Sua implementação requer uma abordagem integrada e multidisciplinar, envolvendo o planejamento urbano, a gestão ambiental, a participação da comunidade e a colaboração entre diferentes setores da sociedade. A incorporação de espaços verdes no planejamento urbano e a aplicação de outras medidas de controle da poluição podem contribuir significativamente para a criação de cidades mais saudáveis e sustentáveis.

12.7. Manaus (AM) e Belém (PA): análise da influência da arborização e de IV na qualidade do ar

Para avaliação da influência da arborização e das infraestruturas verdes na qualidade do ar e, principalmente, seus benefícios ecossistêmicos, pode-se considerar o potencial de remoção de poluentes atmosféricos (O_3 , NO , SO_2 , MP_{10} , $MP_{2,5}$) e do sequestro e armazenamento de CO_2 .

A identificação de áreas com cobertura vegetal e com a presença de árvores em áreas urbanas é relevante para que seja possível estimar esses benefícios. O uso do Geoprocessamento em meio urbano, com o emprego de Sensoriamento Remoto e Sistema de Informação Geográfica (SIG), é uma alternativa para identificação dessas feições.

O uso de imagens orbitais em Sistema de Informação Geográfica é uma alternativa para prefeituras na identificação de áreas com cobertura vegetal, bem como outros tipos de coberturas de solos. Esses mapas temáticos de uso e cobertura do solo urbano auxiliam no planejamento e gerenciamento urbano de maneira geral e podem ser obtidos utilizando técnicas de processamento de imagens no SIG, como a Classificação Supervisionada. Esta técnica consiste em indicar áreas de uso e cobertura conhecidas pelo especialista no *software*, chamadas de áreas de treinamento, e o algoritmo analisa a vizinhança ou *pixel* para identificar a feição.

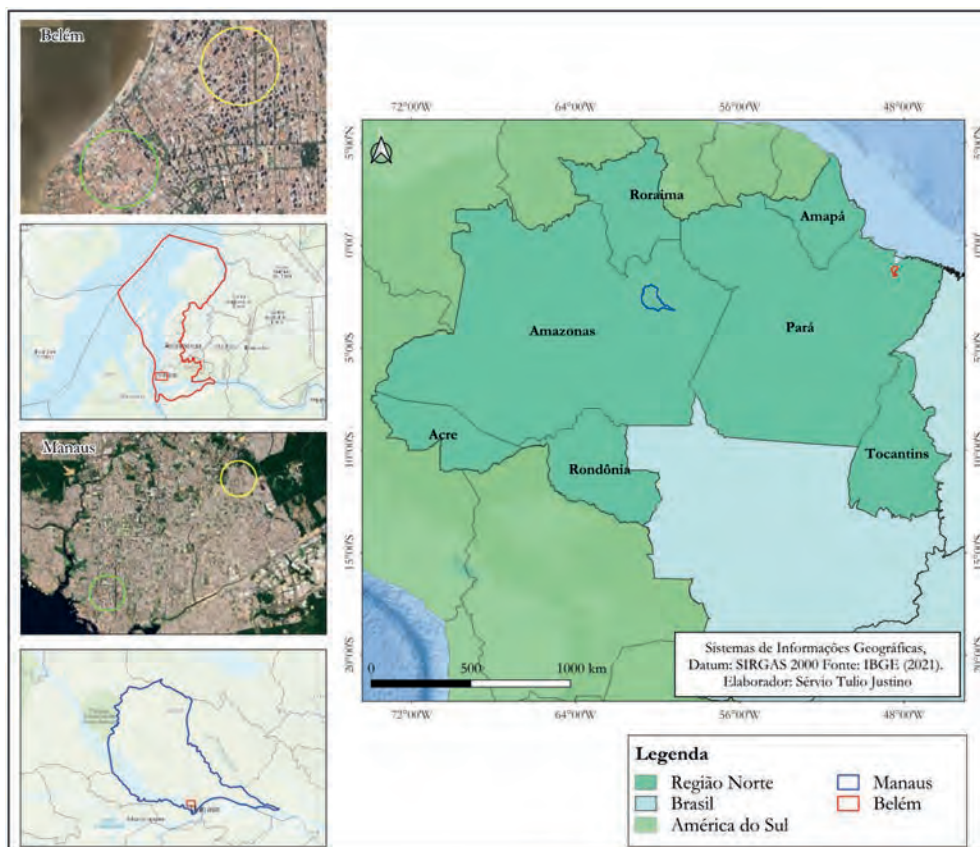
Porém, uma limitação para utilizar imagens orbitais é a resolução espacial da imagem, que consiste na capacidade que o sensor possui em discriminar objetos em função de seu tamanho. Em outras palavras, dependendo da resolução espacial das imagens não é possível distinguir árvores isoladas e outras feições de interesse. Em muitos casos, devido ao custo de aquisição de imagens de alta resolução, bem como da carência de especialistas em Geoprocessamento nas prefeituras, esta pode não ser uma opção de fácil acesso.

Porém, algumas alternativas computacionais podem ser utilizadas para classificar o uso e cobertura do solo e associar parâmetros para diversas aplicações. É o caso do sistema *i-Tree*, um conjunto de ferramentas computacionais desenvolvidas pelo USDA *Forest Service*, que permite análises florestais em áreas urbanas e rurais, bem como a avaliação de benefícios de coberturas vegetais. Dentre essas ferramentas, destaca-se o *i-Tree Canopy* que permite classificar o uso do solo e da cobertura arbórea em uma determinada área, usando imagens de satélite do *Google Maps* e amostragem aleatória, com pontos definidos de maneira randômica. Além da identificação da cobertura do solo, a ferramenta quantifica, conforme a experiência norte-americana, os benefícios da copa das árvores em relação ao dióxido de carbono e à poluição do ar. A utilização do *i-Tree Canopy* em artigos científicos refere-se principalmente à distribuição espacial de diferentes usos e coberturas de solo, em especial de áreas verdes [60-62].

Essa é uma ferramenta que pode contar com o uso do SIG para auxiliar na delimitação da área de estudo, embora o sistema tenha opções para definição gráfica da área. Após definir a área, o *i-Tree Canopy* gera, de forma randômica, pontos que exigem que o usuário identifique qual é a cobertura de solo correspondente, disponibilizando uma lista predefinida: árvore, edificações impermeáveis, vias impermeáveis, outras áreas impermeáveis, gramíneas, solo e água. Os desenvolvedores indicam que sejam delimitados entre 500 e 1000 pontos para estimativa dos benefícios que as árvores trazem para a área. A vantagem dessa ferramenta é sua facilidade de uso, requerendo conhecimento apenas da cobertura existente; porém o usuário não tem autonomia para definir e escolher os pontos de análise. O *i-Tree Canopy* também pode ser utilizado com outras tecnologias de coleta de informação, como o *Lidar – Light Detection and Ranging* [63].

Para o estudo em questão, foram escolhidas quatro áreas, com 500 m de raio, em duas capitais da região Norte do Brasil, Manaus (AM) e Belém (PA); para cada área foram obtidos 750 pontos para estimativa do *software*. As áreas foram escolhidas em regiões centrais das cidades, com elevada ocupação urbana já consolidada, para avaliar a influência da vegetação nestas áreas. A Figura 2 compila os estados da região Norte e as regiões que serão abordadas no estudo de caso.

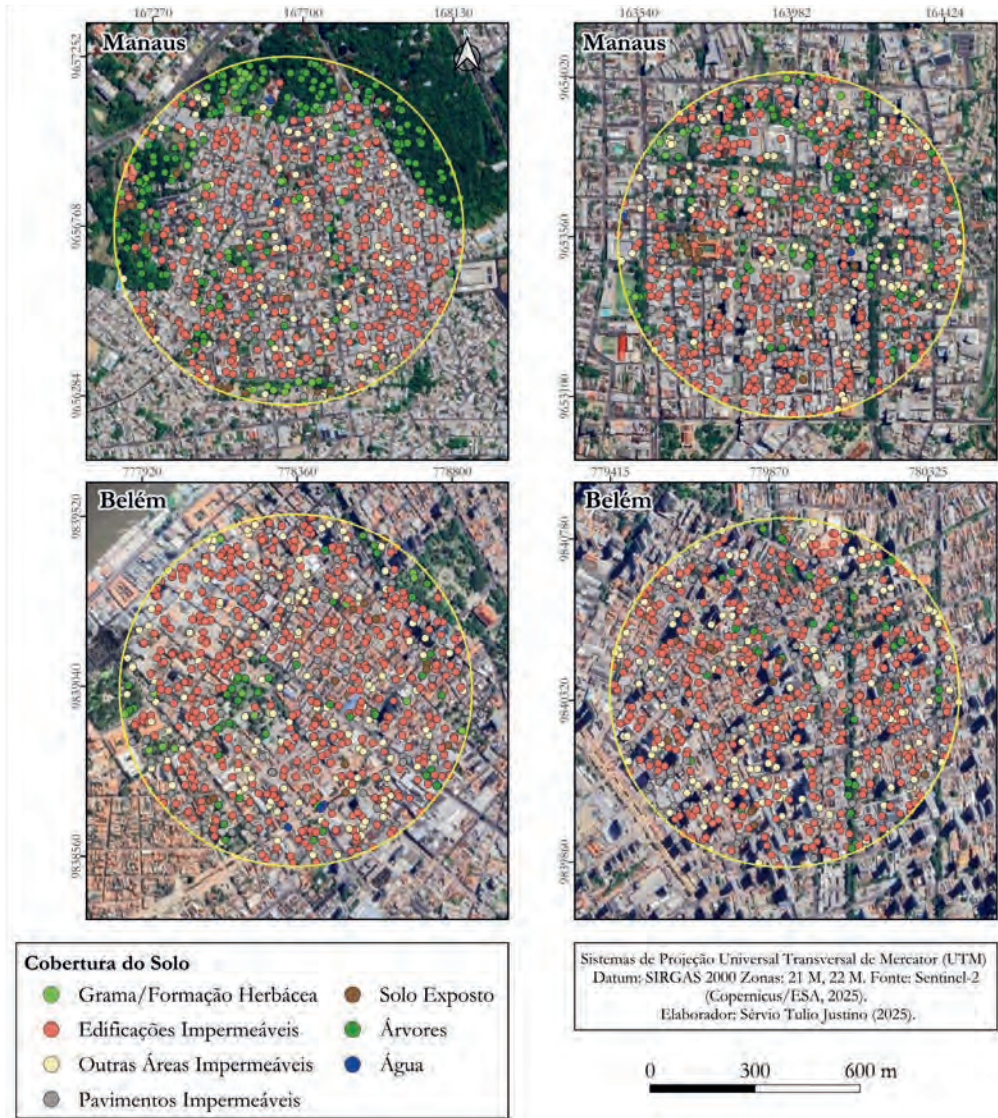
Figura 12.2 – Localização da área de estudo – Belém (PA) e Manaus (AM).



Fonte: Sérgio Justino; IBGE; Zabotto Ambiental.

Como produtos da utilização do *I-tree Canopy*, foram produzidos mapas e gráficos referentes à distribuição espacial das coberturas do solo. A Figura 3 ilustra essa distribuição de cobertura do solo nas áreas estudadas.

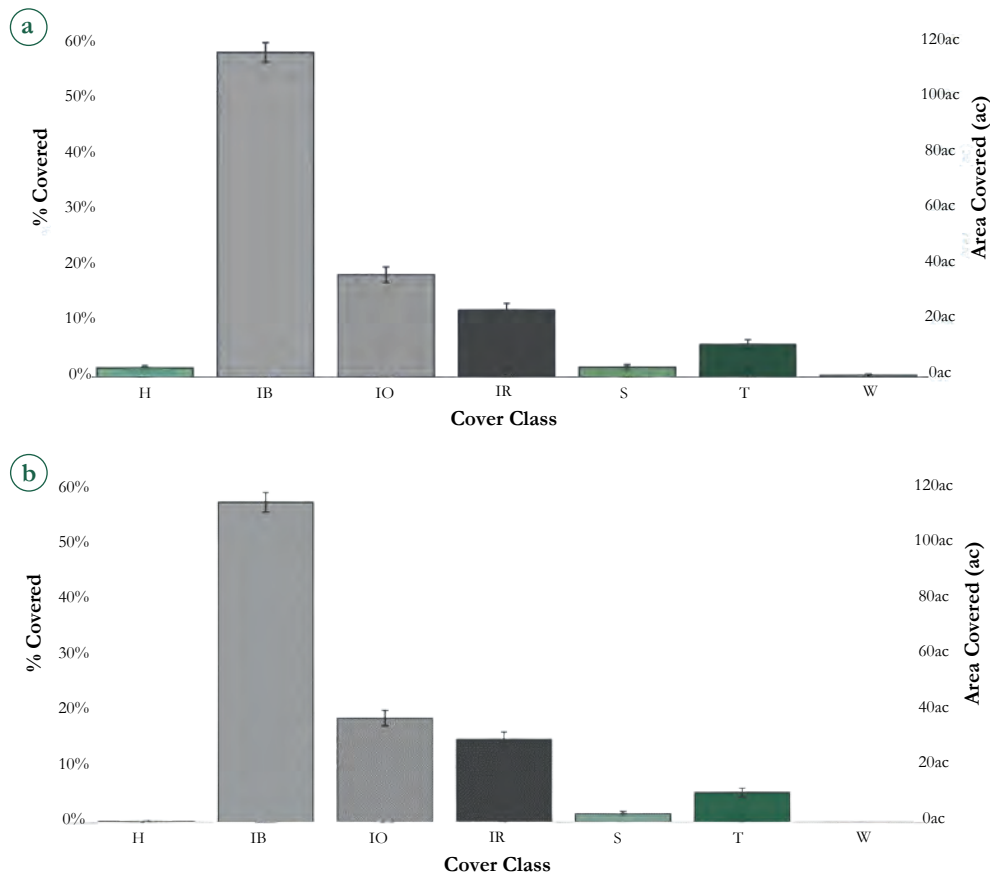
Figura 12.3 – Classificação de uso e cobertura do solo utilizando *I-tree Canopy* com pontos randômicos nas cidades de Belém (PA) e Manaus (AM).



Fonte: Sérgio Justino; IBGE; Zabotto Ambiental.

Após a classificação realizada para as duas regiões de Belém, a distribuição de uso e cobertura do solo pode ser observada nas imagens da Figura 4.

Figura 12.4 – Resultado da classificação de uso e cobertura do solo utilizando *i-Tree Canopy* na cidade de Belém (PA) nas duas regiões estudadas: a) Região 1 e b) Região 2.



Sendo: H = Grama/Formação Herbácea/ IB = Edificações impermeáveis/ IO = Outras áreas impermeáveis/ IR = Rodovias impermeáveis/ S = Solo exposto/ T = Árvores/ W = Água.

Fonte: Autores.

Em termos percentuais, para as regiões estudadas de Belém (PA), os dados de representação de cobertura para as áreas descritas na Tabela 2 são os seguintes:

Tabela 12.2 – Classificação da cobertura do solo das regiões estudadas na cidade de Belém (PA), utilizando a ferramenta *i-Tree Canopy*.

Cobertura do solo	Região 1 – mais arborizada		Região 2 – menos arborizada	
	Quantidade de pontos	Porcentagem da cobertura (%)	Quantidade de pontos	Porcentagem da cobertura (%)
Gramma/Formação Herbácea	13	3,36	1	0,13
Edificações impermeáveis	443	59,07	439	58,53
Outras áreas impermeáveis	140	18,67	143	19,07
Rodovias impermeáveis	92	12,27	114	15,20
Solo exposto	14	3,62	12	1,60
Árvores	45	11,63	41	5,47
Água	3	0,78	0	0

Fonte: Autores.

Na cidade de Belém, observa-se a predominância de superfícies impermeáveis (edificações, áreas impermeáveis e rodovias) em ambas as regiões avaliadas, ultrapassando 80% da cobertura total. Essa predominância é um reflexo da urbanização e impermeabilização do solo, o que pode agravar problemas como o efeito ilha de calor e o escoamento superficial. A Região 1 apresenta maior cobertura arbórea (11,63%) do que a Região 2 (5,47%), indicando maior presença de áreas verdes e espaços arborizados.

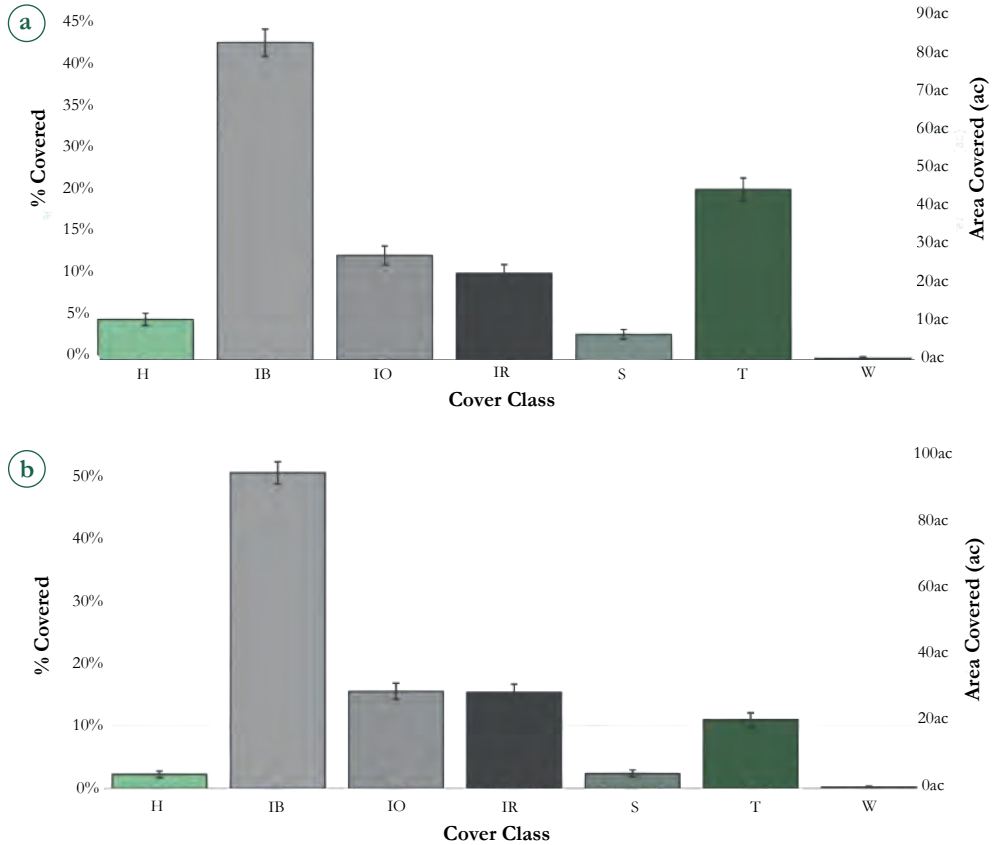
A diferença de arborização entre as áreas de Belém se reflete nos benefícios quantificados pelo *i-Tree Canopy*, com a Região 1 apresentando maior sequestro e armazenamento de carbono, com consequente impacto positivo na qualidade do ar e valoração econômica, demonstrados nas Tabelas 4 e 6.

Assim como em Belém, as superfícies impermeáveis dominam a paisagem urbana de Manaus (Tabela 3), representando mais de 67% da cobertura em ambas as regiões avaliadas. No entanto, a Região 1 também se destaca com uma cobertura arbórea significativamente maior (22,80%) em comparação à Região 2 (11,30%). Essa diferença também sugere que a Região 1 de Manaus possui áreas verdes mais extensas e/ou uma maior densidade de árvores em áreas urbanas.

A diferença na cobertura vegetal entre as regiões de Manaus é maior e mais evidente do que nas áreas avaliadas em Belém, o que explica a diferença mais acentuada nos valores de sequestro de carbono e benefícios econômicos sugeridos pela ferramenta de avaliação. Vale ressaltar que mesmo a região mais arborizada avaliada em Belém ainda apresenta um percentual de arborização equiparável à região de menor arborização de Manaus, o que denota diferenças significativas entre as áreas estudadas.

Para a cidade de Manaus, a distribuição de uso e cobertura do solo pode ser observada na Figura 5 a seguir:

Figura 12.5 – Resultado da classificação de uso e cobertura do solo utilizando *i-Tree Canopy* na cidade de Manaus (AM) nas duas regiões estudadas: a) Região 1 e b) Região 2.



Sendo: H = Grama/Formação Herbácea/ IB = Edificações impermeáveis/ IO = Outras áreas impermeáveis/ IR = Rodovias impermeáveis/ S = Solo exposto/ T = Árvores / W = Água.
 Fonte: Autores.

Em termos percentuais, para as regiões estudadas de Manaus (AM), os dados de representação de cobertura para a área são apresentados na Tabela 3 a seguir:

Tabela 12.3 – Classificação da cobertura do solo das regiões estudadas na cidade de Manaus (AM), utilizando a ferramenta *i-Tree Canopy*.

Cobertura do solo	Região 1 – mais arborizada		Região 2 – menos arborizada	
	Quantidade de pontos	Porcentagem da cobertura (%)	Quantidade de pontos	Porcentagem da cobertura (%)
Grama/Formação Herbácea	41	5,47	18	2,39
Edificações impermeáveis	318	42,4	389	51,73
Outras áreas impermeáveis	105	14	120	15,96
Rodovias impermeáveis	87	11,6	119	15,82
Solo exposto	26	34,47	19	2,53
Árvores	171	22,80	85	11,30
Água	2	0,27	2	0,27

Fonte: Autores.

Conforme os dados calculados na plataforma *i-Tree Canopy*, os benefícios da presença de arborização para as regiões estudadas são apresentados na Tabela 4 e 5:

Tabela 12.4 – Benefícios para a qualidade do ar e econômicos proporcionados pela arborização nas áreas estudadas da cidade de Belém (PA).

Belém	Região 1			Região 2		
	Carbono (T) [erro padrão]	CO ₂ Equivalente (T) [erro padrão]	USD [erro padrão]	Carbono (T) [erro padrão]	CO ₂ Equivalente (T) [erro padrão]	USD [erro padrão]
Carbono sequestrado (anual)	15,88 [± 2,30]	58,23 [± 8,42]	2.708 [± 2,20]	14,47 [± 2,20]	53,05 [± 8,06]	2.468 [± 375]
Armazenado (Nota: este benefício não é uma taxa anual)	398,83 [± 57,64]	1.462,36 [± 211,36]	68.020 [± 9.831]	363,38 [± 55,18]	1.332,39 [± 202,32]	61.975 [± 9.411]

Obs.: A moeda está em dólares americanos e arredondada. A quantidade sequestrada é baseada em 1,365 T de carbono, ou 5,005 T de CO₂, por ac/ano e arredondada. A quantidade armazenada é baseada em 34.281 T de carbono, ou 125.697 T de CO₂, por ac e arredondada. O valor (USD) é baseado em US\$ 170,55/T de carbono ou US\$ 46,51/T de CO₂ e arredondado. (Unidades inglesas: T = toneladas (2.000 libras), ac = acres). (Plataforma *i-Tree*).

Fonte: Autores.

Tabela 12.5 – Benefícios para a qualidade do ar e econômicos proporcionados pela arborização nas áreas estudadas da cidade de Manaus (AM).

Manaus	Região 1			Região 2		
	Carbono (T) [erro padrão]	CO ₂ Equivalente (T) [erro padrão]	USD [erro padrão]	Carbono (T) [erro padrão]	CO ₂ Equivalente (T) [erro padrão]	USD [erro padrão]
Carbono sequestrado (anual)	60,21 [± 4,05]	220,77 [± 14,83]	10.269 [± 690]	29,85 [± 3,05]	109,44 [± 11,18]	5.090 [± 520]
Armazenado (Nota: este benefício não é uma taxa anual)	1.512,08 [± 101,60]	5.544,29 [± 372,53]	257.886 [± 17.328]	749,58 [± 76,57]	2.748,45 [± 280,76]	127.841 [± 13.059]

Fonte: Autores.

Quanto aos demais parâmetros de qualidade do ar, os dados calculados são apresentados nas Tabelas 6 e 7.

Tabela 12.6 – Detalhamento da remoção de poluentes atmosféricos e ganhos econômicos proporcionados pela arborização nas áreas estudadas da cidade de Belém (PA).

Belém	Região 1		Região 2	
	Quantidade (lb) [erro padrão]	USD [erro padrão]	Quantidade (lb) [erro padrão]	USD [erro padrão]
CO – Monóxido de Carbono removido anualmente	11,10 [± 1,60]	8 [± 1]	10,11 [± 1,54]	7 [± 1]
NO ₂ – Dióxido de Nitrogênio removido anualmente	43,87 [± 6,34]	3 [± 0]	39,97 [± 6,07]	3 [± 0]
O ₃ – Ozônio removido anualmente	528,78 [± 76,42]	154 [± 22]	481,78 [± 73,16]	141 [± 21]
SO ₂ – Dióxido Sulfúrico removido anualmente	94,66 [± 13,68]	1 [± 0]	86,24 [± 13,10]	0 [± 0]
MP _{2,5} – Partículas com menos de 2,5 microns removidas anualmente	27,61 [± 3,99]	325 [± 47]	25,15 [± 3,82]	296 [± 45]
MP ₁₀ – Partículas maiores que 2,5 microns e menores que 10 microns removidas anualmente	212,03 [± 30,64]	717 [± 104]	193,18 [± 29,33]	653 [± 99]

Fonte: Autores.

Tabela 12.7 – Detalhamento da remoção de poluentes atmosféricos e ganhos econômicos proporcionados pela arborização nas áreas estudadas da cidade de Manaus (AM).

Manaus	Região 1		Região 2	
	Quantidade (lb)	USD	Quantidade (lb)	USD
CO – Monóxido de Carbono removido anualmente	39,77 [± 2,67]	2 [± 0]	19,72 [± 2,01]	1 [± 0]
NO ₂ – Dióxido de Nitrogênio removido anualmente	216,87 [± 14,57]	3 [± 0]	107,51 [± 10,98]	1 [± 0]
O ₃ – Ozônio removido anualmente	2.159,91 [± 145,13]	152 [± 10]	1.070,72 [± 109,38]	75 [± 8]
SO ₂ – Dióxido Sulfúrico removido anualmente	136,66 [± 9,18]	1 [± 0]	67,75 [± 6,92]	0 [± 0]
MP _{2,5} – Partículas com menos de 2,5 microns removidas anualmente	104,95 [± 7,05]	314 [± 21]	52,03 [± 5,31]	155 [± 16]
MP ₁₀ – Partículas maiores que 2,5 microns e menores que 10 microns removidas anualmente	723,49 [± 48,61]	110 [± 7]	358,65 [± 36,64]	55 [± 6]

Obs.: (Unidades inglesas: T = toneladas (2.000 libras), ac = acres). (Plataforma *i-Tree*).

Fonte: Autores.

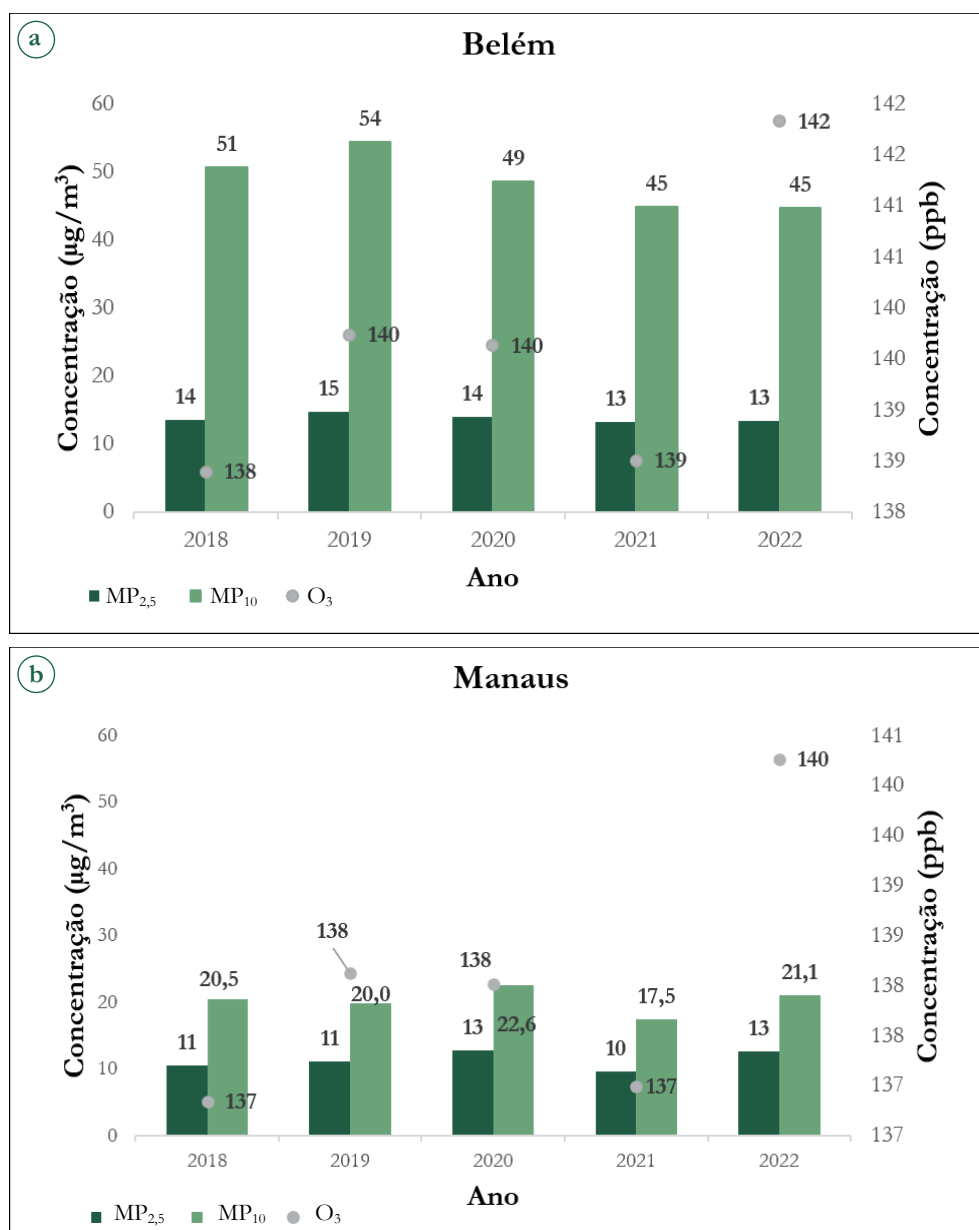
A remoção de material particulado ($MP_{2,5}$ e MP_{10}) e Ozônio troposférico apresenta os maiores ganhos econômicos em ambas as cidades, o que se justifica pelos graves impactos negativos desses poluentes na saúde humana. A exposição prolongada ao MP está associada a doenças respiratórias (asma, bronquite, câncer de pulmão), cardiovasculares, problemas reprodutivos e neurológicos, além de aumentar o risco de mortalidade prematura. A exposição ao ozônio pode causar irritação nos olhos, nariz e garganta, desencadear crises de asma, reduzir a função pulmonar e aumentar o risco de doenças cardíacas, podendo levar à morte em casos extremos. Altas concentrações de ozônio estão relacionadas ao fenômeno conhecido como *Smog* fotoquímico, que ocorre por exposição à luz solar, inversão térmica e baixos índices de vento, além da emissão de diversos poluentes primários, como óxidos de enxofre e compostos orgânicos voláteis, geralmente atrelados às emissões veiculares. Os custos com tratamento médico, perda de produtividade laboral e redução da qualidade de vida devido às exposições representam um fardo significativo para o sistema de saúde e para a sociedade como um todo.

Para fins comparativos, foram acessados, via satélite⁴, dados de monitoramento para os poluentes $MP_{2,5}$, MP_{10} e O_3 , tanto para Belém quanto para Manaus. As concentrações anuais em mg/m^3 (para $MP_{2,5}$ e MP_{10}) e ppm (para O_3) podem ser observadas na Figura 6. Nota-se que as curvas de concentração seguem o mesmo comportamento, ao longo dos anos, comparando os dois municípios. No entanto, existe uma diferença substancial nos valores de concentração quando observamos a curva de cada poluente. Isto é mais evidente na concentração de MP_{10} , em Belém, que chega a valores acima de $50 mg/m^3$, em 2019. Já, em Manaus, a concentração máxima de MP_{10} foi $22,6 mg/m^3$ para este período avaliado.

Entretanto, vale ressaltar a ocorrência de inúmeros casos extremos de poluição do ar na cidade de Manaus, principalmente relacionados a episódios agudos de queimadas e épocas de secas, como ocorrido no ano de 2023. Conforme já relatado anteriormente, no ano de 2023 foram atingidas concentrações próximas a $500 mg/m^3$ de $MP_{2,5}$, dados medidos pelo sistema SELVA, que indicam grandes problemas da cidade em relação à qualidade do ar. Vale ressaltar que essas concentrações são momentâneas, estando sujeitas a diversas variações climáticas, mas a exposição aguda também pode desencadear sérios problemas de saúde a grupos mais sensíveis na população.

4. GMAO (Global Modeling and Assimilation Office) https://disc.gsfc.nasa.gov/datasets/M2T1NXAER_5.12.4/summary

Figura 12.6 – Dados de concentração dos poluentes $MP_{2,5}$, MP_{10} e O_3 entre 2018 e 2022: a) Belém e b) Manaus.



Fonte: Autores.

12.8. Considerações finais

Este trabalho abordou a crescente preocupação com a qualidade do ar, correlacionando a presença de infraestruturas verdes e arborização urbana como um mitigador destes problemas, com foco principal na região Norte do Brasil. Foi possível destacar ainda as dificuldades no monitoramento de poluentes atmosféricos na região Norte do Brasil, destacando a importância do monitoramento orbital (dados de satélite) e em estações de baixo custo na obtenção de

informações para a área de estudo, considerando as queimadas como uma fonte importante de poluentes atmosféricos para a região. Diversos estudos e reportagens destacam que a região Norte, justamente pela elevada incidência de queimadas, apresenta a pior qualidade do ar do Brasil, o que justifica a ampliação da rede de monitoramento terrestre, que atualmente se limita basicamente às estações de baixo custo presentes no Acre e em iniciativas isoladas de universidades públicas, o que evidencia que mesmo as capitais apresentam poucos dados consolidados de qualidade do ar na região. Dessa forma, a constituição de uma rede integrada de monitoramento de qualidade do ar se faz fundamental.

Neste sentido, é imprescindível fomentar políticas públicas visando prevenir e combater o desmatamento e as queimadas na região Norte, em articulação com os governos estaduais e federal. A ampliação e o fortalecimento da rede de monitoramento da qualidade do ar nas cidades da região Norte é essencial para fornecer dados para embasar políticas públicas de melhoria da qualidade do ar na região.

Foram avaliadas regiões das cidades de Belém (PA) e Manaus (AM), no contexto da acelerada urbanização, buscando identificar diferenças de arborização urbana entre as áreas estudadas, bem como estimar os usos e ocupações do solo e a influência da arborização na qualidade do ar e nos ganhos financeiros proporcionados pela prestação de serviços ecossistêmicos. A análise dos dados coletados, utilizando a ferramenta *i-Tree Canopy*, permitiu traçar um panorama da cobertura do solo e quantificar os benefícios da arborização urbana na mitigação da poluição atmosférica.

Os resultados demonstram que, apesar da predominância de superfícies impermeáveis em ambas as cidades, a presença de áreas verdes, especialmente a arborização urbana, desempenha um papel crucial na remoção de poluentes atmosféricos como CO, NO₂, O₃, SO₂, MP_{2,5} e MP₁₀, traduzindo-se em ganhos econômicos significativos relacionados à saúde pública. A relação direta entre a cobertura arbórea, a qualidade do ar e a saúde da população evidencia a necessidade de se considerar a arborização como um componente estratégico no planejamento e na gestão das cidades da região Norte. Investir em arborização urbana, com a implementação de políticas públicas eficazes que incentivem o plantio, a manutenção e a gestão sustentável das florestas urbanas, é crucial para a promoção de cidades mais resilientes, saudáveis e com melhor qualidade de vida.

Entretanto, a elevada predominância de superfícies impermeáveis em ambas as cidades ressalta a importância de se considerar outras estratégias de infraestrutura verde, além da arborização, para a melhoria da qualidade do ar. A implementação de telhados verdes, jardins verticais, pavimentos permeáveis e outras soluções que promovam a permeabilidade do solo e a presença de vegetação pode contribuir significativamente para a mitigação dos efeitos da poluição e do calor em áreas densamente urbanizadas.

Considerando o cenário descrito, é fundamental criar e implementar programas de plantio de árvores em áreas estratégicas, priorizando regiões com maior densidade populacional, menor cobertura vegetal e maior concentração de poluentes atmosféricos. Vale ressaltar a necessidade de diversificar as espécies arbóreas, considerando o clima local, o potencial de remoção de poluentes e a prestação de outros serviços ecossistêmicos.

Como sugestões aos gestores públicos, destaca-se a necessidade de promover a integração da arborização urbana ao planejamento urbano, passando a ser um elemento essencial nos planos diretores municipais, zoneamentos, projetos de urbanização e obras públicas como também criar mecanismos de incentivo à arborização em propriedades privadas.

Outro ponto fundamental é o fortalecimento da gestão das florestas urbanas, estabelecendo planos de manejo adequados, de forma a manter e garantir a saúde das árvores, a diversidade de espécies e a prestação de serviços ecossistêmicos. Para tal, é necessário capacitar equipes técnicas para a realização de podas adequadas, manejo de pragas e doenças, e inventário arbóreo.

Considerando a importância das ações e do engajamento populacional, recomenda-se também que as ações de arborização venham acompanhadas de programas estruturados de educação ambiental, com o intuito de sensibilizar a população sobre a importância da conservação e ampliação da arborização urbana para a qualidade de vida, a saúde pública e a sustentabilidade das cidades.

Ações conjuntas entre o poder público, a iniciativa privada e a sociedade civil são fundamentais para transformar as cidades brasileiras em ambientes mais saudáveis, resilientes e sustentáveis. Investir em arborização urbana, infraestruturas verdes e em outras soluções baseadas na natureza é essencial para a qualidade de vida da população e para a construção de um futuro mais promissor.

12.9. Agradecimentos

Os autores agradecem ao Dr. Danilo Covaes Nogarotto e à Me. Priscila Boleta Gonçalves pelo auxílio na aquisição e no tratamento de dados para este trabalho. Os autores agradecem ainda a National Aeronautics and Space Administration (NASA) e a European Union's Earth Observation Programme (Copernicus) pelo fornecimento do MERRA-2.

12.10. Referências

- [1] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Panorama do Censo 2022 [Internet]. Rio de Janeiro: IBGE; 2024 [acesso 24 set. 2025]. Disponível em: <https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/>
- [2] Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima (MMA). Amazônia [Internet]. Brasília: MMA; 2021 [acesso 24 set. 2025]. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/ecossistemas-1/biomas/amazonia>
- [3] Agência Nacional de Águas (ANA). Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: regiões hidrográficas brasileiras – Edição Especial [Internet]. Brasília: ANA; 2015 [acesso 24 set. 2025]. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/regioeshidrograficas2014.pdf>
- [4] Becker BK. Geopolítica da Amazônia. *Estud Av.* 2005;19(53):71-86. doi:10.1590/S0103-40142005000100005
- [5] Browder JO, Godfrey BJ. Rainforest cities: urbanization, development, and globalization of the Brazilian Amazon. New York: Columbia University Press; 1997.
- [6] Mascarenhas MDM, Vieira LC, Lanzieri TM, Leal APPR, Duarte AF, Hatch DL. Poluição atmosférica devida à queima de biomassa florestal e atendimentos de emergência por doença respiratória em Rio Branco, Brasil – setembro, 2005. *J Bras Pneumol.* 2008;34(1). doi:10.1590/S1806-37132008000100008

- [7] Castro HA, Gonçalves KS, Hacon SS. Tendência da mortalidade por doenças respiratórias em idosos e as queimadas no estado de Rondônia/Brasil – período entre 1998 e 2005. *Ciênc Saúde Colet.* 2009;14(6):2083-90. doi:10.1590/S1413-81232009000600015
- [8] Acioly RLX. Relações entre internações de crianças por doenças respiratórias e a poluição do ar no estado de Roraima entre 2009 e 2013 [dissertação]. Santos: Universidade Católica de Santos; 2018 [acesso 24 set. 2025]. Disponível em: <https://tede.unisantos.br/handle/tede/4901>
- [9] Gomes DFA, Montagnoli DRABS. Hospitalização de idosos por doenças respiratórias: registros das regiões do Brasil entre 2010 e 2020. *Rev Eletr Acervo Saúde.* 2023;23(4):e12422. doi:10.25248/reas.e12422.2023
- [10] Carmo CN, Hacon S, Longo KM, Freitas S, Ignotti E, Ponce de Leon A, et al. Associação entre material particulado de queimadas e doenças respiratórias na região sul da Amazônia brasileira. *Rev Panam Salud Publica.* 2010;27(1):10-6.
- [11] Seinfeld JH, Pandis SN. *Atmospheric chemistry and physics: from air pollution to climate change.* 3rd ed. Hoboken: John Wiley & Sons; 2016.
- [12] Martins APG, Ribeiro AP, Ferreira ML, Martins MAG, Negri EM, Scapin MA, et al. Infraestrutura verde para monitorar e minimizar os impactos da poluição atmosférica. *Estud Av.* 2021;35(102). doi:10.1590/s0103-4014.2021.35102.003
- [13] Brasil. Lei nº 14.850, de 2 de maio de 2024. Institui a Política Nacional de Qualidade do Ar [Internet]. Brasília, DF: Presidência da República; 2024 [acesso 24 set. 2025]. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2024/lei-14850-2-maio-2024-795555-publicacaooriginal-171660-pl.html>
- [14] Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 3, de 28 de junho de 1990. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar [Internet]. Brasília: CONAMA; 1990 [acesso 24 set. 2025]. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/o-que-fazemos/resolucao-conama-03-1990.pdf>
- [15] Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 491, de 19 de novembro de 2018. Estabelece os padrões de qualidade do ar [Internet]. Brasília: CONAMA; 2018 [acesso 24 set. 2025]. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/resolucao-491-2018.pdf>
- [16] Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 506, de 5 de julho de 2024. Estabelece padrões nacionais de qualidade do ar [Internet]. Brasília: CONAMA; 2024 [acesso 24 set. 2025]. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-n-506-de-5-de-julho-de-2024-510775321>
- [17] World Health Organization (WHO). WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide [Internet]. Geneva: WHO; 2021 [acesso 24 set. 2025]. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240034228>
- [18] Rodrigues I. Poluição do ar em Rio Branco está cinco vezes acima do aceitável pela OMS, apontam sensores. G1 AC [Internet]. 2023 set. 9 [acesso 24 set. 2025]. Disponível em: <https://g1.globo.com/ac/acre/noticia/2023/09/09/poluicao-do-ar-em-rio-branco-esta-cinco-vezes-acima-do-aceitavel-pela-oms-apontam-sensores.ghtml>
- [19] Nauara T, Bastchen T. 100 cigarros por dia: queimadas fazem Porto Velho ter o pior ar do Brasil nesta sexta, 26. G1 RO [Internet]. 2022 ago. 26 [acesso 24 set. 2025]. Disponível em: <https://g1.globo.com/ro/rondonia/noticia/2022/08/26/100-cigarros-por-dia-queimadas-fazem-porto-velho-ter-o-pior-ar-do-brasil-nesta-sexta-26.ghtml>

- [20] Universidade Federal do Oeste do Pará (Ufopa). Ufopa emite nota com recomendações sobre qualidade do ar. Comunicado [Internet]. 2023 nov. 3 [acesso 24 set. 2025]. Disponível em: <https://www.ufopa.edu.br/ufopa/comunica/noticias/ufopa-emite-nota-com-recomendacoes-sobre-qualidade-do-ar/>
- [21] Vidigal V, Castro W. Painel monitora qualidade do ar e queimadas através de sensores em 8 municípios do Amapá. G1 AP [Internet]. 2021 out. 27 [acesso 24 set. 2025]. Disponível em: <https://g1.globo.com/ap/amapa/natureza/amazonia/noticia/2021/11/27/painel-monitora-qualidade-do-ar-e-queimadas-atraves-de-sensores-em-8-municipios-do-amapa.ghtml>
- [22] Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA). Núcleo do INPA em Roraima instala equipamento para monitorar qualidade do ar em Boa Vista. Notícia [Internet]. 2021 jun. 28 [acesso 24 set. 2025]. Disponível em: <https://www.gov.br/inpa/pt-br/assuntos/noticias/nucleo-do-inpa-em-roraima-instala-equipamento-para-monitorar-qualidade-do-ar-em-boia-vista>
- [23] Alves GL, Paixão AN. Efeitos das queimadas sobre o bem-estar das famílias no Tocantins: uma aplicação do método de avaliação contingente. Informe GEPEC [Internet]. 2012;16(1): 176-91 [acesso 24 set. 2025]. Disponível em: <https://e-revista.unioeste.br/index.php/gepec/article/view/4054>
- [24] IQAir. World Air Quality Report [Internet]. 2023 [acesso 24 set. 2025]. Disponível em: <https://www.iqair.com/world-air-quality-report>
- [25] Vormittag EMPAA, Cirqueira SSR, Wicher Neto H, Saldiva PH. Análise do monitoramento da qualidade do ar no Brasil. *Estud Av.* 2021;35(102). doi:10.1590/s0103-4014.2021.35102.002
- [26] Monteiro E. Fumaça de queimadas coloca Manaus entre cidades com pior qualidade do ar no mundo. G1 AM [Internet]. 2023 out. 11 [acesso 24 set. 2025]. Disponível em: <https://g1.globo.com/am/amazonas/noticia/2023/10/11/fumaca-de-queimadas-coloca-manaus-entre-cidades-com-pior-qualidade-do-ar-no-mundo.ghtml>
- [27] Miranda RM, Andrade MF, Fornaro A, Astolfo R, Andre PA, Saldiva P. Urban air pollution: a representative survey of PM_{2.5} mass concentrations in six Brazilian cities. *Air Qual Atmos Health.* 2012;5(1):63-77. doi:10.1007/s11869-010-0124-1
- [28] Melo AWF, Silva SS, Anderson LO, Nascimento VML, Freitas MF, Duarte AF, Brown IF. Monitoramento da qualidade do ar em 2019 no Estado do Acre. Universidade Federal do Acre; 2020. https://www.ufac.br/labgama/relatorios/anual/relatorio_qualidade_do_ar_2019.pdf
- [29] IQAir. How far can wildfire smoke from the Amazon travel? [Internet]. 2019 [acesso 24 set. 2025]. Disponível em: <https://www.iqair.com/newsroom/you-are-breathing-amazon-rain-forest-fire-smoke-right-now>
- [30] Signori RT, Souza RAF, Souza RVA, Ribeiro IO, Kayano MT. Carbon monoxide profile variability over the Manaus Metropolitan Region and its relations with biomass burning. *Rev Bras Ciênc Ambient.* 2023;58(1):114-22. doi:10.5327/Z2176-94781534
- [31] Artaxo P, Rizzo LV, Brito JF, Barbosa HMJ, Arana A, Sena ET, et al. Atmospheric aerosols in Amazonia and land use change: from natural biogenic to biomass burning conditions. *Faraday Discuss.* 2013;165:203-35. doi:10.1039/C3FD00052D
- [32] Liu Y, Jia R, Dai T, Xie Y, Shi G. A review of aerosol optical properties and radiative effects. *J Meteorol Res.* 2014;28(6):1003-28. doi:10.1007/s13351-014-4045-z
- [33] Butt EW, Conibear L, Reddington CL, Darbyshire E, Morgan WT, Coe H, et al. Large air quality and human health impacts due to Amazon forest and vegetation fires. *Environ Res Commun.* 2020;2(9):095001. doi:10.1088/2515-7620/abb0db

- [34] Elliot AJ, Smith S, Dobney A, Thornes J, Smith GE, Vardoulakis S. Monitoring the effect of air pollution episodes on health care consultations and ambulance call-outs in England during March/April 2014: a retrospective observational analysis. *Environ Pollut.* 2016;214:903-11. doi:10.1016/j.envpol.2016.04.026
- [35] Nogarotto DC, Pozza SA. A review of multivariate analysis: is there a relationship between airborne particulate matter and meteorological variables? *Environ Monit Assess.* 2020; 192(573). doi:10.1007/s10661-020-08538-1
- [36] Pope RJ, Arnold SR, Chipperfield MP, Reddington CLS, Butt EW, Keslake TD, et al. Substantial increases in Eastern Amazon and Cerrado biomass burning-sourced tropospheric ozone. *Geophys Res Lett.* 2020;47:e2019GL084143. doi:10.1029/2019GL084143
- [37] World Health Organization (WHO). WHO global air quality guidelines. Particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide [Internet]. Geneva: WHO; 2021 [acesso 24 set. 2025]. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240034228>
- [38] Squizzato R, Nogueira T, Martins LD, Martins JA, Astolfo R, Machado CB, et al. Beyond megacities: tracking air pollution from urban areas and biomass burning in Brazil. *Clim Atmos Sci.* 2021;4(1):1-7. doi:10.1038/s41612-021-00173-y
- [39] Baird C, Cann M. Química ambiental. 4ª ed. Porto Alegre: Bookman; 2011.
- [40] Rickly PS, Guo H, Campuzano-Jost P, Jimenez JL, Wolfe GM, Bennett R, et al. Emission factors and evolution of SO₂ measured from biomass burning in wildfires and agricultural fires. *Atmos Chem Phys.* 2022;22:15603–20. doi:10.5194/acp-22-15603-2022
- [41] Weber JN, Kaufholdt D, Minner-Meinen R, Bloem E, Shahid A, Rennenberg H, et al. Impact of wildfires on SO₂ detoxification mechanisms in leaves of oak and beech trees. *Environ Pollut.* 2021;272:116389. doi:10.1016/j.envpol.2020.116389
- [42] Fiedler V, Arnold F, Ludmann S, Minikin A, Hamburger T, Pirjola L, et al. African biomass burning plumes over the Atlantic: aircraft based measurements and implications for H₂SO₄ and HNO₃ mediated smoke particle activation. *Atmos Chem Phys.* 2011;11:3211–25. doi:10.5194/acp-11-3211-2011
- [43] McNeill VF. Atmospheric aerosols: clouds, chemistry, and climate. *Annu Rev Chem Biomol Eng.* 2017;8(1):427-44. doi:10.1146/annurev-chembioeng-060816-101538
- [44] Brasil. Ministério dos Transportes. Secretaria Nacional de Trânsito (Senatran). Frota de veículos 2022 [Internet]. Brasília: Ministério dos Transportes; 2022 [acesso 24 set. 2025]. Disponível em: <https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/transito/conteudo-Senatran/frota-de-veiculos-2022>
- [45] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Cidades e Estados [Internet]. Rio de Janeiro: IBGE [acesso 24 set. 2025]. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados.html>
- [46] Benedict MA, McMahon ET. Green infrastructure: linking landscapes and communities. Washington, DC: Island Press; 2016.
- [47] Pellegrino P, Moura NB, organizadores. Estratégias para uma infraestrutura verde. Barueri: Manole; 2017.
- [48] Comissão Europeia. EU guidance on integrating ecosystems and their services into decision-making [Internet]. Brussels: European Commission; 2019 [acesso 24 set. 2025]. Disponível em: https://ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/pdf/SWD_2019_305_F1_STAFF_WORKING_PAPER_EN_V2_P1_1042629.PDF

- [49] Escobedo FJ, Gianicco V, Jim CY, Sanesi G, Laforteza R. Urban forests, ecosystem services, green infrastructure and nature-based solutions: nexus or evolving metaphors? *Urban For Urban Green*. 2019;37:3-12.
- [50] Brasil. Lei nº 14.119, de 13 de janeiro de 2021. Institui a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais; e altera as Leis nºs 8.212, de 24 de julho de 1991, 8.629, de 25 de fevereiro de 1993, e 6.015, de 31 de dezembro de 1973, para adequá-las à nova política. Brasília (DF): Diário Oficial da União; 2021.
- [51] Shafique M, Kim R, Rafiq M. Green roof benefits, opportunities and challenges – A review. *Renew Sustain Energy Rev*. 2018;90:757-73. doi:10.1016/j.rser.2018.04.006
- [52] Santamouris M, Kolokotsa D. On the impact of urban overheating and extreme climatic conditions on housing, energy, comfort and environmental quality of vulnerable population in Europe. *Energy Build*. 2018;98:125-33. doi:10.1016/j.enbuild.2014.08.050
- [53] Bush J, Doyon A. Building urban resilience with nature-based solutions: How can urban planning contribute? *Cities*. 2019;95:102483. doi:10.1016/j.cities.2019.102483
- [54] Aronson MFJ, Lepczyk CA, Evans KL, Goddard MA, Lerman SB, MacIvor JS, et al. Biodiversity in the city: key challenges for urban green space management. *Front Ecol Environ*. 2017;15(4):189-96. doi:10.1002/fee.1480
- [55] Abhijith KV, Kumar P, Gallagher J, McNabola A, Baldauf R, Pilla F, et al. Air pollution abatement performances of green infrastructure in open road and built-up street canyon environments – A review. *Atmos Environ*. 2017;162:71-86. doi:10.1016/j.atmosenv.2017.05.014
- [56] Nowak DJ, Hirabayashi S, Doyle M, McGovern M, Pasher J. Air pollution removal by urban forests in Canada and its effect on air quality and human health. *Urban For Urban Green*. 2018;29:40-8. doi:10.1016/j.ufug.2017.10.019
- [57] Jeanjean APR, Buccolieri R, Eddy J, Monks PS, Leigh RJ. Air quality affected by trees in real street canyons: The case of Marylebone neighbourhood in central London. *Urban For Urban Green*. 2017;22:41-53. doi:10.1016/j.ufug.2017.01.009
- [58] Yang J, Yu Q, Gong P. Quantifying air pollution removal by green roofs in Chicago. *Atmos Environ*. 2008;42(31):7266-73. doi:10.1016/j.atmosenv.2008.07.003
- [59] Bowler DE, Buyung-Ali L, Knight TM, Pullin AS. Urban greening to cool towns and cities: a systematic review of the empirical evidence. *Landsc Urban Plan*. 2010;97(3):147-55. doi:10.1016/j.landurbplan.2010.05.006
- [60] Preston PD, Dunk RM, Smith GR, Cavan G. Examining regulating ecosystem service provision by brownfield and park typologies and their urban distribution. *Urban For Urban Green*. 2024;95:128311. doi:10.1016/j.ufug.2024.128311
- [61] Puplampu DA, Boafo YA. Exploring the impacts of urban expansion on green spaces availability and delivery of ecosystem services in the Accra metropolis. *Environ Challenges*. 2021;5:100283. doi:10.1016/j.envc.2021.100283
- [62] Prebble S, McLean J, Houston D. Smart urban forests: An overview of more-than-human and more-than-real urban forest management in Australian cities. *Digit Geogr Soc*. 2021;2: 100013. doi:10.1016/j.diggeo.2021.100013
- [63] Parmehr EG, Amati M, Taylor EJ, Livesley SJ. Estimation of urban tree canopy cover using random point sampling and remote sensing methods. *Urban For Urban Green*. 2016;20:160-71. doi:10.1016/j.ufug.2016.08.011

Capítulo 13

ARBORIZAÇÃO URBANA E SAÚDE PÚBLICA

*Por Eliza Maria da Costa Brito Lacerda, Ygor Lafaeth Vieira Nunes,
Cândida Helena Lopes Alves e Givago da Silva Souza*

13.1. Destaques deste capítulo

1. A arborização urbana melhora o ar, regula o microclima, reduz poluentes e promove saúde física e mental;
2. O crescimento urbano sem planejamento causa degradação ambiental, fragmentação florestal e favorece o surgimento de doenças;
3. O contato com florestas reduz estresse, pressão arterial e sintomas depressivos fortalecendo o sistema imunológico e promovendo inclusão social;
4. Parques, praças, corredores verdes e arborização de ruas estimulam atividade física, melhoram relações sociais e reduzem gastos com saúde pública;
5. Ambientes arborizados ajudam a prevenir miopia, doenças cardiovasculares, metabólicas e respiratórias além de aumentar a longevidade.

13.2. Introdução

Ambientes arborizados, como florestas, oferecem uma série de benefícios à qualidade de vida, entre eles, podemos destacar: o fornecimento de matéria-prima para a indústria farmacêutica; alimentos com importante valor nutricional; o controle das mudanças climáticas e a atenuação de poluentes; espaço para atividades culturais, recreativas, espirituais etc. Dessa forma, esses ambientes são promotores de saúde física e mental [1].

As florestas apresentam ricas farmácias naturais, uma vez que são fontes de compostos ativos de medicamentos presentes em plantas, animais e microrganismos, sendo também consideradas importantes reservatórios genéticos, pois apresentam grande variabilidade de espécies [2-6]. A riqueza dos ecossistemas florestais saudáveis também pode ajudar na regulação de doenças infecciosas e fornecer materiais para tratamentos estéticos [3,4].

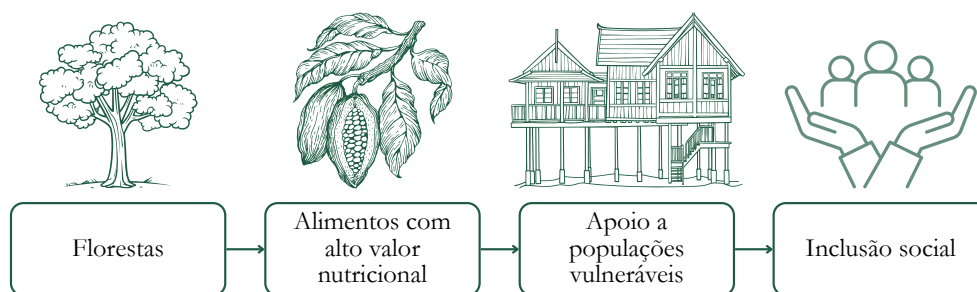
É comum que populações próximas às florestas, como acontece ainda de maneira frequente na região Norte do Brasil, devido à sua grande extensão territorial, costumem usar sistemas de saúde tradicionais e modernos, sendo os tradicionais especialmente importantes para esses

grupos uma vez que são mais acessíveis. Esse tipo de uso das florestas é bastante observado na América Latina, na Ásia tropical e na África [1].

Além dos aspectos terapêuticos relacionados aos fármacos, as florestas e os bosques também fornecem espaços que podem ajudar na reabilitação de pessoas com deficiência e incapacidades, ademais, podem facilitar a integração de pessoas marginalizadas promovendo a inclusão social [7].

A inclusão social pode acontecer devido a vários fatores, um deles é o fato de os alimentos presentes em florestas apresentarem material com rico valor nutricional, fornecendo uma rede de segurança para os grupos populacionais mais vulneráveis em países com subdesenvolvimento (Figura 1) [1]. Esses alimentos ajudam a combater a desnutrição em tempos de fome, guerra ou seca [2,5,6].

Figura 13.1 – Esquema representativo da inclusão social por meio de alimentos da floresta.



Fonte: Autores; Zabotto Ambiental.

Na região Norte do Brasil, as atividades de pesca, caça e extrativismo fazem parte da própria história e do desenvolvimento da região por séculos. Desde a descoberta do Brasil e ainda hoje, as populações que se localizam próximo a ambientes de florestas têm uma alimentação que depende fortemente da caça de animais, como a cutia, a paca, o tatu, o veado, o porco-do-mato, a anta etc., da pesca de peixes variados e da extração de castanhas, como a castanha-do-pará. Além disso, é comum a extração do açaí, da bacaba, da pupunha, do tucumã etc. Esses alimentos são importantes fontes nutricionais, riquíssimas em antioxidantes, minerais e vitaminas.

Somado a isso, a experiência sensorial relacionada a ambientes florestais facilita a integração social, pois forma uma base para experiências compartilhadas independentemente de habilidades e capacidades individuais [8]. Considerando aspectos diretamente relacionados à saúde, estudos demonstram que caminhadas na floresta melhoram a qualidade e a duração do sono, possivelmente por conta do humor melhorado e do aumento da quantidade de exercício [9]. De fato, as florestas têm um efeito positivo sobre o bem-estar mental dos pacientes com estresse, e a realização de intervenções terapêuticas na floresta pode diminuir a fadiga [10].

Os bosques e árvores têm também um impacto positivo na qualidade do ar por meio da atenuação da poluição atmosférica, redução da temperatura do ar no verão e diminuição da radiação ultravioleta [1,11]. Todos esses benefícios podem ser utilizados efetivamente na promoção da saúde reduzindo custos com a saúde pública [1].

13.3. Impacto da urbanização no meio ambiente e relação com a emergência e reemergência de doenças

No último século, a população mundial se concentrou em grandes centros urbanos, tornando as cidades cada vez maiores e muitas vezes crescendo de forma desordenada e sem o devido planejamento. Este crescimento tem um impacto direto nos ecossistemas e, consequentemente, na qualidade de vida da população.

Este tipo de urbanização desordenada apresenta entre suas principais cicatrizes a extinção de algumas das espécies vegetais para a ocupação dos espaços com construções. O problema do desenvolvimento não estruturado e sem harmonia entre a cidade e a natureza envolve também a substituição de sons naturais por ruídos, exagero de concreto e de máquinas, edificações cada vez maiores, poluição, aumento e intensificação de enchentes, alterações microclimáticas, ondas de calor, entre outros. Assim, devido à constante degradação das florestas, é necessário incluir a vegetação como um fator no planejamento das cidades para tentar amenizar ou evitar os problemas originados pela urbanização [12].

No caso da região amazônica, existem algumas peculiaridades que precisam ser entendidas, como o fato de a ocupação urbana do espaço ter acontecido de forma lenta e por etapas, em que momentos de grande crescimento urbano são intercalados por fases de estagnação. Entre os anos 1950 e 2000, a população da região Norte cresceu 1,570%, ao passo que o crescimento nacional foi 0,709%; além disso, o crescimento foi desigual na região. Hoje, a população urbana corresponde a aproximadamente 70% do total e continua crescendo, enquanto a população rural é decrescente [13].

Capitais como Manaus passaram por processo de expansão, sendo que neste caso, a cidade virou um grande polo na região Pan-Amazônica, saltando de 1.802.014 habitantes em 2010 para mais de 2,219 milhões de habitantes atualmente. O aumento da população urbana acarretou a necessidade de novos lugares para moradia, o que ocasionou a descentralização e o surgimento de setores residenciais seletivos, a formação de periferias e de novos territórios [14].

O processo de urbanização da região sempre envolveu desmatamento, fragmentação da floresta e degradação da biodiversidade. Esses fatores trazem uma série de impactos sobre a saúde humana, como o aumento da transmissão de doenças [6,15].

De forma geral, os crescimentos desordenados das cidades brasileiras despertaram a atenção para entender a vegetação como componente necessário ao espaço urbano. Dessa forma, mais expressivamente, a arborização passou a ser vista nas cidades como importante elemento natural, atuando como reestruturador do espaço urbano, pois áreas bastante arborizadas apresentam uma aproximação maior das condições ambientais normais em relação ao meio urbano que apresenta, entre outros, temperaturas mais elevadas, particularmente nas áreas de elevados índices de construção e desprovidas de cobertura vegetal [16].

O desmatamento descrito está associado ao aumento do risco de morbidade e mortalidade infantil, por exemplo. A perda de floresta densa foi associada à malária, febre e infecção respiratória em crianças, e está ainda relacionada às perturbações nos ciclos de regulação da água, envolvendo o aumento da carga microbiana e do risco de diarreia nas comunidades a jusante [17,18].

O processo de urbanização também está relacionado às mudanças climáticas que envolvem o risco principalmente de doenças infecciosas transmitidas por vetores como artrópodes, tais como

dengue, malária, febre amarela, zika, chikungunya, doença de Chagas etc. Vários são os fatores provenientes da urbanização já conhecidos por interagirem com infecções emergentes, como mudanças no uso da terra, desmatamento massivo de florestas tropicais e fragmentação de áreas florestais. O contato entre os animais selvagens, comunidades isoladas, animais domésticos e pessoas em regiões sob desmatamento induzem o surgimento de novas doenças infecciosas [18].

Além das questões ambientais envolvidas na urbanização, há também o modelo de produção moderno que faz com que o crescimento populacional aconteça associado com o aumento da debilidade da saúde, que não está relacionada somente com a medicina. Vários fatores para o prejuízo da saúde têm sido identificados, como o aumento do sedentarismo na população, aumento dos níveis de estresse mental relacionado à vida urbana e às práticas de trabalho, além da perigosa poluição ambiental [7].

A forte redução de grandes áreas de floresta está relacionada ao aumento na taxa de mortalidade relacionada a doenças cardiovasculares e doenças do aparelho respiratório [19]. Também já foi estudada a relação entre a porcentagem de floresta e a taxa de mortalidade por câncer de pulmão, mama, colo do útero, próstata, rim e intestino [8].

Mesmo com a crescente evidência e conhecimento sobre os benefícios das áreas verdes para a saúde, as grandes cidades são ameaçadas pela construção intensiva e outras mudanças no uso da terra. O conhecimento sobre os impactos positivos das áreas verdes na saúde precisa ser mais bem integrado na política de uso da terra e planejamento, a fim de preservar o verde perto de habitações [1].

Dessa forma, ao se pensar na qualidade de vida em áreas urbanas é necessário considerar a acessibilidade e a preocupação com a infraestrutura pública de locais como praças, com áreas de lazer para a população, espaços com vegetação arbórea e arbustiva, solo sem edificações. Estes locais são importantes ainda pela diversificação do ecossistema, conforto térmico, atenuação de ruídos, renovação do oxigênio, podendo assim atrair pássaros e outros animais, além de diminuir o risco de inundações e melhorar a qualidade de vida das pessoas que habitam nas redondezas [20].

13.4. Visitas às florestas urbanas e a saúde física e mental

No contexto urbano desflorestado, como apresentado anteriormente, uma vasta quantidade de pesquisas mostra que as visitas às florestas promovem tanto a saúde física quanto a saúde mental [1]. Elas trazem mudanças na atividade do sistema nervoso autônomo, o que melhora a frequência cardíaca, além de promover redução nas atividades simpáticas do sistema nervoso, que prepara o corpo para aumentar os níveis de atividade física e diminuir as reservas de energia, ao mesmo tempo que promovem um aumento de atividades parassimpáticas, associadas aos processos restaurativos e regenerativos do corpo [8,21,22].

Essas visitas podem contribuir para a redução da pressão arterial e levar à queda no cortisol salivar, indicando redução de estresse [8,23-25]. Da mesma forma, um ambiente de floresta, mesmo que virtual, afeta a recuperação do estresse. Assim, a reprodução do ruído natural representa um fator-chave na recuperação da atividade neurológica e, ao fazê-lo, contribui para reduzir a resposta fisiológica ao estresse [8,26].

Visitar bosques pode aumentar emoções positivas (como vigor, descanso e dinamismo) e reduzir a quantidade de emoções negativas (como fadiga, irritação e desânimo) [24,25,27]. Após visitas às florestas, estudos mostram que as pessoas relatam se sentirem menos preocupadas, menos inseguras e menos tensas [8,28].

A ação de ver a paisagem e dar um passeio na floresta é mais relaxante quando comparada às visitas por paisagens urbanas [21,22]. Estudos sugerem que os efeitos positivos sobre o humor dependem particularmente de características específicas das paisagens e menos das atividades realizadas [8]. Mesmo uma curta visita a uma floresta tem efeito positivo sobre a fadiga e a exaustão, e está ligada à restauração [29], assim como a melhora nos sintomas depressivos. A floresta pode ser utilizada como cenário para intervenções terapêuticas visando ao aprimoramento cognitivo e comportamental, além de tratamento de dependência química [30-32].

Visitas à floresta também podem fortalecer o sistema imunológico humano, uma vez que aumentam a atividade das células NK (do inglês *Natural Killer*), que fazem parte do sistema imunológico. Como estas células podem matar células tumorais, liberando proteínas anticâncer, podemos dizer que visitas à floresta podem ter um efeito preventivo na gênese e no desenvolvimento do câncer [32].

Esses dados sugerem que a existência de programas que promovam a preservação e visitas em áreas de reservas ambientais pode contribuir fortemente para a saúde pública. Esses programas podem envolver passeios ou aulas práticas para estudantes de diferentes níveis de escolaridade com o intuito de promover educação nas áreas de ciências biológicas, geológicas, meio ambiente, física etc., e ao cumprir com bases curriculares, esses conteúdos também estarão associados à compreensão de promoção da saúde humana. Deve ser papel de uma sociedade instruída educar seus filhos sobre como promover a própria saúde.

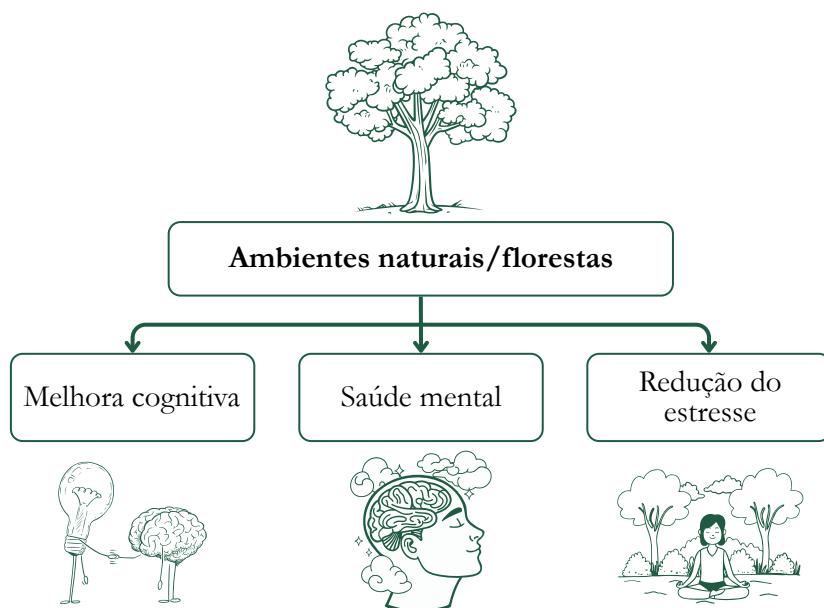
A região Norte possui uma ampla área de reserva que pode ser utilizada de forma consciente e respeitosa para este fim, exemplos incluem a Floresta Nacional de Carajás (no Pará), a Floresta Nacional de Roraima ou mesmo as regiões de Mangue nas redondezas de Curuçá (nordeste do Pará). O importante é que se faz necessário promover a agregação humana com os ambientes naturais.

13.5. Arborização urbana e saúde, um laço que não pode ser desatado

Além das regiões de reservas, os espaços verdes dentro dos ambientes urbanos também exercem fundamental peso para a qualidade de vida. A infraestrutura verde pode ser definida como uma rede de espaços verdes interconectados que conservam valores naturais de um ecossistema e que provêm benefícios às populações humanas. Pode ser composta por parques, florestas, praças, hortas comunitárias e outras formas de paisagens naturais públicas ou privadas. Nas cidades, incluem-se também a arborização urbana e os tetos verdes [16].

O potencial dos espaços naturais e verdes na melhoria da saúde humana foi reconhecido e não pode ser desatrelado [1,25,33-39]. Ambientes florestais promovem melhoria nas habilidades mentais e na saúde física de várias maneiras. As florestas ajudam na redução do estresse e na recuperação de esgotamento e depressão, e melhoram fortemente tanto aspectos psicológicos quanto promovem reabilitação física (Figura 2) [40].

Figura 13.2 – Esquema representativo dos benefícios dos ambientes naturais na saúde humana.



Fonte: Autores; Zabotto Ambiental.

A arborização urbana melhora também a qualidade do ar, reduz o uso de energia para resfriamento e aquecimento, e torna os ambientes urbanos esteticamente mais atrativos [11,41]. As áreas verdes também podem ajudar no estabelecimento de identidade pessoal e comunitária, e favorecem atividade e participação social [40].

Em uma comparação entre ambientes naturais e não naturais, observou-se que pessoas em ambientes naturais apresentam níveis mais baixos de pressão arterial, menor frequência cardíaca, condutividade da pele e tensão muscular [1,38]. Residentes adultos com árvores próximas e gramados *versus* superfícies externas pavimentadas mostraram melhor funcionamento da atenção e do gerenciamento de vida eficaz, e relataram menos agressão e violência doméstica [19,42,43].

O aumento de 25% na copa das árvores do bairro foi associado à diminuição de ansiedade e estresse [43]. A realização de atividades em ambientes verdes pode reduzir ainda sintomas de transtorno de déficit de atenção e hiperatividade em crianças [1,37]. Comparando visitas a espaços construídos e espaços verdes, parques urbanos e ambientes florestais tiveram semelhante influência positiva nas medidas de cortisol, mas os efeitos restauradores percebidos foram maiores em uma floresta [43].

O acesso a visualizações de ambientes naturais (por exemplo, de uma casa ou de uma cama de hospital) reduz a criminalidade e a agressividade, além de melhorar a recuperação de cirurgias, dentre outros benefícios. Outra informação importante é que as árvores que afetam mais as pessoas geralmente são aquelas com as quais elas podem ter mais contato (visual ou presença), ou seja, aquelas plantadas ao longo das ruas [41]. No geral, os estudos indicam que árvores altas localizadas em espaços públicos podem reduzir a incidência de vários tipos de crime [43].

A proposta de “Escolas da Floresta” ou “*Forest School*”, escolas caracterizadas pela ausência do espaço construído no formato tradicional e pelo contato direto e intenso com a natureza foi implantada na Suíça, Escócia, Inglaterra, Noruega, Dinamarca, Alemanha, no Japão e nos Estados

Unidos. Nesses locais, verificou-se a ampliação do mundo infantil, as crianças se tornaram mais ativas fisicamente, mais conscientes da sua alimentação, com melhores relações interpessoais e de socialização e mais criatividade [44].

As árvores podem reduzir a exposição aos raios ultravioleta, especialmente árvores maiores com uma fração inferior de céu livre (ou vista do céu). No geral, as árvores ajudam a reduzir os riscos de morbidade e mortalidade relacionadas ao calor e a melhorar o conforto térmico em espaços ao ar livre. Assim, florestas urbanas podem levar a um maior relaxamento e oxigenação do sangue com melhorias para o sistema respiratório e circulatório e promover redução na pressão arterial [45].

Pessoas que vivem em áreas com maior densidade de árvores nas ruas têm uma melhor percepção de saúde, menos condições cardiometabólicas e maior longevidade em comparação com seus pares que vivem em áreas com menor densidade arbórea nas ruas [1,39,41].

Existe um importante impacto das áreas verdes sobre o metabolismo do corpo, e uma das causas é o fato de um ambiente verde ser mais atraente e poder aumentar a motivação para o exercício físico [36]. A cobertura de árvores da vizinhança está associada a níveis mais elevados de caminhada, ciclismo e deslocamento entre adolescentes, bem como níveis de brincadeira entre crianças [43]. O efeito combinado da atividade física na natureza melhora a função cognitiva e o estado de humor [41] e um “banho na floresta” produz sentimentos subjetivos de vigor, recuperação e vitalidade [46].

O desempenho em testes de atenção pode melhorar quando os adultos experimentam paisagens urbanas com árvores, particularmente quando são mais informados sobre as árvores. Ocorre maior aumento no bem-estar mental ao ver árvores e bosques no local de trabalho em comparação com o tempo gasto em espaços abertos ao ar livre [43].

A atividade física em ambientes verdes gera uma série de benefícios para a saúde física e mental, independentemente do nível de intensidade, duração ou tipo de atividade realizada [47]. Os benefícios metabólicos de caminhar em áreas arborizadas incluem a diminuição dos níveis de glicose no sangue em pacientes diabéticos [48].

Em nível populacional, a maior cobertura das copas das árvores da vizinhança foi associada à menor prevalência de sobrepeso e obesidade nas populações, e uma prevalência 12% menor de obesidade em crianças pré-escolares [43,49].

O banho de floresta pode melhorar ainda a função cardiovascular, aumentando a atividade parassimpática, redução da frequência cardíaca e pressão sanguínea, e a atividade simpática [50,51,52]. A exposição a ambientes florestais pode atenuar os sintomas de hipertensão mais do que a exposição a ambientes urbanos, incluindo a redução da pressão arterial e da homocisteína (um fator relacionado a doenças cardiovasculares) em adultos idosos e melhorando a atividade parassimpática e redução da frequência cardíaca entre homens de meia-idade [27,43,51,52].

A morte súbita cardíaca é menos provável em condados americanos com maior porcentagem de floresta [53]. A incidência de doenças cardiovasculares também é menor em bairros com maior densidade de árvores na rua [41]. Como já mencionado, a arborização está relacionada ao aumento do número de células NK e sua atividade, e também está associada à redução dos níveis pró-inflamatórios

[43]. Entre crianças com asma ou dermatite atópica, uma curta visita a uma floresta pode trazer melhoras significativas na gravidade da doença e produzir efeitos imunológicos [54]. Existe também uma relação que demonstra que quanto mais árvores na rua, menor a probabilidade de partos prematuros [55]. Todas essas informações envolvem o verde urbano que pode e deve estar presente em ambientes, como jardins de hospitais, instituições de longa permanência, lares e escolas.

A importância de praças arborizadas, canteiros nas ruas, arborização de meio-fio, presença de bosques urbanos, parques ambientais, enfim, uma ampla gama de verde que integra a saúde e precisa ser associada a todo ambiente humano.

Essas medidas, que à primeira vista podem parecer fúteis ou caras, representam na verdade uma grande economia com gastos em saúde pública, além de poupar gastos emocionais com perdas e doenças precoces.

13.6. Estímulos físicos de ambientes arborizados e o bom funcionamento do organismo

Como descrito por todos esses estudos anteriores, a arborização urbana pode contribuir com a saúde e o bem-estar dentro de três aspectos: capacidade de gerar transformação na relação entre as pessoas e o ambiente arborizado; favorecer melhores hábitos de vida; favorecer melhoras físicas, ambientais, psicológicas e sociais que envolvem efeitos físicos e mentais, individuais e populacionais [7].

Mas como relacionar aspectos tão físicos com condições biológicas? Tomemos a miopia como exemplo, essa é a mais comum desordem ocular e a principal causa de piora da função visual. A miopia é reconhecida como um problema significativo de saúde pública global que afetará bilhões de pessoas nas próximas décadas, e que levanta uma necessidade emergencial de realizar ações preventivas para o surgimento, progressão e manejo terapêutico de suas complicações.

Raios luminosos vindos de objetos distantes dos olhos ao se encontrarem com eles sofrem ação das várias lentes do olho humano e são convergidos para focar sobre a retina, camada mais interna do olho. As pessoas nascem com um olho pequeno, mas o poder refrativo do sistema de lentes do nosso olho converge os raios luminosos para um ponto virtual atrás da retina do recém-nascido.

Com o crescimento do bebê, o olho também cresce levando a retina na direção do ponto focal do sistema óptico ocular. Quando o olho cresce a ponto de ter o foco do sistema de lentes exatamente em cima da retina, ele deveria parar de crescer. Quando isso acontece, diz-se que o olho é emétrope. No entanto, em muitos casos, o olho continua crescendo e a retina progressivamente se afasta do foco das lentes oculares e diz-se que o olho fica míope por isso. A imagem formada fora do foco parece borrada para o observador.

O olho míope é grande quando comparado ao olho emétrope. O motivo da não parada do crescimento ocular no momento em que a retina está no foco do sistema óptico das lentes oculares não é bem esclarecido, mas parece depender da qualidade da imagem que chega até a retina e de fatores genéticos e ambientais.

Entre várias abordagens para buscar evitar o desenvolvimento da miopia, existe uma que vem ganhando cada vez mais espaço na literatura científica por ser um método barato e não invasivo: horas de brincadeira em ambientes abertos. Uma série de estudos identificaram que o tempo que as crianças passam em ambientes abertos exerce ação protetora sobre o desenvolvimento da miopia [56-61].

Um outro estudo identificou que o tempo gasto em ambientes abertos diminuía o número de casos de miopia [62]. Nesse, os pesquisadores acompanharam um grupo de estudantes em idade escolar por 3 anos e acompanharam a progressão de suas miopias dentro do período. Eles observaram que a miopia tinha progredido mais entre as meninas que entre os meninos. Dentre os fatores mais importantes que explicavam de maneira diretamente proporcional a progressão da miopia nas meninas, estavam o tempo de leitura e trabalho em ambientes internos, bem como a distância de leitura, enquanto entre os meninos foi observado que a progressão era explicada de maneira inversamente proporcional pelo tempo que gastavam com esportes e em ambientes externos abertos.

Em 2002, foi realizado o primeiro grande estudo populacional para investigar a influência de fatores ambientais e genéticos sobre o desenvolvimento da miopia [56]. Eles observaram que crianças míopes estavam menos engajadas em atividades esportivas.

Os trabalhos que vieram em seguida foram fortalecendo o papel do tempo gasto em ambiente externo aberto na prevenção da miopia. Em estudo acompanhando 514 crianças entre 1989 e 2001, foram avaliados fatores que pudessem estar associados ao desenvolvimento da miopia [57]. Os pesquisadores constataram que 111 crianças dentre as participantes se tornaram míopes no período do estudo. Crianças com dois pais míopes tinham mais chances de se tornar míopes e o número de horas de atividades esportivas ou em ambiente aberto levava a menores chances do desenvolvimento da miopia. Horas na frente da TV ou do *videogame* não tiveram efeitos significativos sobre o desenvolvimento da miopia. Outros autores investigaram especificamente a associação entre a progressão da miopia e o tempo gasto em ambientes abertos e em várias atividades visuais. Eles avaliaram como os fatores ambientais poderiam influenciar a progressão da miopia já instalada. Foi observado que o número de horas de atividade física não tinha efeito significativo sobre a progressão da miopia, indicando o possível papel preventivo da atividade física sobre a instalação da miopia, mas não terapêutico uma vez instalada a desordem [63].

A relação do tempo gasto em atividades de curta distância (desenho, dever de casa, leitura, uso de dispositivos móveis), média distância (assistir à TV, jogar *videogame* e usar computador), em ambiente aberto (brincadeiras, piqueniques, caminhadas, ciclismo, atividades esportivas), e atividades esportivas em ambientes fechados no desenvolvimento de miopia em crianças de 6 e 12 anos de idade em um período de 3 anos também foram avaliadas. Os achados mostraram que mais que a realização da atividade esportiva, o importante é que a criança realize qualquer atividade em ambiente aberto para ter o efeito protetivo à miopia. A realização de atividades esportivas em ambiente fechado não esteve associada à menor prevalência de miopia [58].

13.7. E por que a exposição ao ar livre é um fator protetor ao desenvolvimento da miopia?

Desde os primeiros resultados sobre os efeitos do tempo de atividades em ambientes abertos sobre os valores de prevalência de miopia de crianças, tem-se buscado entender qual ou quais fatores das atividades em ambiente aberto seriam fundamentais para influenciar o controle do crescimento correto do olho.

Outro estudo buscou levantar a suspeita de que esse achado fosse devido ao fato de as crianças míopes serem introspectas ou que fosse difícil realizar atividades esportivas usando óculos

[62]. Foi também levantada a hipótese que as crianças ao realizarem mais tempo de atividades esportivas diminuiriam o número de atividades dentro de casa como leituras ou deveres de casa. Outra hipótese era de que a atividade física exerceria um efeito negativo sobre o crescimento do olho em razão do aumento do fluxo sanguíneo na região. No entanto, foi demonstrado que a realização de atividade física pouco altera o fluxo sanguíneo coroidal, e que o aumento do fluxo coroidal também não tinha efeito significativo sobre o alongamento axial do olho [64,65].

Dentre várias possíveis explicações para esse efeito protetor das atividades em ambientes abertos sobre o desenvolvimento de miopia, um mecanismo que tem ganhado força na literatura é a exposição a altos níveis de intensidade luminosa, mais comum em ambientes abertos que em ambientes fechados [58]. Alguns autores sugeriram que os altos níveis de intensidade luminosa mediavam uma liberação de dopamina na retina [66]. Essa liberação de dopamina mediada pelo estímulo luminoso já é conhecida como um fator que reduz o alongamento axial do olho [67,68] e é sabido que a dopamina tem alta síntese e liberação na retina durante o dia e menor à noite [66]. O uso de agonistas de dopamina também está envolvido na lentificação do desenvolvimento da miopia experimental em animais [67].

13.8. Considerações finais

É importante salientar que nem todas as pessoas percebem os ambientes naturais como terapêuticos, e que as florestas também podem ser percebidas como ameaçadoras e lugares estranhos que podem causar ansiedade e incerteza, isso vai depender das experiências com a natureza na infância [69,70]. Porém, não há dúvidas sobre a extensa amplitude de benefícios que a arborização urbana traz para a saúde pública. Dessa maneira, a arborização urbana precisa fazer parte das preocupações sociopolíticas ao se planejar a saúde pública.

Ainda há muito a ser feito de modo a melhorar a qualidade de vida da população, pois o conceito de conforto ambiental envolvendo a qualidade de vida é restrito a pequenos grupos de discussão e precisa alcançar os órgãos executores do planejamento público e as iniciativas privadas. Em face do exposto, as cidades precisam se adequar e incorporar na sua gestão ambiental programas de arborização para a obtenção de um ambiente urbano mais agradável em todos os aspectos por meio de uma ambição individual e coletiva.

13.9. Referências

- [1] Karjalainen E, Sarjala T, Raitio H. Promoting human health through forests: overview and major challenges. *Environ Health Prev Med.* 2010;15(1):1-8.
- [2] Colfer C, Sheil D, Kishi M. Forests and human health: assessing the evidence. CIFOR Occasional Paper. 2006;(45).
- [3] Holmbom B, Willför S, Hemming J, Pietarinen S, Nisula L, Eklund P, Sjöholm R. Knots in trees: a rich source of bioactive polyphenols. In: Argyropoulos DS, editor. ACS Symposium Series. Washington, DC: American Chemical Society; 2007. p. 350-62.
- [4] Moutsatsou P. The spectrum of phytoestrogens in nature: our knowledge is expanding. *Hormones (Athens).* 2007;6(3):173-93.

- [5] Cunningham AB, Shanley P, Laird S. Health, habitats and medicinal plant use. In: Colfer C, editor. Human health and forests: a global overview of issues, practice and policy. London: Earthscan; 2008. p. 35-62.
- [6] Butler C. Human health and forests: an overview. In: Colfer C, editor. Human health and forests: a global overview of issues, practice and policy. London: Earthscan; 2008. p. 13-33.
- [7] Nilsson K, Sangster M, Konijnendijk CC. Forests, trees and human health and well-being: introduction. In: Nilsson K, Sangster M, Gallis C, de Vries S, Seeland K, Schipperijn J, editors. Forests, trees and human health. Dordrecht: Springer; 2011. p. 1-19.
- [8] Cervinka R, Hölzge J, Pirgie L, Schwab M, Sudkamp J, Haluza D, et al. Green public health – benefits of woodlands on human health and well-being. Vienna: Bundesforschungszentrum für Wald (BFW); 2014.
- [9] Morita E, Imai M, Okawa M, Miyaura T, Miyazaki S. A before and after comparison of the effects of forest walking on the sleep of a community-based sample of people with sleep complaints. *Biopsychosoc Med*. 2011;5:13.
- [10] Sonntag-Öström E, Nordin M, Järholm LS, Lundell Y, Brännström R, Dolling A. Can the boreal forest be used for rehabilitation and recovery from stress-related exhaustion? A pilot study. *Scand J Forest Res*. 2011;26(3):245-56.
- [11] Nowak DJ, Hirabayashi S, Bodine A, Greenfield E. Tree and forest effects on air quality and human health in the United States. *Environ Pollut*. 2014;193:119-29.
- [12] Souza SM, Cardoso AL, Silva AG. Estudo da percepção da população sobre a arborização urbana no município de Alegre-ES. *Rev Soc Bras Arborização Urbana*. 2013;8(2):68-85.
- [13] Silva RR, Bacha CJC. Acessibilidade e aglomerações na Região Norte do Brasil sob o enfoque da nova Geografia Econômica. *Nova Econ*. 2014;24(1):169-90.
- [14] Giatti LL, Freitas CM, Desmoulière SJM, Medeiros MS, Costa e Silva MB, da Silva Neto AL. Manaus: uma análise ecossistêmica por meio de indicadores de sustentabilidade ambiental e de saúde. In: Silveira CB, Fernandes TM, Pellegrini B, eds. Cidades saudáveis? Alguns olhares sobre o tema. Rio de Janeiro: FIOCRUZ; 2014. p. 134-64. ISBN: 978-85-7541-529-0.
- [15] Patz JA, Daszak P, Tabor GM, Aguirre AA, Pearl M, Epstein J, et al.; Working Group on Land Use Change and Disease Emergence. Unhealthy landscapes: policy recommendations on land use change and infectious disease emergence. *Environ Health Perspect*. 2004; 112(10):1092-8.
- [16] Martelli A. Arborização urbana *versus* qualidade de vida no ambiente construído. *Rev Cient Fac Saber*. 2016;1(2):133-42.
- [17] Pienkowski T, Dickens BL, Sun H, Carrasco LR. Empirical evidence of the public health benefits of tropical forest conservation in Cambodia: a generalised linear mixed-effects model analysis. *Lancet Planet Health*. 2017;1(5):e180-7.
- [18] Guégan JF, Ayoub A, Cappelle J, Thoisy B. Forests and emerging infectious diseases: unleashing the beast within. *Preprints*. 2020;202008.
- [19] Donovan GH, Butry DT, Michael YL, Prestemon JP, Liebhold AM, Gatzolis D, et al. The relationship between trees and human health: evidence from the spread of the emerald ash borer. *Am J Prev Med*. 2013;44(2):139-45.
- [20] Gonçalves LM, Monteiro PHS, Santos LS, Maia NJC, Rosal LF. Arborização urbana: a importância do seu planejamento para qualidade de vida nas cidades. *Ensaio Ciênc*. 2018; 22(2):128-36.

- [21] Lee J, Park BJ, Tsunetsugu Y, Ohira T, Kagawa T, Miyazaki Y. Effect of forest bathing on physiological and psychological responses in young Japanese male subjects. *Public Health*. 2011;125(2):93-100.
- [22] Tsunetsugu Y, Lee J, Park BJ, Tyrväinen L, Kagawa T, Miyazaki Y. Physiological and psychological effects of viewing urban forest landscapes assessed by multiple measurements. *Landsc Urban Plan*. 2013;113:90-3.
- [23] Beil K, Hanes D. The influence of urban natural and built environments on physiological and psychological measures of stress: a pilot study. *Int J Environ Res Public Health*. 2013; 10(4):1250-63.
- [24] Lee J, Park BJ, Tsunetsugu Y, Kagawa T, Miyazaki Y. Restorative effects of viewing real forest landscapes, based on a comparison with urban landscapes. *Scand J Forest Res*. 2009;24(3):227-34.
- [25] Tsunetsugu Y, Park BJ, Miyazaki Y. Trends in research related to “Shinrin-yoku” (taking in the forest atmosphere or forest bathing) in Japan. *Environ Health Prev Med*. 2010; 15(1):27-37.
- [26] Annerstedt M, Jönsson P, Wallergård M, Johansson G, Karlson B, Grahn P, et al. Inducing physiological stress recovery with sounds of nature in a virtual reality forest: results from a pilot study. *Physiol Behav*. 2013;118:240-6.
- [27] Mao GX, Cao YB, Lan XG, He ZH, Chen ZM, Wang YZ, et al. Therapeutic effect of forest bathing on human hypertension in the elderly. *J Cardiol*. 2012;60(6):495-502.
- [28] Matsunaga K, Park BJ, Miyazaki Y. Determination of subjective relaxation effects of a hospital rooftop forest on healthcare workers: using POMS and STAI-Form JYZ. *Jpn Soc Balneol Climatol Phys Med*. 2011;74(3):186-98.
- [29] Shin WS, Yeoun PS, Yoo RW, Shin CS. Forest experience and psychological health benefits: the state of the art and future prospect in Korea. *Environ Health Prev Med*. 2010;15(1):38-47.
- [30] Bowler DE, Buyung-Ali LM, Knight TM, Pullin AS. A systematic review of evidence for the added benefits to health of exposure to natural environments. *BMC Public Health*. 2010;10:456.
- [31] Shin WS, Shin CS, Yeoun PS. The influence of forest therapy camp on depression in alcoholics. *Environ Health Prev Med*. 2012;17(1):73-6.
- [32] Li Q, Morimoto K, Kobayashi M, Inagaki H, Katsumata M, Hirata Y, et al. Visiting a forest, but not a city, increases human natural killer activity and expression of anti-cancer proteins. *Int J Immunopathol Pharmacol*. 2008;21(1):117-27.
- [33] Nilsson K, Baines C, Konijnendijk CC. Final report of the COST Strategic Workshop on Health and the Natural Outdoors. Larnaca, Cyprus: COST Association; 2007. [acesso 17 set. 2021]. Disponível em: <https://www.cost.eu/publication/cost-strategic-workshop-health-and-the-natural-outdoors-final-report/>
- [34] Björk J, Albin M, Grahn P, Jacobsson H, Ardö J, Wadbro J, et al. Recreational values of the natural environment in relation to neighbourhood satisfaction, physical activity, obesity and wellbeing. *J Epidemiol Community Health*. 2008;62(4):1-7.
- [35] Hartig T, Staats H. The need for psychological restoration as a determinant of environmental preferences. *J Environ Psychol*. 2006;26(3):215-26.
- [36] Health Council of the Netherlands; Dutch Advisory Council for Research on Spatial Planning, Nature and the Environment. Nature and health: the influence of nature on social,

- psychological and physical well-being. The Hague: Health Council of the Netherlands and RMNO; 2004.
- [37] Kuo FE, Taylor AF. A potential natural treatment for attention-deficit/hyperactivity disorder: evidence from a national study. *Am J Public Health*. 2004;94(9):1580-6.
 - [38] Laumann K, Gärling T, Stormark KM. Selective attention and heart rate responses to natural and urban environments. *J Environ Psychol*. 2003;23(2):117-28.
 - [39] Maas J, Verheij RA, Groenewegen PP, de Vries S, Spreeuwenberg P. Green space, urbanity, and health: how strong is the relation? *J Epidemiol Community Health*. 2006;60(7):587-92.
 - [40] Irvine KN, Warber SL. Greening healthcare: practicing as if the natural environment really mattered. *Altern Ther Health Med*. 2002;8(5):76-83.
 - [41] Kardan O, Gozdyra P, Misic B, Moola F, Palmer LJ, Paus T, et al. Neighborhood greenspace and health in a large urban center. *Sci Rep*. 2015;5:11610.
 - [42] Sung J, Woo JM, Kim W, Lim SK, Chung EJ. The effect of cognitive behavior therapy-based “forest therapy” program on blood pressure, salivary cortisol level, and quality of life in elderly hypertensive patients. *Clin Exp Hypertens*. 2012;34(1):1-7.
 - [43] Wolf KL, Lam ST, McKeen JK, Richardson GRA, van den Bosch M, Bardekjian AC. Urban trees and human health: a scoping review. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(12):4371.
 - [44] Cocito RP. A natureza como espaço educacional: oportunidades para a infância. *Colloq Humanarum*. 2016;13:94-100.
 - [45] Song X, Li H, Li C, Xu J, Hu D. Effects of VOCs from leaves of *Acer truncatum* Bunge and *Cedrus deodara* on human physiology and psychology. *Urban For Urban Green*. 2016; 19(1):29-34.
 - [46] Tarar G., et al. The effect of urban tree canopy cover and vegetation levels on incidence of stress-related illnesses in humans in metropolitan statistical areas of Texas. *HortTechnology*. 2015;25(1):76-84.
 - [47] Pretty J. Nature and green exercise: recent evidence on benefits to mental and physical health. In: Gallis C, editor. *Forests, trees, and human health and well-being*. Proceedings of the 1st European COST E39 Conference; 2005. p. 21-48.
 - [48] Ohtsuka Y, Yabunaka N, Takayama S. Shinrin-yoku (forest-air bathing and walking) effectively decreases blood glucose levels in diabetic patients. *Int J Biometeorol*. 1998;41(3):125-7.
 - [49] Ulmer JM, Wolf KL, Backman DR, Tretheway RL, Blain CJ, O’Neil-Dunne JP, et al. Multiple health benefits of urban tree canopy: the mounting evidence for a green prescription. *Health Place*. 2016;42:54-62.
 - [50] Lee J, Tsunetsugu Y, Takayama N, Park BJ, Li Q, Song C, et al. Influence of forest therapy on cardiovascular relaxation in young adults. *Evid Based Complement Alternat Med*. 2014; 2014:834360.
 - [51] Song C, Ikei H, Kobayashi M, Miura T, Li Q, Kagawa T, et al. Effects of viewing forest landscape on middle-aged hypertensive men. *Urban For Urban Green*. 2017;21:247-52.
 - [52] Park BJ, Tsunetsugu Y, Kasetani T, Hirano H, Kagawa T, Sato M, et al. Physiological effects of Shinrin-yoku (taking in the atmosphere of the forest): using salivary cortisol and cerebral activity as indicators. *J Physiol Anthropol*. 2007;26(2):123-8.
 - [53] Wu J, Rappazzo KM, Simpson RJ Jr, Joodi G, Pursell IW, Mounsey JP, et al. Exploring links between greenspace and sudden unexpected death: a spatial analysis. *Environ Int*. 2018; 113:114-21.

- [54] Seo SC, Park SJ, Park CW, Yoon WS, Choung JT, Yoo Y. Clinical and immunological effects of a forest trip in children with asthma and atopic dermatitis. *Iran J Allergy Asthma Immunol.* 2015;14(1):28-36.
- [55] Abelt K, McLafferty S. Green streets: urban green and birth outcomes. *Int J Environ Res Public Health.* 2017;14(7):771.
- [56] Mutti DO, Mitchell GL, Moeschberger ML, et al. Parental myopia, near work, school achievement, and children's refractive error. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2002;43:3633-40.
- [57] Jones LA, Sinnott LT, Mutti DO, et al. Parental history of myopia, sports and outdoor activities, and future myopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2007;48:3524-32.
- [58] Rose KA, Morgan IG, Smith W, et al. Myopia, lifestyle, and schooling in students of Chinese ethnicity in Singapore and Sydney. *Arch Ophthalmol.* 2008;126:527-30.
- [59] Dirani M, Tong L, Gazzard G, et al. Outdoor activity and myopia in Singapore teenage children. *Br J Ophthalmol.* 2009;93:997-1000.
- [60] Jones-Jordan LA, Sinnott LT, Cotter SA, Kleinstein RN, Manny RE, Mutti DO, et al. Time outdoors, visual activity, and myopia progression in juvenile-onset myopes. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2012;53(11):7169-75.
- [61] French AN, Ashby RS, Morgan IG, Rose KA. Time outdoors and the prevention of myopia. *Exp Eye Res.* 2013;114:58-68.
- [62] Pärssinen O, Lyyra AL. Myopia and myopic progression among schoolchildren: a three-year follow-up study. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 1993;34(9):2794-802.
- [63] Reiner A, Shih YF, Fitzgerald ME. The relationship of choroidal blood flow and accommodation to the control of ocular growth. *Vision Res.* 1995;35(9):1227-35.
- [64] Lovasik JV, Kergoat H, Riva CE, Petrig BL, Geiser M. Choroidal blood flow during exercise-induced changes in the ocular perfusion pressure. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2003;44(5):2126-32.
- [65] Megaw PL, Morgan IG, Boelen MK. Dopaminergic behaviour in chicken retina and the effect of form deprivation. *Aust N Z J Ophthalmol.* 1997;25 Suppl 1:S76-8.
- [66] Megaw PL, Boelen MG, Morgan IG, Boelen MK. Diurnal patterns of dopamine release in chicken retina. *Neurochem Int.* 2006;48(1):17-23.
- [67] Iuvone PM, Tigges M, Stone RA, Lambert S, Laties AM. Effects of apomorphine, a dopamine receptor agonist, on ocular refraction and axial elongation in a primate model of myopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 1991;32(5):1674-7.
- [68] McCarthy D, Lueras P, Bhidé PG. Elevated dopamine levels during gestation produce region-specific decreases in neurogenesis and subtle deficits in neuronal numbers. *Brain Res.* 2007;1182:11-25.
- [69] Milligan C, Bingley A. Restorative places or scary spaces? The impact of woodland on the mental well-being of young adults. *Health Place.* 2007;13(4):799-809.
- [70] Korpela KM, Ylén M, Tyrväinen L, Silvennoinen H. Determinants of restorative experiences in everyday favorite places. *Health Place.* 2008;14(4):636-

Capítulo 14

EDUCAÇÃO AMBIENTAL E BIODIVERSIDADE NA ARBORIZAÇÃO URBANA

Por Jackson Fernando Rêgo Matos e Franciane Aguiar Santana Matos

14.1. Destaques deste capítulo

1. A educação ambiental tem grande contribuição para a arborização urbana na região Norte, em diálogo com mudanças climáticas e saberes tradicionais;
2. A região Norte corresponde a 59% do território brasileiro, abrange 772 cidades e apresenta cinco macrozonas distintas, com alta diversidade e complexidade socioambiental;
3. O modelo eurocêntrico de urbanização introduziu espécies exóticas e desconsiderou as formas ameríndias de organização territorial, influenciando até hoje o desenho urbano;
4. São necessárias políticas públicas que reconheçam populações tradicionais como protagonistas, valorizando sua identidade cultural e propondo estratégias de corredores verdes e integração com rios, lagos e igarapés.

14.2. Introdução

Na região Norte do país, a sociedade está cada vez mais envolvida com as novas tecnologias e com cenários artificiais urbanos e rurais advindos do crescimento e desenvolvimento atual, afastando-se de uma relação mais próxima com a natureza, suas culturas e tradições. Este é um fato contemporâneo que chega com muita intensidade em todo o mundo global. Entretanto, não se pode ignorar os malefícios para o ambiente e a própria saúde humana e ambiental, sendo necessários grandes planos para a transformação e interação com os ambientes, principalmente que as populações vejam a natureza como meio de vida e não mais como meio ambiente. Por exemplo, para o povo indígena Achuar, no Peru e Equador, as plantas e os animais são parceiros sociais e não uma natureza externa [1].

Acrescente-se a isso a poluição do ar e da água, a grande quantidade de lixo gerada nas cidades e os desmatamentos ocasionados pela expansão urbana, o uso desordenado do meio rural e os problemas advindos das mudanças climáticas, que evoluem para um quadro quase irreversível, com grande desconforto não só para as populações urbanas, mas também para as rurais e suas populações, incluindo as espécies animais e vegetais [2]. O aquecimento global pode fugir do controle

humano. O limite de 1,5 °C acima da temperatura média global pré-industrial já foi excedido em 2024, e esse limite se aplica tanto ao sistema climático global quanto à Floresta Amazônica [3].

No contexto da arborização das cidades, tem-se observado que a falta de conhecimento sobre os problemas advindos da introdução de espécies vegetais e animais, árvores como a asiática nim (*Azadirachta indica*) e as espécies de abelhas com ferrão africanas (*Apis mellifera*) e italianas (*Apis mellifera ligustica*) vêm causando inúmeros casos de ameaças às abelhas nativas, as melíponas, sendo, portanto, um agravante para a biodiversidade amazônica.

Os estudos e debates ambientais aqui analisados buscam estimular gestores municipais, técnicos e tomadores de decisão a refletirem sobre a complexidade do meio ambiente e sobre as consequências das interações entre aspectos biológicos, físicos, sociais e culturais. A incorporação da educação ambiental, aliada a um uso mais consciente dos recursos naturais, pode favorecer a participação da população de forma mais responsável e eficaz. Essa participação é essencial para reconhecer a urgência de decisões políticas capazes de influenciar positivamente a qualidade do meio natural. Além disso, contribui para o aprimoramento das análises de indicadores sociais e culturais, favorecendo práticas de arborização, a valorização da biodiversidade e, em última instância, a promoção do bem-estar social e econômico das cidades e de suas populações [4].

Para gerar estes debates no ambiente urbano, a educação ambiental é fundamental para a introdução de uma política séria no que diz respeito à diversidade e densidade da arborização urbana, observando a intenção, a ação e o resultado. As atividades de educação ambiental sobre arborização urbana têm diversos aspectos benéficos que podem ser usados pelos indivíduos que estão recebendo o aprendizado, tanto formalmente como informalmente, tanto no Ensino Fundamental como no Ensino Superior. Diante das drásticas influências de aplicativos e da inteligência artificial, a socialização em ambientes verdes, como escolas da floresta, corredores, praças, parques e áreas com árvores, traz maior nível de satisfação, socialização e felicidade. Assim, é necessário ter estratégias para além da arborização, incluindo a bioeconomia, a recuperação de áreas e espaços e interação de saberes em escolas da floresta ou da natureza, levando a práticas e vivências reais.

Nesse sentido, faz-se cada vez mais urgente a compreensão dos benefícios que as árvores proporcionam para a melhoria na qualidade de vida, uma vez que elas têm papel significativo na minimização dos variados tipos de poluições tanto físicos e biológicos, assim como os benefícios diretos na saúde e nos aspectos psicológicos e também espirituais, além do conforto térmico e a evidente proteção contra enchentes e enxurradas, como as ocorridas em quase todas as cidades do estado do Rio Grande do Sul, em 2024, no sul do Brasil e de outros países.

Por meio da fotossíntese, as árvores absorvem o gás carbônico da atmosfera e emitem oxigênio, sendo, portanto, essenciais ao processo de absorção de carbono. Na região Norte do país, reduzem o efeito negativo do calor em dias de sol escaldante, disponibilizam abrigo e alimento às aves, que são importantes aliadas no controle de insetos que podem ser vetores de doenças nas cidades. Para uma maior compreensão da importância das árvores e da floresta, faz-se necessário ouvir os ensinamentos ancestrais do xamã David Kopenawa Yanomami: “*Në rope é o valor de fertilidade que a torna viva e lhe propicia abundância*” [5]. Isto representa o valor transcendente das árvores e das espécies, muitas delas sagradas nos territórios.

Uma cidade bem arborizada apresenta um clima melhor, mais agradável, aprazível e saudável para se viver [2]. Isto já é bem explicado, mas faz-se necessário incluir em nossos estudos outros

elementos nem tão novos, mas que se tornam sempre mais relevantes devido ao próprio lugar de fala, hoje advindo das populações indígenas e de antropólogos que trazem a visão do perspectivismo ameríndio, explicitando a própria visão da árvore, da natureza e das próprias causas das mudanças climáticas, que se aceleram muito rapidamente. Isto faz ser necessário aprender a respeitar o conhecimento do xamã e dos saberes locais. “*Yãkoana significa desde que meus olhos saibam morrer sob seu poder, eu também posso ver sua imagem, que chamamos ne’roperi. Ela é a verdadeira dona da floresta e sabe ser generosa.*” [5].

Destaca-se que a conservação e a qualidade ambiental no meio urbano são de responsabilidade de diversos órgãos governamentais, abrangendo as esferas federal, estadual, municipal, entidades privadas ou comunitárias, devendo ser regidas por legislações ambientais servindo aos direitos constitucionais [6]. Faz-se necessária uma urgente revisão para que se incluam as visões de nossos ancestrais no planejamento que garanta a diversidade de árvores nas nossas cidades, abrangendo a cosmovisão que é importante para as identidades locais. Este saber nos indica que “*Wahari é sopro de vida úmido. Esse ar frio vem da escuridão do mundo de baixo, de seu grande rio, Motu uri u, e do ser do caos, Xiwáripo. Seu dono é o espírito da floresta, Urihimar. Seu frescor se espalha durante a noite. Durante o dia, assim que o sol fica quente, ele retorna para o chão.*” [5].

Ultimamente, vê-se uma flexibilização da legislação e muitos governantes aproveitaram os ventos da ilegalidade, o que provocou muitos danos, como o visto recentemente em praças e espaços e as grandes queimadas como as da cidade de Santarém, no oeste do Pará, que em 2023 e 2024 foi tomada por grandes incêndios criminosos, causando conflitos que mesmo sendo judicializados favorecem ainda mais a degradação, o racismo ambiental e a injustiça climática. O conhecimento e a prática de ações pautadas no saber indígena darão ao gestor público a visão necessária de argumentos para uma arborização mais ampla e adequada ao combate às mudanças climáticas. “*Esse sopro persiste porque as costas da terra estão cobertas de folhas e protegidas pelas árvores. Isso é a pele da floresta. Se arranca, a umidade vai embora. O orvalho fresco é o líquido que fertiliza as árvores.*” [5].

A educação ambiental, quando se apresenta como uma ação educativa contínua, pela qual a comunidade toma consciência da realidade global, das relações que os homens instituem entre si e com a natureza e das consequências advindas dessas relações, percebe as causas profundas de nossos problemas, podendo desenvolver no indivíduo as habilidades e ações necessárias para uma mudança de pensamento voltada à melhoria no ambiente [2]. Para essa mudança de pensamento, faz-se urgente que tomadores de decisões se importem verdadeiramente com o conhecimento local. Esta forma de pensar trará uma nova caracterização dos espaços, criando praças, ruas e áreas verdes, que observem as formas ameríndias de organização dos espaços e territórios. Assim, tem-se a problematização: de que forma a educação ambiental pode ser pensada no âmbito da arborização urbana na região Norte do Brasil que traga uma nova visão, uma nova conduta, um novo comportamento e familiaridade com as árvores, natureza e espaços e não apenas com o modelo que impõe o cimento e o asfalto?

Tomando como base algumas capitais e cidades da região Norte, localizadas ao longo da BR 163 e da Transamazônica e tendo a cidade de Santarém no oeste do Pará como estudo de caso, reflete-se aqui sobre as estratégias de uma articulação direta com os gestores públicos e o favorecimento da aproximação destes com a cultura e a identidade local, a partir de novos parâmetros para uma educação ambiental que inclua e comprometa os gestores, numa visão comum de futuro mais integral em que as árvores possam cumprir sua importância social, assim como uma nova política de transição que inverta a lógica do agro praticada em cidades, como Novo Progresso (PA)

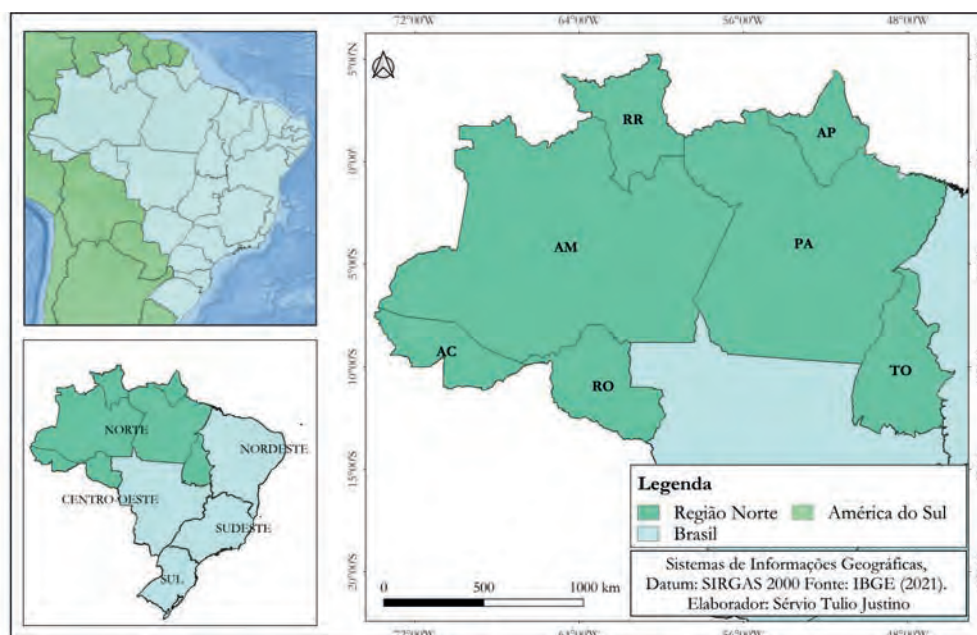
e demais ao longo da BR 163, por uma política de agricultura familiar e agroecológica, que incluía as paisagens em sistema maior com uma gestão integrada da paisagem.

Neste capítulo, são apresentadas as características de algumas cidades da região Norte, em relação à arborização urbana, e como elas se relacionam com a educação ambiental. Foram usadas bases de dados acadêmicas e plataformas de sensoriamento remoto [7], além de observações *in loco* das paisagens urbanas.

14.3. Evidências sobre a educação ambiental e a arborização urbana na região Norte do Brasil

A região Norte (Figura 1) é composta por sete estados: Acre, Amapá, Amazonas, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins, com uma população acima dos 27.500.000 habitantes. Possui 339 Unidades de Conservação e 772 municípios. A maior parte da população concentra-se nas grandes capitais, com poucas cidades médias de até 300.000 habitantes, sendo a maioria das cidades com menos de 100.000 pessoas. A região é um *hotspot* com elevada importância na preservação e gestão da biodiversidade, com uma dimensão sociocultural e territorial de povos tradicionais que inclui indígenas, quilombolas, caboclos, ribeiras e extrativistas [8], sendo uma das regiões mais ricas em termos multiétnicos do planeta, com mais de 200 etnias e línguas diferentes.

Figura 14.1 – Região Norte do Brasil.



Fonte: Sérgio Justino; IBGE; Zabotto Ambiental.

Na região oeste do Pará, devido à forma de ocupação ao longo do tempo, há uma quantidade de cidades com uma completa falta de planejamento urbano e principalmente de sua arborização. No estado do Acre, um estudo buscou compreender a percepção dos residentes da cidade de

Capixaba sobre o meio ambiente urbano. As entrevistas revelaram que os moradores possuem um conhecimento principalmente empírico, mas percebem a natureza como algo próximo ao seu cotidiano. Eles associam a educação ambiental à preservação e reconhecem sua responsabilidade pelos danos causados ao meio ambiente. Além disso, consideram-se no dever de buscar soluções para problemas locais, como desmatamento, queimadas, acúmulo de lixo nas ruas e ausência de saneamento básico. Fica clara a necessidade da implantação de programas voltados para a educação ambiental, que envolva a população local. Para os moradores amostrados, a arborização urbana proporciona ar fresco, produz sombra e fornece benefícios estéticos [9].

Outro estudo realizado no Acre, em Acrelândia, mostrou que o cultivo de árvores em áreas urbanas pode proporcionar benefícios estéticos, sociais, econômicos e ecológicos aos habitantes das cidades. Entretanto, quando ele é feito sem planejamento adequado pode ocasionar numerosos problemas, especialmente nas estruturas adjacentes às árvores. Foram encontradas 375 árvores, 15 famílias botânicas e 25 espécies, sendo *Ficus benjamina* a espécie mais frequente, o que justifica os danos mais frequentes serem causados pelo sistema radicular nas calçadas. Foi observada, nesta cidade, ausência de planejamento e obediência a preceitos técnicos durante a implantação da urbanização, com destaque para o uso em demasia de espécies exóticas, desconsiderando o uso das nativas, existentes nas florestas próximas à cidade, resultando em um local com caráter homogêneo da arborização [10].

Em um outro contexto, considerando as espécies nativas citadas em um trabalho realizado com a intenção de diagnosticar qualitativamente a arborização do *campus* da Universidade Federal do Acre (UFAC) e das suas relações com o ambiente no qual está inserida, observou-se que a arborização possui 1.639 indivíduos, com 128 espécies (110 árvores e 18 palmeiras), com maior frequência de *Inga marginata*, *Euterpe oleracea*, *Mangifera indica*, *Adenanthera pavonina* e *Lophanthera lactescens*. Das espécies identificadas, 77,3% são nativas do Brasil e grande parte tem ocorrência natural na Amazônia. As árvores e palmeiras do *campus* apresentam-se em bom estado e com poucos conflitos com calçadas ou fiação elétrica, sendo que a maior parte dos componentes da arborização está cumprindo funções ambientais, como sombreamento para pedestres e/ou veículos [11].

No Amapá, um estudo com o objetivo de realizar levantamento e analisar a arborização em Macapá, na Praça do Marco Zero, verificou-se que, apesar de o local não apresentar grandes problemas na arborização, é necessário planejar o plantio das árvores em todos os perímetros daquele logradouro, tomando como base os critérios técnicos adequados, de forma a reduzir os danos materiais e ambientais. Assim, em relação ao plantio das árvores, deve ser considerado o distanciamento das edificações vizinhas tomando como referência o diâmetro da copa da árvore e seu local de plantio; e quanto à escolha das espécies deve ser considerado o local do plantio bem como a interação adequada entre a árvore e a população. As árvores das áreas urbanizadas nesta zona equatorial estão sob estresse frequente devido à dinâmica urbana e às ações antrópicas inadequadas, tornando-as mais frágeis do que no ambiente natural, necessitando, portanto, de tratamentos culturais constantes [12].

No estado do Amapá, outro estudo realizado em Macapá mostrou que há uma enorme carência quanto ao planejamento da arborização urbana na cidade. Faz-se necessária a realização de ações pelo poder público, promovendo campanhas educativas e que proporcionem o plantio de espécies arbóreas adequadas, incentivando a participação do município neste processo. O estudo sugeriu que sejam removidas as espécies de *Ficus* de pequeno e médio porte (até 5 m) e que sejam substituídos com o plantio de *Tabebuia aurea* (ipê-amarelo) e *Moquilea tomentosa* (oitizeiro).

As políticas públicas devem, pois, articular o conhecimento técnico com os costumes locais/regionais, dando ênfase a pesquisas com espécies da flora amazônica local. Neste caso, a indicação da espécie exótica pode ser considerada pela sua aceitabilidade, sendo a educação ambiental necessária para uma tomada de consciência do ambiente pelo “homem” e das espécies locais, contribuindo e valorizando o ambiente em que se vive, aprendendo a proteger e ampliando o uso dessas espécies da melhor forma possível [13].

No estado do Amazonas, em uma caracterização da arborização das áreas centrais de cidades da Região Metropolitana de Manaus, foram analisados 250 indivíduos utilizados na arborização das vias públicas das sedes dos municípios metropolitanos. As espécies mais abundantes foram o oitizeiro (*Moquilea tomentosa*), jambo-rosa (*Eugenia malaccensis*) e o fícus (*Ficus benjamina*). Nota-se que os municípios da Região Metropolitana de Manaus precisam ampliar e melhorar a gestão da arborização de suas vias com a formulação de planos municipais de arborização urbana, uma vez que a ausência desse planejamento nos municípios pode ocasionar prejuízos relacionados à rede elétrica, como também entupimentos em redes de esgotos, obstáculos para circulação e acidentes abrangendo pedestres, veículos ou elementos das praças, colaborando para a perda da eficácia da já precária arborização. O estudo disponibilizou subsídios para que os municípios de Iranduba, Manacapuru e Manaquiri formassem um planejamento da arborização urbana, considerando a importância de incentivar o plantio de espécies nativas nas cidades, com o intuito de contribuir para a conservação do meio ambiente [14].

Quando a arborização urbana acontece de forma não planejada, pode causar diversos prejuízos e danos para a sociedade. Em Tefé, no Alto Solimões, pode-se observar a necessidade de a administração pública elaborar e executar oficinas e projetos de educação ambiental, visando levar conhecimento aos moradores a respeito do conceito técnico da arborização urbana e sua importância na qualidade de vida da população. É indispensável que a administração municipal elabore projetos com a participação da população que ali vive para que esta se sinta responsável pelo desenvolvimento da arborização urbana nos municípios [15].

Já em Rondônia, um estudo referente aos projetos de arborização implantados pela prefeitura da capital rondoniense destacou a necessidade de se pensar os espaços da cidade de Porto Velho, devendo os significados de sua história serem considerados no contexto da preservação e da conservação ambiental. Assim, ações de educação ambiental devem auxiliar na preservação e na conservação ambiental de modo que estas venham a se tornar um saber significativo, abrangendo a identificação, a análise e o diagnóstico de seus problemas para encontrar as várias soluções necessárias. Questões socioambientais devem ser fortalecidas, e as políticas públicas devem criar estratégias para que as empresas públicas ou privadas possam unir conhecimentos sobre a importância de reduzir os impactos gerados pela ocupação desordenada sem o planejamento ambiental, assim como os estudos desenvolvidos nas universidades devem ter empregabilidade direta pela comunidade local [16].

Em Rorainópolis, Roraima, uma avaliação quali-quantitativa da arborização das principais avenidas da cidade concluiu que a maioria das espécies são exóticas, necessitando de um melhor planejamento na arborização viária, sendo também necessária uma substituição de espécies, bem como uma melhor manutenção das espécies nesses locais. Assim, em várias cidades da região Norte do Brasil, recomenda-se o plantio de espécies nativas do bioma local, para que se torne possível a introdução das mesmas na arborização urbana, valorizando pesquisas sobre essas espécies nativas [17].

Um estudo sobre a arborização de um conjunto habitacional em Paragominas, Pará, concluiu que a maioria dos moradores têm interesse em participar de projetos de arborização e que estes percebem a importância de programas de educação ambiental, especialmente em relação aos cuidados com as mudas. É necessária a conscientização ambiental, tanto da população quanto dos órgãos públicos, e que a prefeitura se empenhe em campanhas educativas com o objetivo de sensibilizar os moradores sobre a importância da arborização buscando aumentar as áreas verdes para melhoria da qualidade ambiental e conforto térmico na cidade [18].

Em Santarém, no Pará, a população possui um descontentamento geral referente à arborização urbana. As espécies plantadas nas ruas, avenidas e praças representativas das áreas verdes da cidade são inapropriadas e muitas vezes exóticas, como mangueira, oitizeiros, benjaminzeiros e jambeiros. Com a asiática nim (*Azadirachta indica*), essas espécies causam problemas ecológicos que precisam ser corrigidos por políticas públicas. Entretanto, é elogiável que, em algumas ruas e avenidas da cidade, exista um significativo plantio de ipês-amarelos nos canteiros centrais, o que dá um colorido especial quando estes estão floridos. Nota-se a necessidade da criação de programas de educação ambiental que abranjam todos os públicos e maior planejamento em relação à arborização urbana, como uma forma de reduzir os problemas e conflitos com os elementos urbanísticos, como tombamentos de árvores devido aos cada vez mais frequentes temporais, conflito com a rede aérea, falta de manejo e danos às calçadas, sendo que os tomadores de decisões devem estar munidos das informações destes programas para se comprometerem com a arborização de qualidade e com boa eficiência [19].

Outro estudo realizado no Parauapebas, Pará, onde foram identificados 179 indivíduos pertencentes a 27 espécies, de 27 gêneros e 14 famílias botânicas, verificou-se que predominaram as espécies nativas, sendo a mais frequente o pau-preto (*Cenostigma tocanthinum*). Entre os principais problemas citados pelos moradores, destacam-se os conflitos com a rede elétrica, o espaço permeável insuficiente (gola), as calçadas fora de padrão, as podas inadequadas e o uso de espécies não recomendadas. Todos esses problemas resultam da falta de ordenamento técnico-jurídico relacionado à arborização urbana, demonstrando a necessidade de elaboração do plano diretor de arborização urbana [20].

Em Santo Antônio do Tauá, Pará, concluiu-se que apesar de a arborização do centro urbano não ter sido planejada, alguns aspectos analisados estão de acordo com as recomendações propostas na literatura. Dessa forma, algumas das árvores já implantadas necessitam de ações de manutenção e, se o objetivo for implantar novas árvores, deve ser uma prática bem planejada para evitar futuros conflitos e consequentemente minimizar os gastos para corrigir os danos nas árvores e nos elementos urbanos [21].

Ressalta-se que o planejamento citado nos estudos até o momento se encontra no “Plano municipal de arborização” que muitas cidades precisam desenvolver. A arborização urbana não pode ser tratada como uma tarefa fácil e amadora para se concretizar, uma vez que exige estudos voltados principalmente para as espécies arbóreas que deverão ser utilizadas, definindo para cada cidade a melhor forma de arborização, respeitando assim as características peculiares de cada local onde se deseja realizar tal serviço e mantendo a identidade cultural de cada lugar.

Dessa forma, não se trata apenas de plantar árvores, mas sim, de planejar como este plantio vai ocorrer abarcando os aspectos políticos, científicos e culturais voltados para cada localidade. Recomenda-se que plataformas digitais sejam alimentadas no sentido de garantir uma gestão democrática deste elemento que precisa ser visto como um patrimônio cultural e natural de cada município.

14.4. Proposições para educação e arborização urbana na região Norte do Brasil

O desafio de superar as deficiências de planejamento urbano perpassa por um processo educacional que traga efeitos duradouros nas políticas públicas temporárias dos governos, trabalhando as políticas públicas de estados para funcionarem como catalizadores de novas ideias organizativas.

As políticas públicas devem trazer às cidades e a seus cidadãos a noção do pertencimento, o comprometimento, a responsabilidade e ação positiva frente à arborização, à biodiversidade, ao paisagismo, às áreas verdes, às Unidades de Conservação, às árvores, aos animais e aos cursos d'água, reconhecendo que todos esses elementos precisam ser respeitados como partes do bem-estar e bem viver em todas as esferas relacionais. Afinal, *o que se precisa entender para incluir a educação ambiental e biodiversidade na arborização urbana na região Norte?*

Trazar para as cidades uma arborização humana, que faça o indivíduo viver uma civilidade com os aspectos culturais, mas que não nos faça cair na brutalidade de cidades sem árvores e urbanidade. A educação ambiental deve criar as estratégias para que os gestores implementem calçadas ecológicas, com saneamento e tratamento da água, filtros verdes da poluição do ar e uma ornamentação de todos os ambientes que circundam as cidades. Isto é uma função essencial que tem que estar intrinsecamente associada a uma educação ambiental que humanize mais o ser humano e a cidadania. Não se pode impor ideias, mas sim buscar formas de construção soberana, que incluam os modos pacíficos de habitar com a biodiversidade, com princípios que vão do respeito à alteridade, ao direito das outras formas de vida que vão além de nossa capacidade de compreensão, trilhando caminhos que levem as pessoas a um habitar com liberdade e leveza nas cidades.

A educação ambiental deve abordar os aspectos essenciais à vida, compreendendo seus processos, convivendo com a potência produtiva da natureza na imensidão das inúmeras cidades amazônicas, implicando para tal sair dos paradigmas da urbanização colonial. É preciso abordar o que a natureza nos oferece, conservando o seu potencial produtivo e evolutivo, tornando-a sujeito e não objeto. Assim, faz-se necessário abordar a biodiversidade não apenas para ser capitalizada e sim para ser vivenciada. Esta educação deve ser incluída em todos os níveis formais e não formais da vida nas cidades.

Esse é o conhecimento que garante os direitos existenciais e direitos territoriais, trazendo as perspectivas da natureza, seus animais e -as espécies, observando os potenciais etnoculturais de espécies, como o pau-preto, o tauari, a envira, a sacaca, o açaí, o urucum, os ipês, a samaúma, a canela-de-velha, a maçaranduba, a itaúba, o mogno e o mulateiro. Incluem-se também espécies mestras, como pequenos arbustos e cipós, reconhecidos pela cultura popular como portadoras de poder de cura e que podem ser incluídas em programas de arborização e de implementação de áreas verdes urbanas. Trata-se de aproveitar tanto os recursos técnicos quanto a capacidade inventiva, articulando a economia com os processos dos movimentos socioambientais, para desenvolver ambientes urbanos e quintais de biodiversidade. Esses espaços podem estimular formas produtivas em vilas, distritos e pequenas cidades, como Alter do Chão, Belterra e Mojuí dos Campos, tornando-se um importante instrumento de inclusão social e de uma educação vinculada à pesquisa e à extensão das universidades locais.

Mesmo com a ausência de políticas públicas que incentivem a criação de corredores climáticos inteligentes, os espaços socioambientais, como feiras orgânicas e outros movimentos associados a grupos socioambientais, ganham força frente aos monocultivos que destroem o campo e as cidades, como os observados às margens das rodovias. Inúmeras feiras de bioeconomia já foram realizadas pelo Projeto Luz e Ação da Amazônia do Instituto de Biodiversidade e Florestas (Ibef) da Universidade Federal do Oeste do Pará (Ufopa), bem como a feira de Sociobiodiversidade em parceria com o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio). Nesses espaços e ações, foi debatida com autoridades e especialistas a necessidade da arborização e dos corredores verdes.

Por meio da comunicação cotidiana com os moradores, a criação de corredores de biodiversidade, de ambientes para ecoturismo, de quintais agroecológicos e de sistemas agroflorestais é uma tecnologia social que cria inovadores territórios de paz, harmonia e equilíbrio nas cidades, eliminando os conflitos já criados. As universidades podem com sua ciência juntar-se com o saber das populações, como as quilombolas e indígenas, e atuar em favor da inovação de territórios e comunidades, sendo que, por meio da pesquisa e da extensão, pode ter um elo eficiente e eficaz para o bem comum.

Espaços para transformação regenerativa, para uma reconstituição ambiental, podem romper os esquemas já validados e adentrar em novos modelos de manejo da paisagem que já foram consolidados em países latino-americanos, com ordenamento territorial baseado nos princípios dos bosques modelos. Nos municípios de Santarém, Belterra e Aveiro (PA), esta interação, mesmo sem os recursos necessários, vem sendo implementada pelo Serviço Florestal Brasileiro em conjunto com a Ufopa e instituições como o IPAM (Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia) e o ICT (Instituto Cabana do Tapajós), um modelo através da difusão de conceitos de trabalhos em redes, que são inerentes aos que já são praticados por comunidades e pequenos produtores locais [22].

Na região amazônica, várias cidades localizadas às margens de rodovias sofrem com o forte calor nos meses mais quentes, e muitas vezes possuem ruas inteiras sem nenhuma árvore, agravando as sensações térmicas. É o caso de Itaituba, Rurópolis e Mojuí dos Campos. A arborização de cidades como essas é uma questão de saúde pública, e precisa de um esforço conjunto dos municípios, do estado, e da união e até ajuda internacional. O diálogo com todos os setores, com as comunidades e com as sociedades para uma conscientização total e mudanças nas condutas, tanto individual quanto coletiva, com a responsabilização dos Três Poderes, é mais que uma atitude necessária, é uma questão de garantir a vida, sem os erros do passado.

Desta forma, uma educação ambiental engajadora e transformadora, dentro da dimensão e amplitude necessária, pode ser a trilha segura a ser caminhada, junto com as propostas inovadoras da sociobiodiversidade e uma nova bioeconomia que aponte para a floresta em pé e cidades mais arborizadas e ambientadas em toda a Amazônia.

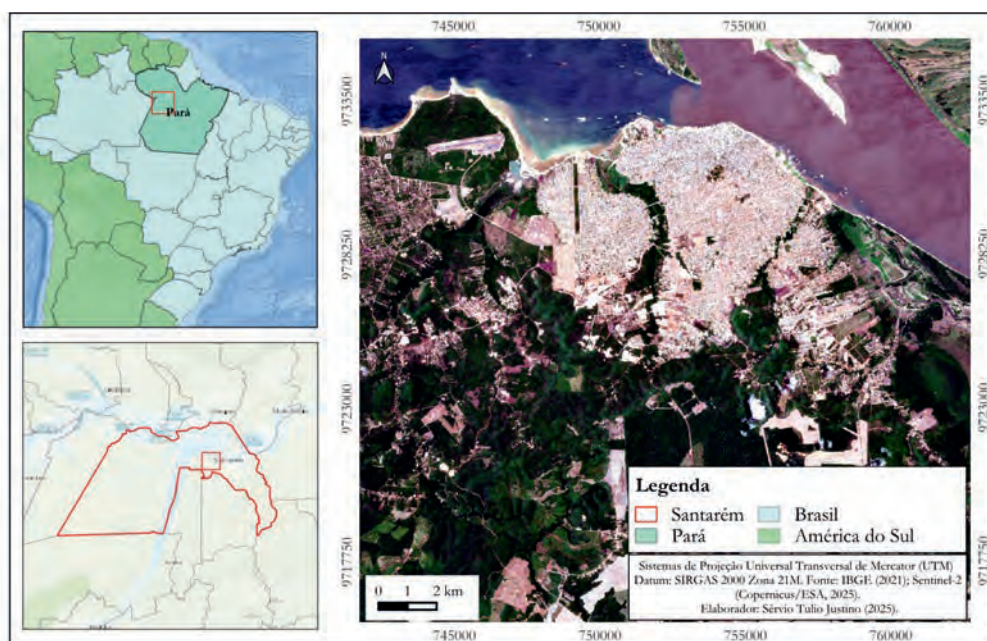
14.5. Santarém como estudo de caso: sua história, arborização, biodiversidade e educação ambiental

Santarém destaca-se na região oeste do Pará como cidade-polo localizada na confluência de dois rios gigantes: Amazonas e Tapajós. A cidade destaca-se por suas belezas naturais, tendo entre

as suas praias, florestas e cachoeiras, a famosa praia de Alter do Chão, banhada pelo Rio Tapajós e tendo afluentes como o Rio Arapiuns, além de grandes Unidades de Conservação, como a Floresta Nacional do Tapajós e a Reserva Extrativista Tapajós-Arapiuns.

Entidades locais, como o Instituto Cabana do Tapajós, têm realizado análises situacionais, buscando mapear espaços, talentos e processos voltados à Gestão Integrada da paisagem e produção de bioeconomia, discutindo formas de planejamento estratégico, prioridades educacionais, capacitações e treinamentos que abranjam as dimensões de uma arborização urbana eficiente, além do Manejo Florestal de Uso Múltiplo. Este é o caso da inclusão da arborização, educação ambiental e conservação da biodiversidade em inúmeras cidades do oeste do Pará, que possuem extensas áreas de florestas em seus territórios, como é o caso da cidade de Santarém (Figura 2), com mais de 300.000 habitantes [23]. Ela apresenta uma forte presença de florestas naturais e secundárias em seu território, bem como de inúmeras comunidades tradicionais, como indígenas, quilombolas, caboclos ribeirinhos e colonos.

Figura 14.2 – A cidade de Santarém em meio às florestas urbanas.



Fonte: Sérgio Justino; IBGE; Zabotto Ambiental.

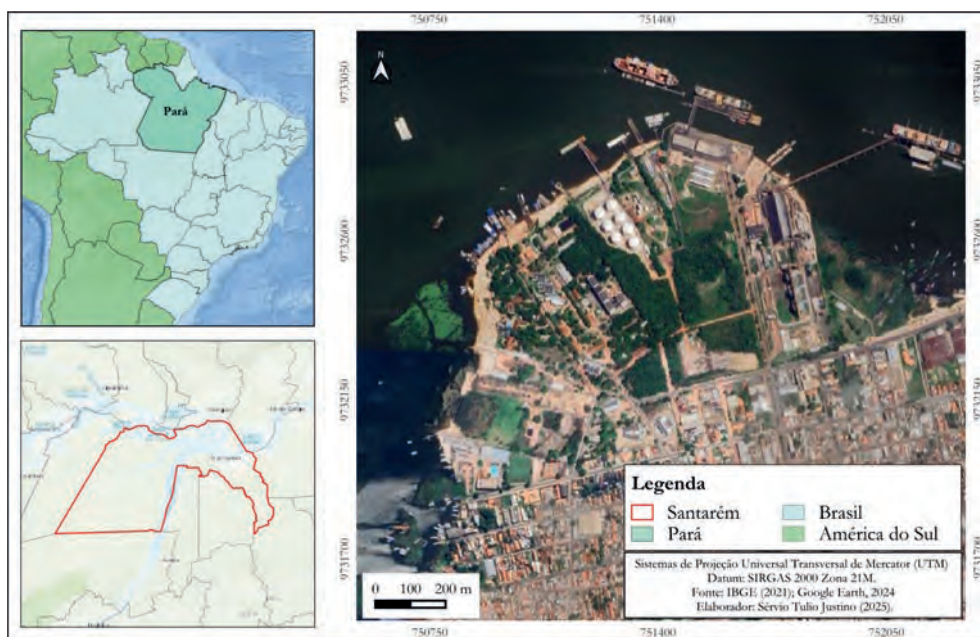
Uma arborização para essas cidades amazônicas, como Santarém e as demais já citadas, precisa incorporar em seu processo de planejamento e arborização o conhecimento ecológico tradicional das comunidades locais, os sítios arqueológicos e a história antropológica, pensando que esses territórios são espaços sustentáveis que englobam todos os saberes e diversidades, justamente por serem comunidades ancestrais.

Do ponto de vista da arqueologia, Santarém, além de ser considerada a cidade mais antiga do Brasil [24], é considerada como sendo o maior sítio da América do Sul, onde bairros e o centro da cidade apresentam sítios que possuem exemplares da cerâmica Tapajó e da Terra Preta de Índio (TPI), tecnologia de manejo por estes inventada [25].

As implementações de formas e modelos de planejamentos de territórios urbanos que incluam os princípios da Gestão Integrada da Paisagem, como os da metodologia incluída na Floresta Modelo Amazonas-Tapajós, são importantes mecanismos para criar espaços dialogais, com recursos humanos preparados para gerirem não só as praças, mas toda a arborização das cidades da região oeste do Pará, trazendo modernidade e conforto térmico que irá beneficiar o comércio, a cidade e toda a coletividade da região Norte.

A readequação da Praça Rodrigues dos Santos, no centro arqueológico de Santarém, como modelo de infraestrutura ambientada e socialmente referenciada que incorpore a história, a arqueologia e a museologia da sabedoria dos povos pode demonstrar a vontade de planejamento e cuidados com este espaço público e vários outros semiabandonados pelo poder público, alterando a forma de pensar e ocupar nossos espaços ancestrais. Muitos espaços de Santarém já tiveram dinâmicas bem diferentes de acordo com a finalidade a que foram destinadas, mas conflitos de usos trouxeram diferentes modelos de desenvolvimento que precisam ser corrigidos.

Figura 14.3 – O verde e as antigas praias, a superposição do porto da Cargill e o *campus* Tapajós da Ufopa.



Fonte: Sérgio Justino; IBGE; Zabotto Ambiental.

Nos últimos anos, Santarém vem passando por transformações que marcam toda a história da cidade. Muitos espaços de lazer, descanso e até práticas de esporte, como as praias da Vera Paz e da Maracangalha, possuíam extensos bosques naturais e eram utilizados como ambientes de encontros e cultura dos santarenos, servindo de inspiração aos costumes locais como as afa-madas piracaias, um hábito de assar peixe na praia ao som do bom violão. A Vera Paz foi inicialmente abandonada pelo poder público, tendo ali se instalado a multinacional da soja Cargill, e a praia da Maracangalha é hoje o *campus* Tapajós da Universidade Federal do Oeste do Pará (Ufopa). Herdado da Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia (Sudam), da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) e da Universidade Federal do Pará (UFPA), este espaço abriga

inúmeros cursos e possui boa arborização que vem valorizando locais verdes para descanso, até com um pequeno redário, entretanto a praia precisa de um plano específico para sua recuperação e integração a um plano maior de arborização do *campus* e da cidade. Devido aos inúmeros laboratórios ali instalados, pode se transformar em um bom exemplo de paisagismo, arborização e socialização, com espaços acolhedores e familiares, precisando que sejam ali incorporados os elementos da arquitetura locais, como bons exemplos de construções ambientais em meio às árvores e à floresta que inclua a bela paisagem do Rio Tapajós.

O *campus* é tomado de árvores, como ipês, paricás, mognos, samaúmas e outras espécies da flora tropical amazônica, além de inúmeras espécies da avifauna, como sabiás, curiós, papagaios, maracanãs e da fauna, como macacos e pequenos mamíferos. A praia do *campus* abriga um projeto de caiaques e de nadadores que já conquistaram prêmios regionais e nacionais (Figura 4), mas há o inconveniente de conviver com barcos, balsas e navios que fazem manobras para o embarque da soja, muito próxima à pequena orla do *campus* da Ufopa. A pequena orla hoje inclui espaço para lazer e esportes.

Figura 14.4 – Canteiro Central da Avenida Cuiabá: Frutos da educação ambiental.



Fonte: Autores.

A cidade possui áreas protegidas, como as Áreas de Proteção Ambiental (APA) do Juá, do Saúbal, Lago do Maicá e o Parque Natural da Rocha Negra, organicamente integrada em seu perímetro urbano, assim como a Serra do Piquiatuba, que abriga a sede do 8º BEC do Exército Brasileiro. Além destes, igarapés como o do Irurá, do Urumari e o Lago do Mapiri formam bacias hidrológicas, que combinadas com as praias urbanas como a do Maracanã, Salvação, Maria José, Arariá, Pajuçara e Carapanari, aliadas às mais afastadas como Jutuba, Tapari e Ponta de Pedras, fazem da cidade um lugar especial para ser dinamizado e potencializado o turismo que já existe em Alter do Chão.

A cidade possui um parque municipal, com grande movimento e um público ávido por atividades ambientais de recreação ao ar livre. Para que haja mobilização popular em prol da conservação e da sustentabilidade, é necessário que a comunicação efetiva entre educadores e gestores tenha uma funcionalidade, principalmente para que os benefícios e a renda possam dinamizar uma rede de turismo e funcionalidade de inúmeras atividades associadas, por meio do envolvimento direto com a conservação, a arborização e uso da biodiversidade.

Espaços históricos, com seus museus, bares e restaurantes, podem unir-se a um potente desenvolvimento da arborização e do paisagismo das praças e transformar Santarém numa cidade-jardim, uma capital ecológica mundial, já que experiências exitosas, como as escolas de arquitetura indígena Munduruku, Apiaká e Wapurûm-Tip e a escola do campo em Alter do Chão, são bons exemplos nacionais.

A parte urbana da cidade de Santarém é quase totalmente desprovida de arborização urbana. Sem o mínimo de paisagismo, cuidado com as praças, áreas verdes abandonadas e dois cemitérios em pleno espaço central. A população vê cada vez mais a necessidade de espaços adequados para exercício da cidadania, como a recuperação dos patrimônios culturais, por exemplo de casarões históricos árabes-portugueses que estão ruindo. Os poucos exemplos de arborização, como o último trecho da Avenida Cuiabá-BR 163, tiveram plantios de mangueiras na década de 1980/90 pelo projeto de educação ambiental liderado pela professora Camila Viana, na época vice-reitora da UFPA, que integrou o trote aos calouros da então Universidade Federal do Pará (UFPA) plantando as mangueiras no canteiro central desta avenida. Entretanto, com a continuidade da pavimentação de outro trecho desta, vê-se atualmente a total falta de preocupação com a arborização.

Figura 14.5 – Árvore nim compondo com espécies tradicionais em Santarém (PA).



Fonte: Autores.

As mangueiras, hoje já com crescimento bem avançado, apresentam-se com boa estabilidade, fazendo desta região da cidade um belo exemplo, mas longe da realidade do que acontece nas ruas de Belém, que incorporou as mangueiras em sua identidade visual. Se certo ou errado, o fato é que se tem o mínimo de sombra, mesmo com os riscos das quedas dos frutos que podem causar problemas com sua queda e sujeira, mostrando ser louvável a atitude da professora ambientalista, cabendo aos técnicos do setor decidirem o que fazer (Figura 4).

Outro exemplo para uma cidade de mais de 40 bairros, são as ruas adjacentes à rodovia Cuiabá- Santarém, como a Mendonça Furtado e as avenidas paralelas, Presidente Vargas e Marechal Rondon, que apresentam os canteiros centrais onde foram realizados plantios de espécies como ipês e mangueiras na década de 1980. Atualmente, mesmo de forma aleatória e sem seguir os procedimentos técnicos adequados, estas ruas demonstram resultados de iniciativas que foram voltadas para a arborização numa cidade do porte de Santarém. Mesmo sem o conhecimento técnico, hoje precisa ser reavaliada para a sua manutenção, monitoramento, manejando adequadamente este patrimônio natural e cultural com o devido esforço de uma educação ambiental mais efetiva.

Dentre as avenidas mais recentes, a Anysio Chaves com a praça de eventos em seu interior é um local onde se realizam intensas atividades de esportes e lazer durante o final da tarde e à noite. Mesmo havendo uma iniciativa de arborização urbana, onde se encontram ipês, mangueiras e jambeiros, vê-se considerável quantidade da espécie nim (*Azadirachta indica*) (Figura 5), que, devido à mortandade que causa às abelhas melíponas, é recomendada a sua completa remoção deste espaço e da cidade, substituindo-as por espécies nativas. A utilização da trepadeira buganvília (*Bougainvillea* spp.) tem sido uma interessante alternativa, tanto no embelezamento da avenida quanto na geração de sombreamento (Figura 6).

Muitas espécies vêm sendo testadas em muitas capitais da região. Sem dúvida, fortes programas já foram desenvolvidos, com grandes debates, simpósios, congressos, cursos e centros de educação ambiental já foram implementados em cidades como Manaus e Belém. Entretanto, a utilização do nim precisa ser reavaliada e sua retirada imediatamente realizada, já que evidências da morte de abelhas nativas sem ferrão e pássaros como beija-flores são atribuídas pela frequência destes à sua florada, que atua como inseticida. Municípios como Monte Alegre, às margens do Rio Amazonas já fazem o monitoramento e retirada desta espécie das ruas, substituindo-as por espécies adequadas.

Uma opção para plantio é a samaumeira (*Ceiba pentandra*), da família das malváceas e reconhecida em toda a América equatorial (Figura 7). A espécie possui inúmeras lendas e crenças de acordo com seu tempo e espaço que ocupa. Novas espécies como o pau-pretinho (*Cenostigma tocantinum*) vêm sendo plantadas em grande escala, em várias cidades da região. A busca de soluções para as pequenas e médias cidades do interior passa então pela conscientização não só da população como também dos gestores. Mesmo Santarém, uma cidade com 364 anos e 191 anos de comarca, possui uma estrutura funcional ainda frágil diante dos desafios, sendo observadas grandes dificuldades de resolução de problemas já advindos de intensas chuvas no inverno amazônico, com precipitação até oito vezes superior à média normal de 2022 e os efeitos do *El niño* e do *La niña* já observados com intensa estiagem, secas e grandes incêndios florestais, tanto no meio urbano quanto no rural. Assim, a busca de alternativas com programas robustos e o fortalecimento de um sistema eficiente passa necessariamente pela interação responsável com a sociedade civil. A ampliação de espaços funcionais e de diálogo precisa ser fortalecida e instrumentalizada.

Figura 14.6 – Sombreamento com buganvílias com estruturas de caramanchão em praça pública de Santarém (PA).



Fonte: Autores.

As propostas que vêm sendo construídas com o Serviço Florestal Brasileiro, a Ufopa e com a intensa participação de entidades e empresas e movimentos sociais do campo e urbanos da Floresta Modelo Amazonas Tapajós, precisam ser incorporadas dentro da lógica da ética do cuidado, trazendo uma nova perspectiva de educação e concertação regenerativa com diálogo e alternativas como feiras de bioeconomia que incluam saberes tradicionais e populares, dando-se

conta da originalidade de sua visão de mundo, em especial no que diz respeito ao mundo natural, à condição humana e aos elos entre ambos. Refletir sobre as origens e os limites de nosso próprio modo de estar na terra, observando o conhecimento e a força de mobilização que isto representa, pode ser a chave tanto para uma melhor arborização das cidades da região Norte como para combater as mudanças climáticas.

Figura 14.7– Samaúma em canteiro central: Interessante ocupação, árvore em vez de estátua.



Fonte: Autores.

14.6. Considerações finais

Desde a colonização, passando por inúmeros governos brasileiros, muitos planos de desenvolvimento foram criados para a região Norte, em especial para a Amazônia. As cidades, símbolos deste modelo de planos, precisam despertar para novas formas de planejamento e de suas prioridades, dando à arborização urbana e sua biodiversidade o devido valor para garantir a saúde ambiental, criando espaços climáticos nas ruas, avenidas, praças, áreas verdes e Unidades de Conservação no meio ambiente para garantir a urbanidade com estética associada à sociobioeconomia e à construção de cidades sustentáveis.

As bases para estas mudanças de adaptação e transição estão nos princípios de ordenamento territorial baseado em associação, manejo da paisagem, sustentabilidade, governança, programas duradouros e intercâmbios entre saberes, respeitando as características específicas de cada cidade, sendo a educação ambiental a chave para se alcançar estes objetivos. Uma comunicação relacional de massa que religue o cidadão à natureza, a partir do uso de espécies ligadas à identidade do local, faz-se necessária e urgente, integrando saberes diversos como o da ciência, das artes e o popular, dando aos cidadãos uma concepção de saúde mental, conforto, segurança e felicidade em lugares de socialização.

O desafio está em superar as diferenças, definindo trilhas interdisciplinares a serem caminhadas em conjunto por gestores, tomadores de decisão, educadores e a coletividade, a partir da geração de benefícios comuns e renda para todas as pessoas envolvidas, vivenciando nossa ancestralidade, com a real responsabilidade dos tomadores de decisões, definindo formas de gestão mais democráticas e cuidado com nossos patrimônios culturais e naturais como uma boa arborização e manejo eficaz e eficiente da paisagem sendo necessário que haja mudança efetiva para uma transição ecológica que olhe mais as cidades e o bioma Amazônia.

14.7. Referências

- [1] Descola P. Outras naturezas, outras culturas. São Paulo: Editora 34; 2016.
- [2] Nogueira RP, Sousa SGA, Reis RG. Educação ambiental: uma ferramenta imprescindível para a vida do homem no planeta. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental; 2008.
- [3] Fearnside PM. Última chance para a floresta amazônica brasileira? – 2: mudanças climáticas. Manaus: Amazônia Real; 2025.
- [4] Avellar VDC, Silva AS. Instituições ambientais como suportes pedagógicos para a prática de educação ambiental. *Educ Ambient (Brasil)*. 2021;2(1):41-8.
- [5] Kopenawa D, Albert B. A queda do céu: palavras de um xamã Yanomami. São Paulo: Companhia das Letras; 2015.
- [6] Dias GF. Educação ambiental: princípios e práticas. 9. ed. São Paulo: Gaia; 2004.
- [7] FAO. Plataforma Collect Earth. Roma: FAO; 2022.
- [8] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Censo populacional 2010. [acesso 15 jul. 2022]. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/saude/9662-censo-demografico-2010.html>
- [9] Santos DT, Silva ZAGPG. Meio ambiente e a sociedade urbana na Amazônia: um estudo de caso na cidade de Capixaba-Acre, 2015. *Cid Verdes*. 2020;8(18).

- [10] Oliveira I, Ferreira E JL, Queiroz JBN. Análise qualiquantitativa da arborização urbana da cidade de Acrelândia, Acre. Enciclopédia Biosfera. 2018;15(28):69.
- [11] Maranhão AS, Paula SRP. Diversidade em uma área verde urbana: avaliação qualitativa da arborização do *campus* da Universidade Federal do Acre, Brasil. Rev Agro@ambiente Online. 2014; 8(3):404-15. [acesso 29 jun. 2022]. Disponível em: <https://revista.ufr.br/agroambiente/article/view/1868link>
- [12] Sardinha MA, Cruz Junior FO, Silva SKA. As praças e arborização urbana: o caso de Macapá. ANAP Bras. 2016;9(17).
- [13] Castro HS, Dias TCAC. Percepção ambiental e arborização urbana em Macapá, Amapá. Biota Amazônia. 2013;3(3):34-44. [acesso 29 jun. 2022]. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/283308882_Percepcao_Ambiental_e_Arborizacao_Urbana_em_Macap%C3%A1_Amap%C3%A1
- [14] Guimarães DFS, Souza JCG, Almeida ICR, Bustamante NCR, Lopes MC. A arborização urbana em municípios da região metropolitana de Manaus, Amazonas. 2019.
- [15] Maia LPSS, Oliveira ED, Santos MO, Cella W. Estudo da percepção ambiental sobre arborização urbana no bairro Fonte Boa, Tefé, Amazonas, Brasil. Rev SBAU. 2017;12(2):48-61.
- [16] Mendes BM, et al. Educação ambiental como alternativa para o planejamento na arborização em Porto Velho, RO. Rev Presença Geográfica. 2019;6(2).
- [17] Veloso JN. Inventário da arborização urbana das principais avenidas do município de Rorainópolis, Roraima. Bol Mus Int Roraima. 2016;10(2):28-40.
- [18] Oliveira VP, Dias JGS, Ribeiro AT, Oliveira LBS, Mariano MO, Pinto DS. A percepção da população sobre arborização em um conjunto habitacional no município de Paragominas, PA. Rev SBAU. 2017;12(3):27-36.
- [19] Alves FRN, Aquino MGC, Maestri MP, Tenório RS, Silva JJN, Carneiro FS, et al. Percepção da arborização urbana pelos moradores de duas zonas do município de Santarém, PA. Nature Conserv. 2019;12(2):60-76.
- [20] Almeida DA. Diagnóstico da arborização urbana de Parauapebas, PA [trabalho de conclusão de curso]. Parauapebas (PA): Universidade Federal Rural da Amazônia; 2019.
- [21] Araújo ACA, Sales DCM. Análise e caracterização da arborização no centro urbano do município de Santo Antônio do Tauá, PA [trabalho de conclusão de curso]. Capitão Poço (PA): Universidade Federal Rural da Amazônia; 2019.
- [22] Matos JFR, Matos FAS. Melhor impossível. Rede Latino-Americana de Bosques Modelo; 2022. [acesso 29 jun. 2022]. Disponível em: <http://www.bosquesmodelo.net/melhor-impossivel-dizem-diretores-da-rede-latino-americana-sobre-floresta-modelo-amazonas-tapajos>
- [23] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Censo populacional 2010. [acesso em: 15 jul. 2022]. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/saude/9662-censo-demografico-2010.html>
- [24] Neves EG. A cidade de todos os tempos. Natl Geogr Brasil. 2015:78-90.
- [25] Amaral M. Mapa da Praça Rodrigues dos Santos. In: Jácome CP, et al. Laudo do estado de conservação e impactos sobre Sítio Arqueológico Aldeia na Praça Rodrigues dos Santos em Santarém, PA. Santarém: Ufopa.

A close-up photograph of a green leaf, showing a dense network of veins. The veins are a lighter shade of green than the leaf's surface, creating a complex, web-like pattern. The lighting is even, highlighting the texture and structure of the leaf.

PART 2

Apresentação

FRUTOS DA BIODIVERSIDADE BOTÂNICA NAS CIDADES BRASILEIRAS E NO MUNDO

“A restauração da natureza pode ser uma vitória dupla-quádrupla para biodiversidade, ação climática, saúde e bem-estar humano e nossa economia. Até 2030, os estados-membros devem se comprometer com metas ambiciosas de restauração. Agora é hora de ação!”

@UNBiodiversity 2022

(ONU Biodiversidade: Secretariado da Convenção sobre Diversidade Biológica)

Os frutos deste projeto *Coletânea Brasileira de Arborização Urbana* são um inestimável recurso para a transformação da arborização urbana brasileira, por um lado descrevendo a riqueza florística de cada região, representando espécies de cada bioma, e por outro lado oferecendo as melhores alternativas de plantio, cuidado e manutenção de espécies locais para seu uso nas respectivas cidades abrangidas em suas amplitudes de distribuição. Com certeza, o material apresentado nesta coletânea também representará um suporte relevante e adicional à restauração dos ecossistemas tropicais ameaçados e para o cumprimento das ambiciosas metas de restauração estabelecidas para 2030 pelos estados-membros durante a última Convenção da Biodiversidade das Nações Unidas (COP15 / CP-MOP10 / NP-MOP4), realizada em Montreal, Canadá, em dezembro de 2022.

Quando fui convidada pelos organizadores a escrever este prefácio para esta coletânea em setembro de 2022, quis esperar pelos resultados finais da Convenção da Biodiversidade. Era preciso saber como as discussões sobre restauração dos ecossistemas seriam abordadas e se seria destacada a sua importância para ação climática, saúde e bem-estar humano e economia mundial como um ponto central das resoluções sobre metas de conservação da biodiversidade para 2030, como já estavam sendo pautadas em importantes conferências nos anos anteriores por cientistas e pela sociedade civil organizada.

Em 2021, durante a pandemia SARS-COVID-19, pude participar da conferência sobre “Reflorestamento para a Biodiversidade, Captura de Carbono e Subsistência”, realizada *online* de 24 a 26 de fevereiro de 2021, promovida pelo Jardim Botânico Real de Londres, *Kew* (*Royal Botanic Gardens Kew*), e pela Organização Internacional de Jardins Botânicos pela Conservação BGCI (*Botanic Gardens Conservation International*), que contou com a presença de mais de 2.400 participantes, representando uma ampla gama de profissionais de reflorestamento, formuladores de políticas, financiadores, empresas, ONGs e pesquisadores de 113 países, inclusive palestrantes e participantes do Brasil. Durante a conferência, os delegados revisaram e discutiram exemplos dos sucessos e desafios do reflorestamento em grande escala e consideraram as abordagens futuras que incorporam as preocupações com a conservação da biodiversidade.

Uma Declaração final foi apresentada, baseada em uma síntese e em conclusões dessas discussões e também em evidências apresentadas na literatura científica publicada, em particular a revisão “*Ten golden rules for reforestation to optimize carbon sequestration, biodiversity recovery and livelihood benefits*” (Dez regras de ouro para o reflorestamento, para otimizar o sequestro de carbono, a recuperação da biodiversidade e os benefícios de subsistência)¹.

O objetivo desta Declaração seria “*proteger a biodiversidade, mitigar as emissões de carbono e as mudanças climáticas, e melhorias em subsistência, promovendo uma estrutura e políticas que garantam a proteção de florestas intactas e a adoção de estratégias de restauração eficazes que promovam esses três objetivos*”.

Os signatários expressaram por meio da declaração uma série de pontos importantes que na minha opinião convergem e são abordados pelo material apresentado nesta *Coletânea Brasileira de Arborização Urbana*. Por exemplo, cientistas e signatários incitam governos a se comprometerem a incorporar a restauração de florestas nativas em suas medidas, planos e políticas de desenvolvimento nacionais e subnacionais. Na declaração, destacam que estão “*alarmados com a predominância do plantio em grande escala de monoculturas de árvores exóticas (incluindo espécies potencialmente invasoras) – que mostraram ter impactos prejudiciais sobre a biodiversidade nativa e serviços ecossistêmicos, e muitas vezes sequestram menos carbono do que florestas nativas – em comparação com os relativamente poucos compromissos concretos com a restauração florestal, que visam restaurar as funções, espécies e diversidade de florestas nativas*”. Apesar de reconhecerem a necessidade de plantios comerciais para atender às necessidades da humanidade por fibras, combustíveis e madeira, pedem, sempre que possível, que sua estrutura, função e espécies sejam guiadas mais proximamente aos ecossistemas florestais naturais para melhorar sua resiliência e oferecer cobenefícios para a biodiversidade, para os serviços ecossistêmicos e para a população local. Além disso, propõe “florestas nativas de subsistência”, que incorporam algumas das funções e diversidade das florestas nativas, mas priorizam espécies nativas de valor econômico (e a pesquisa para identificá-las), e que podem fornecer muito dos benefícios de florestas nativas restauradas (por exemplo, resiliência ambiental, sequestro de carbono, serviços ecossistêmicos e biodiversidade nativa), oferecendo ao mesmo tempo oportunidades de subsistência diversificadas, sustentáveis e resilientes.

Ao final da declaração, os signatários especificamente solicitam 4 (quatro) ações necessárias (veja abaixo na íntegra):

- 1) Formuladores de políticas, financiadores e profissionais em países que assumiram compromissos de reflorestamento em programas de restauração de paisagens florestais, soluções baseadas na natureza e Esquemas de redução voluntária de emissões:
 - i) assumam o compromisso de aderir aos princípios que salvaguardam a biodiversidade conforme estabelecido no artigo das “10 Regras de Ouro” acima mencionado, incluindo: conservar e proteger as florestas naturais remanescentes a longo prazo; restaurar ecossistemas florestais naturais degradados, evitando habitats naturalmente não florestais e priorizando áreas que expandem o tamanho das florestas existentes e sua conectividade; promover a regeneração natural das florestas em

1. Di Sacco et al. (2021) Ten golden rules for reforestation to optimize carbon sequestration, biodiversity recovery and livelihood benefits. *Global Change Biology* v. 27, 1328-1348. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/gcb.15498>

áreas adequadas; onde o plantio e manutenção de árvores são necessários, selecionar uma mistura diversa de espécies de árvores e de sub-bosque nativas utilizando materiais de plantio apropriados ao local e que tenham suficiente diversidade genética para serem resilientes às mudanças climáticas, pragas e doenças; e nunca selecionar espécies invasoras de plantas;

- ii) trabalhar com a população local e indígena para garantir que seus interesses sejam primordiais, incluindo seu desenvolvimento e necessidades econômicas, que seus direitos humanos e de posse de terra e acesso sejam totalmente respeitados, e para desenvolver mecanismos de comunicação como parte de sistemas de governança para facilitar o compartilhamento mútuo de informações e visões;
 - iii) onde os trade-offs não são evitáveis de forma realista, garantir que, onde os habitats naturais são perdidos e são substituídos, haja sempre uma compensação de biodiversidade de “ganho líquido” sob um processo de abordagem de paisagem para apoiar as funções do ecossistema e evitar perdas adicionais de biodiversidade; onde os habitats são insubstituíveis, eles devem ser protegidos da perda perpétua;
 - iv) tomar medidas específicas para salvaguardar e restaurar as populações de espécies de plantas ameaçadas;
 - v) manejar a floresta restaurada, garantindo o estabelecimento das árvores, monitorando os resultados e adaptando os métodos conforme necessário; e
 - vi) aprender com os erros do passado.
- 2) O reflorestamento, considerado uma atividade de mitigação das mudanças climáticas, nunca deve ser realizado em detrimento da biodiversidade e deve ser sempre em adição a reduções diretas de emissões de GEE; não deve substituir o imperativo de abandonar os combustíveis fósseis e a produção de energia à base de madeira e de descarbonizar as cadeias de abastecimento. Este princípio de adicionalidade deve orientar os doadores a financiar projetos que podem não ter sido viáveis se financiados apenas por créditos de carbono.
- 3) Os formuladores de políticas públicas envolvidos na restauração em nível global e nacional trabalhem juntos para garantir que sejam eliminados quaisquer incentivos e subsídios que promovam práticas que levem ao desmatamento ou à degradação de ecossistemas naturais ou que apoiem a restauração de paisagens florestais ou o sequestro de carbono baseado em plantas sem proteções adequadas para a biodiversidade nativa. Por sua vez, pedimos o desenvolvimento e aplicação de incentivos financeiros positivos que promovam a proteção das florestas existentes e a conservação e uso sustentável da biodiversidade nativa dentro de programas de reflorestamento e restauração de paisagens florestais e, em particular, para o aumento do mercado de carbono voluntário de uma forma que seja compatível com a mitigação da atual crise de biodiversidade.
- 4) Os formuladores de políticas públicas e profissionais de programas de reflorestamento em grande escala adotem uma abordagem intersetorial e, em particular, façam parcerias com as organizações de botânica, ecologia, (agro)florestal, conservação e comunidades científicas e detentores de conhecimento tradicional, para desenvolver e aumentar o acesso aos recursos para proteger e restaurar a biodiversidade nativa, incluindo: diretrizes,

ferramentas de planejamento (incluindo priorização de áreas para reflorestamento, minimização e mitigação de impactos negativos sobre a biodiversidade existente e desenvolvimento e uso de abordagens de restauração adequadas), ferramentas de monitoramento (especialmente para monitorar a biodiversidade), metodologias, diretórios de especialização, treinamento e outros recursos para facilitar a regeneração natural das florestas e/ou a seleção, plantio e estabelecimento de diversas espécies de árvores nativas, onde o plantio de árvores é desejado ou necessário.

O último ponto expressamente requisita a produção de diretrizes, metodologia e conhecimento validado cientificamente para dar suporte a ações efetivas de restauração. Do meu ponto de vista, esta importante obra em forma de coletânea de arborização para cada região brasileira pode auxiliar nesse processo como uma extensão de informação confiável em ações de restauração em geral. Considerando que a *Coletânea Brasileira de Arborização Urbana* foi organizada e produzida com a participação direta de um grupo de mais de 500 pesquisadores pertencentes a mais de 90 instituições de pesquisa, universidades brasileiras e gestores municipais engajados na pauta da botânica e da arborização urbana, acredito que o material apresentado seja a mais atualizada e confiável fonte de informação sobre arborização e restauração urbana do Brasil e deveria ser adotada nas nossas políticas públicas por gestores públicos municipais, docentes extensionistas brasileiros, pesquisadores brasileiros e internacionais e para além da sociedade civil como um todo.

Estes 5 (cinco) livros oferecem uma abordagem de aspectos técnicos, acadêmicos e gerenciais sobre o tema arborização urbana de todas as regiões de nosso país, com o intuito de contribuir de fato com cada um dos 5.570 municípios brasileiros. O passo seguinte, como parte de um dos desdobramentos possíveis, será a construção de um portal em plataforma *web*, apoiando a disseminação do conhecimento acumulado em todas as suas formas e possibilidades, almejando suportar realizações práticas e transformadoras tantas quantas forem possíveis em nosso país.

Esta Parte II – Eixo da Florística – está destinada ao aspecto florístico de cada estado brasileiro, dado que o país tem dimensão continental e a escala de determinação biogeográfica é um atributo fundamental na escolha, testes e manejo de espécies que devem aparecer na arborização urbana. O livro de cada região terá um capítulo específico para descrever a florística dos estados, envolvendo os Biomas em que o mesmo está inserido, bem como suas fitofisionomias associadas. Ainda cabe destacar que um recurso essencial trazido em todos os capítulos desta parte é a apresentação de uma lista de espécies arbóreas nativas sugeridas a serem plantadas em vias públicas e áreas verdes urbanas dos seus respectivos estados.

Finalmente, desejamos que essa obra tenha a abrangência merecida e que seja muito bem utilizada e adotada como diretriz para arborização e restauração urbana em todas as escalas (regiões, estados e municípios) por urbanistas, paisagistas, agricultores, mas também por docentes extensionistas brasileiros, conservacionistas, pesquisadores brasileiros e internacionais, estudantes, e pela sociedade como um todo.

Raquel Negrão

PhD Ecology & Natural Resources

Coordenadora do Programa *Tropical Important Plant Areas* (RBG Kew)

IUCN Species Conservation Assessor/ IUCN Red List Trainer

Capítulo 15

MAPEAMENTOS FITOGEOGRÁFICOS, PEDOLÓGICOS E USO E COBERTURA DA TERRA

*Por Anderson Sandro da Rocha, Jackson Fernando Rêgo Matos,
Juliane Regina Becker e Ricardo Franco Trudes de Mattos*

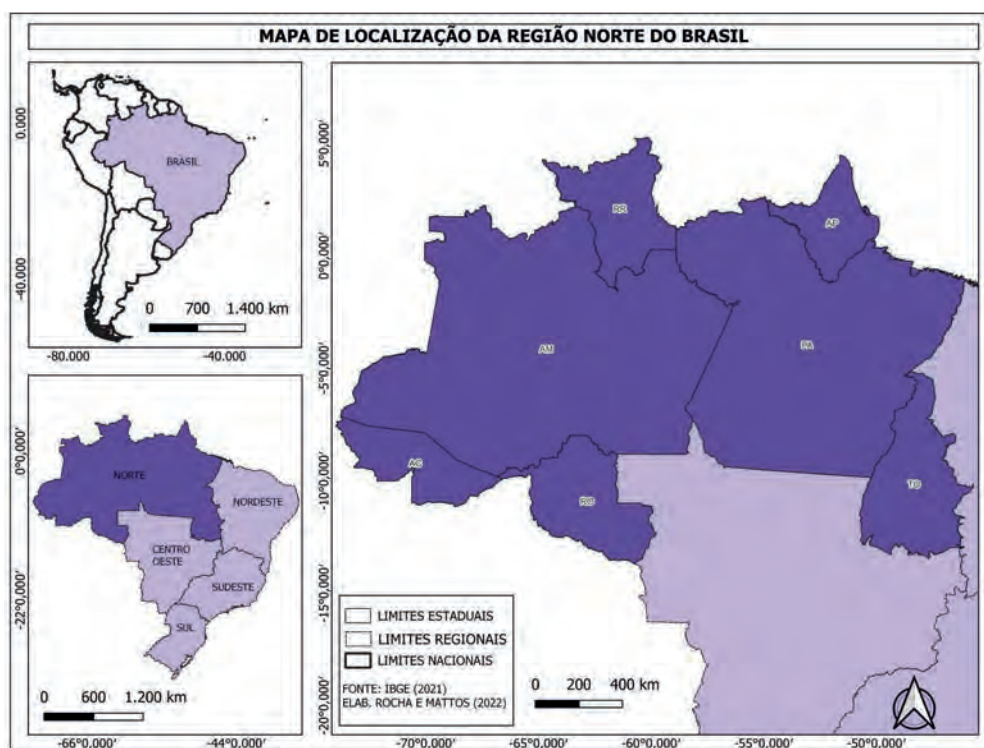
15.1. DESTAQUES DESTE CAPÍTULO

1. A região Norte é caracterizada pela predominância das Florestas Ombrófilas, acompanhadas por Florestas Estacionais, Savanas, Campinaranas e Formações Pioneiras;
2. Nos estados do Acre, do Amazonas, do Amapá, do Pará e de Rondônia mais de 70% do território é coberto por Florestas Ombrófilas, enquanto no Tocantins as Savanas ocupam cerca de 72% da área;
3. Latossolos e Argissolos são os solos mais comuns, adequados ao crescimento de árvores; Neossolos, Cambissolos e Plintossolos aparecem em áreas específicas de relevo e condições ambientais;
4. A expansão agropecuária ocorre principalmente no sudeste do Pará, oeste do Tocantins, de Rondônia e sul do Amazonas, com forte impacto sobre a cobertura vegetal;
5. A Amazônia Legal é formada por áreas florestais, sob pressão, desmatadas e urbanas, exigindo políticas de conservação e uso racional do território.

15.2. Introdução

A região Norte do Brasil compreende os estados do Acre, do Amapá, do Amazonas, do Pará, de Roraima, de Rondônia e do Tocantins (Figura 1). A região representa 45% do território nacional, com área total de 3.850.594 km², destacando-se como a maior região em extensão territorial do Brasil. A população soma um total de 17.352.619 pessoas (Tabela 1) [1].

Figura 15.1 – Localização da região Norte do Brasil.



Fonte: Autores.

Tabela 15.1 – Dados territoriais e populacionais da região Norte.

Estado	Área (km ²)	População
Acre	164.173	830.026
Amapá	142.471	736.508
Amazonas	1.559.256	3.941.175
Pará	1.245.871	8.116.132
Rondônia	237.754	1.581.016
Roraima	223.645	636.303
Tocantins	277.424	1.511.459
Total	3.850.594	17.352.619

Fonte: IBGE [2].

A região Norte possui uma rica diversidade ambiental especialmente associada à interação dos aspectos fitogeográficos, edafoclimáticos e geomorfológicos. A região abrange principalmente os biomas da Floresta Ombrófila, também denominada de Floresta Amazônica. Em relação às unidades de vegetação, observa-se a Floresta Ombrófila Densa, predominando nos estados do Amazonas, do Amapá e do Pará, enquanto a Floresta Ombrófila Aberta ocorre especialmente nos estados do Acre e de Rondônia. As vegetações de Savana concentram-se na porção leste do estado do Tocantins. Destacam-se ainda no Norte do país as vegetações de Floresta Estacional, Campinarana e as Formações Pioneiras em menor proporção espacial.

Verificam-se também diferentes setores de contato fitogeográfico, associado à variabilidade dos fatores físico-naturais regionais.

No âmbito agropecuário, a região se destaca pelas atividades agrícolas, pecuárias e extrativistas. O setor urbano abriga grandes regiões metropolitanas com destaque para as capitais Manaus, Belém, Macapá, Palmas, Boa Vista, Porto Velho e Rio Branco, além de uma grande quantidade de cidades de pequeno e médio porte como Santarém, na confluência do Rio Tapajós e BR-163.

Nos sete estados do Norte do Brasil, os espaços urbanos apresentam importantes áreas territoriais, ocupando áreas próximas às Unidades de Conservação ou cercadas por atividades agropecuárias, fato que torna essenciais os projetos de arborização urbana conectada com a exuberante e rica biodiversidade regional.

O território da região Norte abriga grande parte da área denominada de Amazônia Legal. Essa imensa área, embora complexa e heterogênea, pode ser estudada por meio de macrozonas, com base na cobertura vegetal remanescente, bem como das diferentes formas de ocupação antrópica desse território. A partir dessa diferenciação, em termos de zoneamento macroespacial, podem-se propor soluções específicas para cada uma dessas zonas. Portanto, o reconhecimento de que há diferentes *Amazônias* é uma pré-condição para qualquer plano de desenvolvimento sustentável e conservação da região.

15.3. Representação cartográfica e base de dados

Visando ampliar a representação cartográfica da região Norte, foram elaborados mapas temáticos das unidades de vegetação e da distribuição dos solos, bem como o mapeamento e a análise de dados de uso e cobertura da terra em escalas estaduais e regionais.

Os mapeamentos das unidades de vegetação foram realizados utilizando a base de dados do IBGE [2]. Inicialmente, foram selecionadas as informações das unidades de vegetação, pretérita e secundária. As informações foram reclassificadas com auxílio do *software* QGIS. A reclassificação uniu as principais informações fitogeográficas com a representação da formação original e da vegetação secundária em dois níveis categóricos (Unidade e Subunidade de Vegetação).

Os mapeamentos pedológicos buscaram representar as ordens de solos no primeiro nível categórico de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBICS) [3], utilizando a base de dados do Banco de Dados e Informações Ambientais (BDiA) [4]. Os arquivos vetoriais foram selecionados nos sete estados da região e posteriormente categorizados em ordens de solos com uso do *software* QGIS.

Para a representação do uso e cobertura da terra regional, foram utilizadas as bases de dados da Rede MapBiomias, referentes à análise recente do ano de 2022 [5]. Os dados foram separados em classes de floresta, formação natural não florestal, agropecuária, área urbanizada, área não vegetada e corpos d'água.

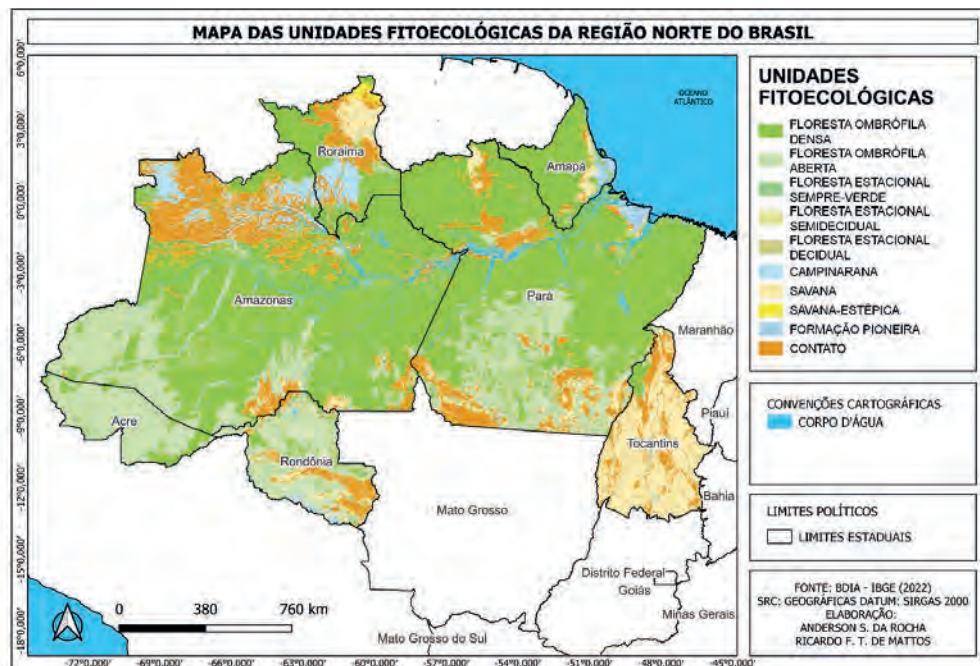
Os limites políticos estaduais e regionais foram obtidos na base de dados territoriais do IBGE [6]. Esses dados políticos, em conjunto com os dados ambientais, serviram de base para as representações cartográficas e quantitativas dos aspectos fitogeográficos, pedológicos e de uso e cobertura da terra da região Norte.

15.4. Mapeamento Fitogeográfico da região Norte

As unidades de vegetação da região Norte compõem principalmente a Floresta Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Aberta e as Florestas Estacionais inseridas no bioma Amazônico. Ocorrem também diferentes áreas de contato vegetacional associadas às transições com os biomas do Cerrado e da Caatinga.

Nos estados do Acre, do Amazonas, do Amapá, do Pará e de Rondônia a condição original fitogeográfica é representada principalmente pelas Florestas Ombrófilas (Densa e Aberta). Essas florestas representam áreas superiores a 70% da formação vegetal natural territorial desses estados, com destaque para o Acre com cerca de 99%, seguido do Pará (82%), do Amapá (80%), de Rondônia (79%) e do Amazonas com área de aproximadamente 77% (Figura 2, Tabela 2).

Figura 15.2 – Mapa das Unidades Fitoecológicas da região Norte do Brasil.



Fonte: Autores.

Na região Norte, também ocorrem importantes áreas com a presença de formações pioneiras com destaque para os setores litorâneos dos estados do Pará e do Amapá com áreas respectivas de 16 mil e 10 mil km², seguido dos estados do Amazonas e de Rondônia com áreas próximas de 5 mil km². Já no estado do Tocantins observa-se uma realidade fitogeográfica diferenciada, composta pelo domínio da Savana. Esse domínio abrange originalmente mais de 200 mil km², correspondente a 72% da área estadual.

As Florestas Estacionais apresentam três Unidades Fitoecológicas (sempre-verde, semidecidual e decidual) na região Norte. Em geral essas florestas representam originalmente menos de 2% das áreas estaduais. A formação de Campinarana concentra-se particularmente na porção norte do estado do Amazonas e no setor sudoeste do estado de Roraima, com área de 76 e 30 mil quilômetros quadrados nos respectivos estados.

Nos estados de Rondônia, do Amazonas, de Roraima, do Pará e de Tocantins, observam-se várias regiões de contato, com áreas que abrangem entre 9 e 21% dos territórios estaduais. Essas

Tabela 15.2 – Distribuição original do Sistema Fisionômico-Ecológico dos estados da região Norte.

Unidades Fitocológicas e outras áreas	Rondônia		Acre		Amazonas		Roraima		Pará		Amapá		Tocantins	
	Área km²	%	Área km²	%	Área km²	%	Área km²	%	Área km²	%	Área km²	%	Área km²	%
Floresta Ombrófila Densa	20.731	8,73%	23.515	14,33%	898.836	57,66%	95.669	42,82%	759.739	60,85%	113.016	79,24%	9.663	3,48%
Floresta Ombrófila Aberta	147.026	61,90%	140.221	85,46%	297.894	19,11%	5.391	2,41%	267.042	21,39%	1.524	1,07%	4.091	1,47%
Floresta Estacional Sempre-Verde	3.322	1,40%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	671	0,05%	0	0,00%	7	0,00%
Floresta Estacional Semidecidual	5.506	2,32%	0	0,00%	0	0,00%	3.851	1,72%	6.491	0,52%	0	0,00%	435	0,16%
Floresta Estacional Decidual	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	2.358	0,19%	0	0,00%	1.153	0,42%
Campinarana	0	0,00%	33	0,02%	76.794	4,93%	30.238	13,53%	3.272	0,26%	0	0,00%	0	0,00%
Savana	13.662	5,75%	0	0,00%	9.090	0,58%	26.464	11,84%	29.692	2,38%	9.937	6,97%	200.260	72,11%
Savana-Estépica	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	7.541	3,38%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%
Formação Pioneira	5.687	2,39%	0	0,00%	5.671	0,36%	0	0,00%	16.472	1,32%	10.242	7,18%	2	0,00%
Corpo d'água continental	1.924	0,81%	238	0,15%	42.950	2,76%	1.780	0,80%	43.584	3,49%	3.430	2,40%	3.068	1,10%
Contato	39.657	16,70%	67	0,04%	227.721	14,61%	52.486	23,49%	119.250	9,55%	4.480	3,14%	59.048	21,26%
Total	237.515	100%	164.075	100%	1.558.956	100%	223.419	100%	1.248.571	100%	142.629	100%	277.727	100%

Fonte: Autores.

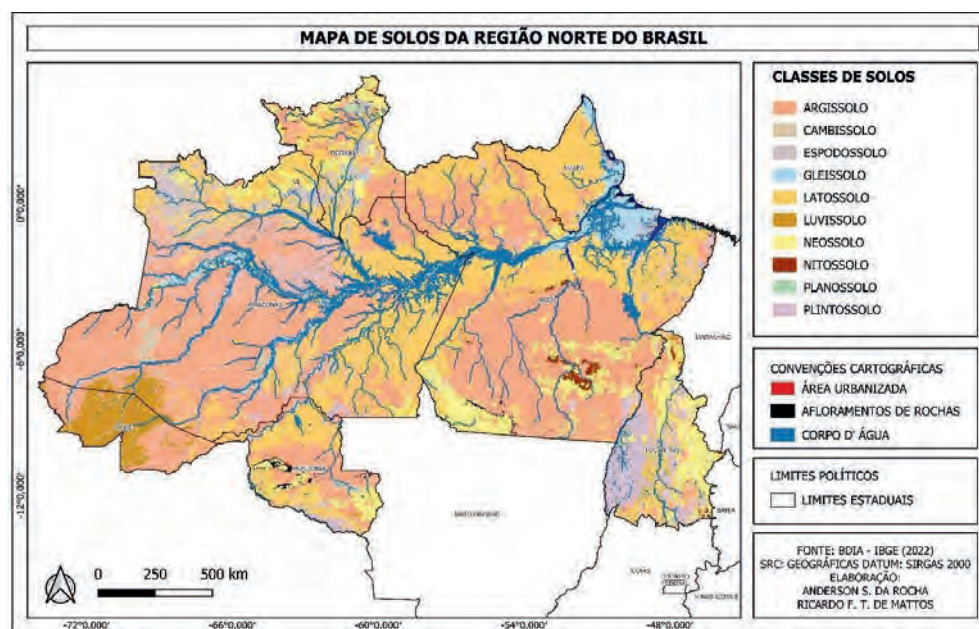
regiões expressam as variações climáticas, topográficas e pedológicas, principalmente visíveis nas áreas transicionais do bioma Amazônico como bioma do Cerrado e da Caatinga.

15.5. Mapeamento pedológico da região Norte

O mapeamento pedológico da região Norte do Brasil demonstra que a distribuição espacial dos solos apresenta grande variabilidade em função das características geológicas, geomorfológicas, climáticas e topográficas. Por meio do mapeamento espacial e quantitativo da cobertura pedológica, pode-se observar que na maioria dos estados ocorrem principalmente solos da ordem dos Latossolos e Argissolos (Figura 3, Tabela 3).

Os Latossolos e Argissolos (amarelos e vermelho-amarelos) ocorrem principalmente nos relevos planos e suave ondulados e se caracterizam como solos de textura média ou arenosa de boa drenagem, apresentando, portanto, condições favoráveis para o plantio de espécies arbóreas em diferentes estações. Essas classes de solos caracterizam-se por apresentar boa profundidade e boa permeabilidade, quando associados às condições de clima úmido presente na maioria da região Norte, esses solos podem ser muito favoráveis à introdução de espécies arbóreas em diferentes setores urbanos.

Figura 15.3 – Mapa de solos da região Norte do Brasil.



Fonte: Autores.

As classes de Neossolos e Cambissolos ocorrem geralmente nas porções norte e sul do bioma Amazônico. Esses solos surgem geralmente em áreas de maior dissecação do relevo e caracterizam-se como solos pouco profundos, com alto nível de susceptibilidade à erosão. Predominam nas regiões dos planaltos, sobretudo nos estados do Tocantins, de Roraima e de Rondônia.

As classes dos Plintossolos e Luvissolos ocorrem de forma setorizada na região Norte. Em ambientes com condições topográficas específicas, sobretudo no Tocantins, ocorre principalmente a classe dos Plintossolos. Os Luvissolos se concentram particularmente na porção central do estado do Acre. Em menor proporção ocorrem ainda os Planossolos e Nitossolos em pequenas áreas do território.

Tabela 15.3 – Distribuição espacial dos solos nos estados da região Norte do Brasil.

Classes de Solos	Rondônia		Acre		Amazonas		Roraima		Pará		Amapá		Tocantins	
	Área km²	%	Área km²	%	Área km²	%	Área km²	%	Área km²	%	Área km²	%	Área km²	%
Argissolo	91.387	38,48%	61.658	37,58%	682.957	43,81%	63.086	28,24%	599.023	48,09%	8.385	5,91%	32.033	11,53%
Cambissolo	8.997	3,79%	0	0,00%	21.571	1,38%	0	0,00%	3.110	0,25%	0	0,00%	8.309	2,99%
Chernossolo	72	0,03%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	81	0,03%
Espodossolo	813	0,34%	53	0,03%	112.074	7,19%	19.909	8,91%	2.716	0,22%	0	0,00%	0	0,00%
Gleissolo	5.350	2,25%	11.227	6,84%	147.934	9,49%	8.652	3,87%	80.789	6,49%	19.840	13,97%	9.002	3,24%
Latossolo	85.465	35,98%	3.399	2,07%	414.418	26,58%	73.966	33,11%	367.800	29,53%	106.614	75,08%	58.277	20,98%
Luvissolo	720	0,30%	85.723	52,25%	24.956	1,60%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	941	0,34%
Neossolo	26.623	11,21%	0	0,00%	54.175	3,48%	41.293	18,48%	102.497	8,23%	335	0,24%	65.372	23,54%
Nitossolo	462	0,19%	0	0,00%	0	0,00%	1.437	0,64%	12.999	1,04%	0	0,00%	1.842	0,66%
Organossolo	8	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%
Planossolo	0	0,00%	0	0,00%	1.073	0,07%	3.725	1,67%	0	0,00%	0	0,00%	155	0,06%
Plintossolo	10.628	4,47%	1.774	1,08%	55.987	3,59%	7.937	3,55%	33.373	2,68%	4.040	2,84%	98.714	35,54%
Dunas	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	6	0,00%
Outros	5.081	2,14%	0	0,00%	640	0,04%	1.646	0,74%	2.608	0,21%	0	0,00%	92	0,03%
Corpo d'água	1.911	0,80%	237	0,14%	43.168	2,77%	1.778	0,80%	40.765	3,27%	2.779	1,96%	2.905	1,05%
Total	237.514	100%	164.072	100%	1.558.954	100%	223.428	100%	1.245.679	100%	141.993	100%	277.727	100%

Fonte: Autores.

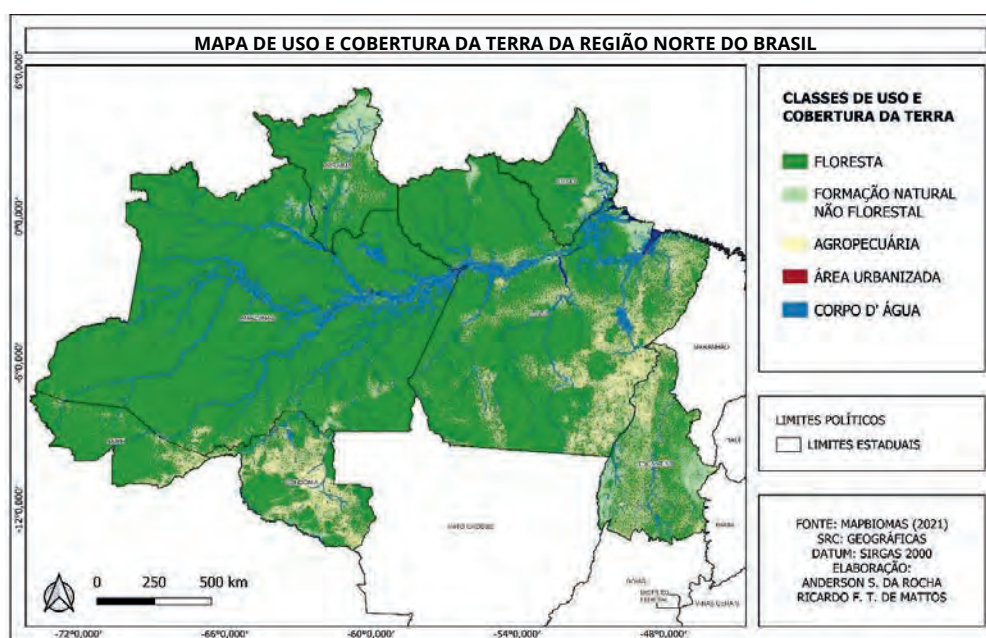
Na região Norte, também ocorre a presença dos solos hidromórficos do tipo Gleissolos, sobretudo nas áreas de planície da Bacia Amazônica. Esses solos apresentam-se nas áreas de igapó ao longo dos cursos hídricos no estado do Amazonas com área de 147 mil km², no Pará com área de 80 mil km² e no Amapá com pouco mais de 19 mil km². Os solos hidromórficos devem constituir áreas prioritárias para preservação. Essas áreas em muitos locais encontram-se entremeadas às cidades ribeirinhas e, portanto, podem compor corredores de biodiversidade integrados às grandes e pequenas cidades, visando à proteção de cursos hídricos e planícies alagadiças comuns na região Norte.

15.6. Mapeamento de uso e cobertura da terra da região Norte

O mapeamento de uso e cobertura da terra da região Norte evidencia uma ampla área com presença da vegetação florestal (Figura 4, Tabela 4). Na região também se observa um importante aumento do desmatamento e ampliação das áreas agrícolas e pecuárias nos estados do Pará, de Tocantins, de Rondônia e do Amazonas.

As coberturas vegetais florestais da região Norte apresentam grande distribuição espacial no estado do Amazonas com área de 1.453.867 km², compreendendo 93% da área total do estado, seguido pelo Pará com área de 931.055 km², cerca de 74% do estado. Os estados do Acre, do Amapá, de Roraima, também apresentam áreas predominantes de vegetação com porcentagens entre 73% e 84% dos seus respectivos territórios. Já nos estados de Rondônia e do Tocantins, as áreas de florestas compõem respectivamente 55% e 47% do total. Em termos gerais, esses estados apresentam áreas com florestas particularmente nativas.

Figura 15.4 – Mapa de uso e cobertura da terra da região Norte do Brasil.



Fonte: Autores.

Tabela 15.4 – Distribuição espacial do uso e cobertura da terra nos estados da região Norte do Brasil.

Classes de Mapeamento	Rondônia		Acre		Amazonas		Roraima		Pará		Amapá		Tocantins	
	Área km²	%	Área km²	%	Área km²	%	Área km²	%	Área km²	%	Área km²	%	Área km²	%
Floresta	132.947	55,95%	139.371	84,99%	1.453.867	93,30%	163.254	73,13%	931.055	74,76%	115.963	81,70%	130.856	47,17%
Formação Natural não Florestal	8.904	3,75%	150	0,09%	24.223	1,55%	43.969	19,70%	35.530	2,85%	19.182	13,51%	37.427	13,49%
Agropecuária	92.684	39,00%	23.795	14,51%	28.281	1,81%	11.353	5,09%	232.002	18,63%	2.464	1,74%	103.826	37,42%
Área não vegetada (exceto área urbanizada)	183	0,08%	0	0,00%	216	0,01%	33	0,01%	2.078	0,17%	60	0,04%	1.901	0,69%
Área Urbanizada	506	0,21%	162	0,10%	490	0,03%	165	0,07%	1.259	0,10%	133	0,09%	532	0,19%
Corpo d'água	2.407	1,01%	505	0,31%	51.042	3,28%	4.475	2,00%	43.533	3,50%	4.137	2,91%	2.882	1,04%
Usos não observados	0	0,00%	1	0,00%	172	0,01%	1	0,00%	1	0,00%	1	0,00%	0	0,00%
Total	237.631	100,00%	163.984	100,00%	1.558.291	100,00%	223.249	100,00%	1.245.458	100,00%	141.939	100,00%	277.424	100,00%

Fonte: Autores.

As formações naturais não florestais compreendem principalmente os campos alagados e as formações campestres. Os campos alagados ocorrem principalmente às margens dos cursos hídricos e na foz da Bacia Amazônica. Já as formações campestres compõem principalmente os planaltos elevados, com maior distribuição no norte de Roraima.

As formações florestais na região Norte encontram-se bastante associadas às áreas de proteção ambiental, sobretudo das áreas de conservação natural federais e estaduais. Na região existem grandes áreas, como as florestas nacionais, parques nacionais, reservas indígenas, reservas extrativistas, responsáveis pela ampla proteção do bioma Amazônico e manutenção da sustentabilidade da população local.

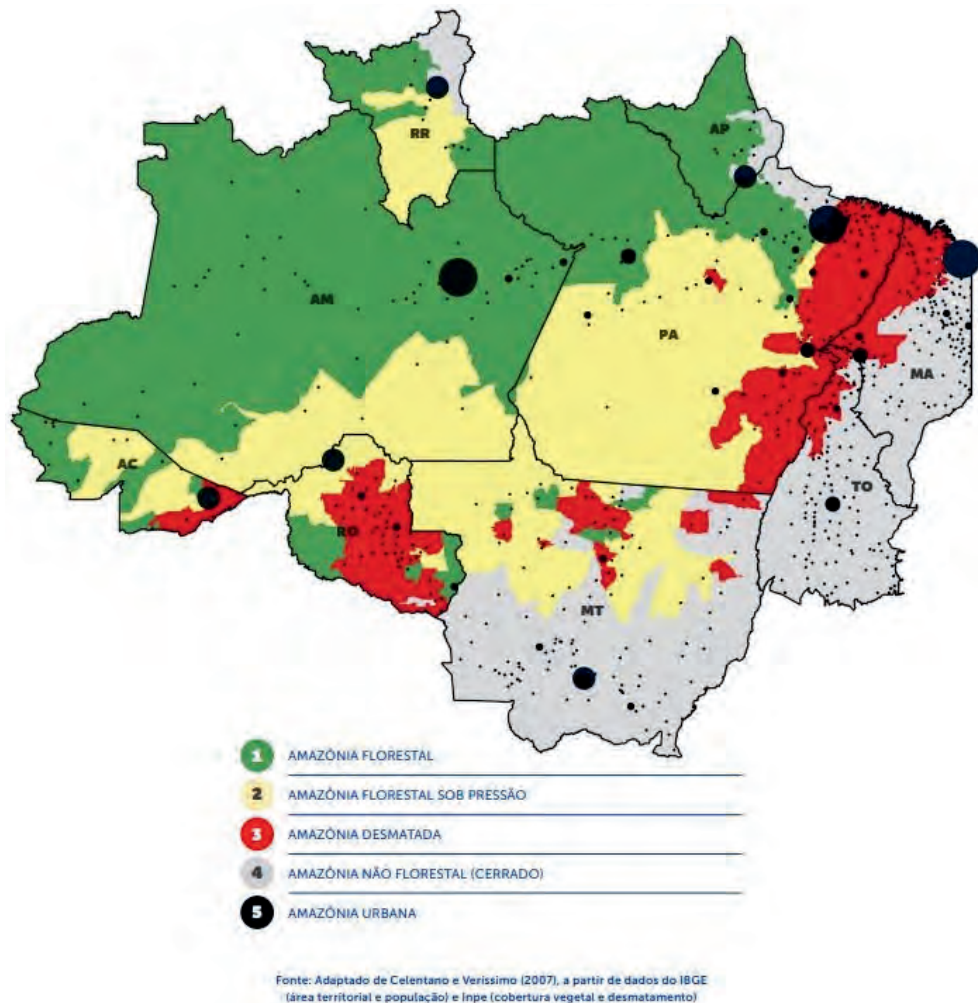
O uso agropecuário ocorre predominantemente na porção sudeste do Pará, oeste do Tocantins e diferentes porções dos estados de Rondônia, do Acre e sul do Amazonas. Em geral essas áreas são ocupadas para pastagem extensiva, além de uso agrícola e silvicultura. Nas últimas décadas, diferentes pesquisas científicas [7,8] têm apontado um conjunto de impactos socioambientais proporcionados pelo desmatamento, pela mineração e expansão inadequada de parte da atividade agropecuária. Essas pesquisas podem contribuir com projetos mais sustentáveis, associados ao planejamento ambiental, territorial e urbano no contexto da região Norte.

A urbanização no contexto do Norte brasileiro caracteriza-se por apresentar pouca representatividade em termos territoriais, sendo que as porcentagens das áreas urbanizadas compreendem menos de 1% da área total de todos os estados inseridos na região. Entretanto as cidades inseridas nesses contextos apresentam grande diferenciação em termos estruturais e ambientais. No Norte ocorrem desde cidades de grande porte, a exemplo daquelas inseridas nos setores metropolitanos com grande concentração populacional, até os pequenos núcleos urbanos, geralmente compostos por pequena densidade populacional, e cidades em áreas ribeirinhas, como aquelas localizadas em ambientes que margeiam as planícies alagadiças. Essa diversidade ambiental, socioeconômica e cultural dos espaços urbanizados demonstra a necessidade de planos diretores diferentes, com projetos de arborização e urbanização específicos para cada realidade local e regional.

15.7. A Amazônia Legal no contexto atual

Recentemente a região Norte apresenta-se no centro das discussões mundiais, sobretudo no que se refere às interferências antrópicas sofridas nas últimas décadas na área denominada Amazônia Legal. A área de abrangência da Amazônia Legal compreende os sete estados da região Norte e mais o estado do Maranhão presente na região Nordeste. Essa área tem sofrido modificações em sua paisagem, decorrentes do desmatamento e das atividades de expansão agropecuária, associadas à produção de *commodities*. Nessa região também são observados impactos ambientais e sociais, associados à produção mineral e à construção de hidrelétricas de grande porte. Para tratar do contexto atual da Amazônia Legal brasileira, o Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia (Imazon) [7] sugere a análise da região em cinco grandes zonas intituladas de: Amazônia florestal, Amazônia florestal sob pressão, Amazônia desmatada, Amazônia não florestal (Cerrado) e Amazônia urbana (Figura 5).

Figura 15.5 – As cinco zonas Amazônicas.



Fonte: Imazon [7].

Reconhecer as diferentes *Amazônias* é essencial para o entendimento e planejamento das políticas públicas de conservação e desenvolvimento sustentável da região. Na *Amazônia florestal* – onde há mais floresta e relativamente poucos habitantes –, as oportunidades estão voltadas para o fortalecimento dos serviços ambientais e do uso dos recursos florestais (bioeconomia), além da promoção da melhoria das condições sociais das populações. Na *Amazônia florestal sob pressão*, onde as taxas de desmatamento são mais elevadas, é fundamental estagnar o desmatamento e a degradação florestal com forte ação de comando e controle, combinada com alternativas econômicas sustentáveis. Na *Amazônia desmatada*, na *Amazônia não florestal*, onde predomina a vegetação de Cerrado, e na *Amazônia urbana*, que concentra 76% da população, é necessário melhorar a infraestrutura de saneamento, moradia, mobilidade, internet banda larga e principalmente a arborização urbana, haja vista que as mudanças climáticas impactam de forma muito intensa o bem-estar e a qualidade de vida nos 772 municípios da região [7].

O contexto climático atual regional já demonstra os drásticos efeitos do desmatamento na região Norte. Essas pressões antrópicas especialmente ocorridas na Amazônia Legal podem ocasionar mudanças preocupantes nas grandes capitais amazônicas, podendo resultar em um descontrole nos índices pluviométricos e de temperatura (9). Essas modificações já visíveis no clima local e regional demonstram a necessidade de políticas públicas mais incidentes para conter o desmatamento no Norte do Brasil.

Diante dessa realidade, uma das alternativas para melhoria do cenário futuro decorre da recomposição de vegetação de diferentes ambientes. Quando se trata de espécies adequadas para um intenso adensamento da arborização urbana da região, estudos realizados recentemente [10,11] têm selecionado grupos de espécies nativas visando à ampliação da qualidade ambiental desses espaços.

15.8. Considerações finais

O Norte do Brasil apresenta rica biodiversidade e um sistema fisionômico-ecológico composto pelas unidades de Florestas Ombrófilas (Densa e Aberta), apresentando em menor proporção as Florestas Estacionais (sempre-verde, semidecidual e decidual), ocorrendo ainda as Savanas, a Campinarana e as Formações Pioneiras. No Norte brasileiro, destacam-se em alguns estados importantes zonas de contato vegetacional e amplas áreas de proteção ambiental.

Os mapas temáticos de unidades de vegetação, de solos e uso e cobertura da terra, trazem a possibilidade de representação espacial e análise quantitativa das características ambientais e das atividades antrópicas presentes na região Norte. O mapa das Unidades Fitoecológicas traz várias contribuições para observação da composição fisionômica original, permitindo, portanto, a manutenção e ampliação do plantio de espécies nativas de forma correta em nível local, estadual e regional.

Os sete estados da região Norte brasileira apresentam importantes áreas urbanas disseminadas por grandes e pequenas cidades. Essas áreas encontram-se inseridas no contexto de abrangência da Amazônia Legal e podem constituir espaços fundamentais para projetos de arborização, com a observação correta de espécies nativas que possibilitem ampliar qualidade ambiental e proteção do bioma que mais sofre pressão no contexto atual brasileiro.

15.9. Referências

- [1] Brasil. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Cidades. 2022. [acesso 3 set. 2022]. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/panorama>
- [2] Brasil. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Mapeamento de Recursos Naturais – Base contínua de Vegetação do Brasil – Escala 1:250.000. 2021. [acesso 10 fev. 2022]. Disponível em: https://metadadosgeo.ibge.gov.br/geonetwork_ibge/srv/por/catalog.search#/metadata/3b3c686e-8c91-41d8-94aa-dd861461f0b0/formatters/xsl=-view?root=div&view=advanced
- [3] Santos HG, Jacomine PKT, Anjos LHC, Oliveira VA, Lumbrreras JF, Coelho MR, Almeida JA, Araújo Filho JC, Oliveira JB, Cunha TJF. Sistema brasileiro de classificação de solos. 5. ed. Brasília: Embrapa; 2018.

- [4] Brasil. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Mapeamento de Recursos Naturais – Base contínua de Pedologia do Brasil – Escala 1:250.000. 2021. [acesso 20 set. 2022]. Disponível em: https://metadadosgeo.ibge.gov.br/geonetwork_ibge/srv/por/catalog.search#/metadata/78aca02d-7198-43a0-ae23-b4d7b416553e/formatters/xsl=-view?root=div&view=advanced
- [5] MapBiomas. Projeto MapBiomas – Coleção 7 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil. 2021. [acesso 22 out. 2022]. Disponível em: <https://plataforma.brasil.mapbiomas.org/>
- [6] Brasil. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Malha municipal. 2021. [acesso 8 set. 2022]. Disponível em: <https://ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/15774-malhas.html?=&t=o-que-e>
- [7] Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia (Imazon). As cinco Amazônia: bases para o desenvolvimento sustentável da Amazônia Legal. Belém: Imazon; 2022. (Número 52, p. 34). [acesso 10 fev. 2023]. Disponível em: <https://amazonia2030.org.br/wp-content/uploads/2022/11/As5Amazonias.pdf>
- [8] Souza CM, Shimbo JZ, Rosa MR, Parente LL, Alencar AA, Rudorff BFT, et al. Reconstructing three decades of land use and land cover changes in Brazilian biomes with Landsat archive and Earth Engine. *Remote Sens.* 2020;12(17):2735. doi:10.3390/rs12172735
- [9] Souza SAS, Peres LV, Martins CA. Conhecimento tradicional do povo Borari de Alter do Chão relacionado a questões de tempo e clima. *Bol Goiano Geogr.* 2022;42:e70206.
- [10] Zappi DC, Lovo J, Hiura A, Andrino CO, Barbosa-Silva RG, Martello F, Gadelha-Silva L, Viana PL, Giannini TC. Telling the wood from the trees: ranking a tree species list to aid urban afforestation in the Amazon. *Sustainability.* 2022;14(3):1321.
- [11] Soares ACS, Santos RO, Soares RN, Cantuaria PC, Lima RB, Silva BMS. Paradox of afforestation in cities in the Brazilian Amazon: an understanding of the composition and floristic similarity of these urban green spaces. *Urban For Urban Green.* 2021;66:127374.

Capítulo 16

CARACTERIZAÇÃO FLORÍSTICA DO ACRE E INDICAÇÃO DE ESPÉCIES NATIVAS POTENCIAIS PARA ARBORIZAÇÃO URBANA

Por Espólio de Ary Vieira de Paiva, Maria Cristina de Campos Paiva, Raí Moraes Sampaio de Paiva e Marcos Silveira

16.1. Destaques deste capítulo

1. A Amazônia abriga uma das maiores diversidades florísticas do planeta, e o Acre se destaca por suas peculiaridades edafoclimáticas, raridades e endemismos;
2. O Acre possui 4.351 espécies vegetais catalogadas, sendo 1.782 arbóreas;
3. Neste capítulo é apresentada uma lista com 114 espécies arbóreas nativas, destacando aquelas que apresentam características estéticas e ambientais para uso nos vários sítios urbanos;
4. Apesar da elevada biodiversidade florística da região, o número de indivíduos arbóreos é baixo, concentrando-se em poucas espécies, em sua maioria exóticas;
5. A vegetação urbana das cidades do Acre é composta principalmente por remanescentes florestais naturais presentes em parques urbanos e Unidades de Conservação.

16.2. Introdução

A melhoria e manutenção da qualidade de vida da população humana é um grande desafio no mundo de hoje, o que nos tem conduzido à revisão de nossos hábitos e ao desenvolvimento de novas estratégias e novos planejamento de ações. Diuturnamente, presenciamos a degradação de vários componentes ambientais: poluição das águas, destruição dos solos, contaminação dos alimentos, perda da cobertura florestal, propagação dos incêndios florestais e perda de biodiversidade são alguns exemplos dessa degradação.

Os ambientes urbanos, principalmente nos países em desenvolvimento, apresentam qualidade distante do ideal para os seres humanos. Após presenciarmos a intensificação do êxodo rural no Brasil, e, em decorrência, a ocupação desordenada das cidades, notamos que a maioria delas apresenta um quadro caótico, tanto em sua infraestrutura física quanto funcional.

Portanto, é inadiável pensarmos em cidades sustentáveis por meio do planejamento integrado a longo prazo de seus equipamentos e serviços. Atualmente, a vegetação também deve ser entendida como um componente fundamental da infraestrutura urbana e deve ter o peso equivalente

ao das outras estruturas ao se pensar no funcionamento dos ambientes urbanos com qualidade ambiental e tratada de maneira integrada, não apenas complementar.

O que assistimos no país é um descaso com o planejamento urbano e principalmente a interface das estruturas físicas dos centros urbanos e da vegetação, que se apresenta muito distante dos indicadores técnicos de qualidade nos seus principais requisitos. Convivemos ainda com enormes paradoxos, como cidades com poucas árvores nas calçadas mesmo inseridas no contexto da Floresta Amazônica.

Para viabilizar ações efetivas no planejamento integrado da vegetação urbana, os técnicos e tomadores de decisão precisam ter conhecimento a respeito das espécies vegetais, principalmente as de ocorrência natural em suas respectivas regiões.

O presente trabalho sugere para a arborização no Acre uma lista de espécies arbóreas destacadas dentre vários levantamentos florísticos e inventários florestais realizados no estado, com potencial para uso no ambiente urbano, em seus vários sítios, bem como informações básicas sobre cada uma delas.

16.3. Caracterização política e ambiental do estado do Acre

O estado do Acre está situado na região sul-ocidental da Amazônia Legal e faz fronteira internacional com a Bolívia e o Peru e com os estados brasileiros do Amazonas e de Rondônia. O estado é constituído por 22 municípios, possui área territorial de 164.123,964 km², população estimada em 2022 de 830.018 habitantes e IDH calculado para 2021 de 0,71 [1].

16.4. Geologia, geomorfologia e solos

O Acre está localizado no bloco continental sul-americano, província estrutural Amazonas-Solimões, onde são encontrados diversos terrenos geológicos oriundos de sucessivos processos de aglutinação, fragmentação e dispersão de paleoplacas tectônicas, que deram origem a oceanos, lagos de água doce, planícies e montanhas [2]. Três regiões geologicamente distintas ocorrem no estado: o Complexo Fisiográfico da Serra do Divisor, os Sedimentos das Formações Ramon e Solimões – a mais representativa, estendendo-se por mais de 80% do território – e as áreas aluviais, formadas pelos terraços fluviais dos depósitos recentes do Quaternário [3].

Sobre a Formação Solimões são encontradas três unidades morfoestruturais [3]. Na superfície mais baixa, até 200 m, está a Planície Amazônica, representada pelas planícies aluviais existentes ao longo dos rios e terraços sequenciais resultantes de deposições ocorridas no Quaternário. Na superfície elevada até 300 m, está a Depressão Rio Acre-Javari, que na região da Serra do Divisor pode alcançar 580 m. E na posição intermediária, até 250 m, está o Planalto Rebaixado da Amazônia, caracterizado pela presença de interflúvios tabulares com relevo plano.

Os solos no Acre têm características específicas pouco comuns em solos do restante do país, como a presença de gipsita e de material carbonático que evidenciam o passado árido da região, e argila de alta atividade [4]. Os Luvissolos e os Argissolos predominam no estado e estão presentes no Planalto Rebaixado e na Depressão Rio Acre-Javari. Os Luvissolos apresentam argilas de alta atividade, responsáveis pelo caráter eutrófico, porém são pouco profundos e susceptíveis à erosão, o que restringe o seu uso agrícola. Os Argissolos possuem argilas de baixa atividade e

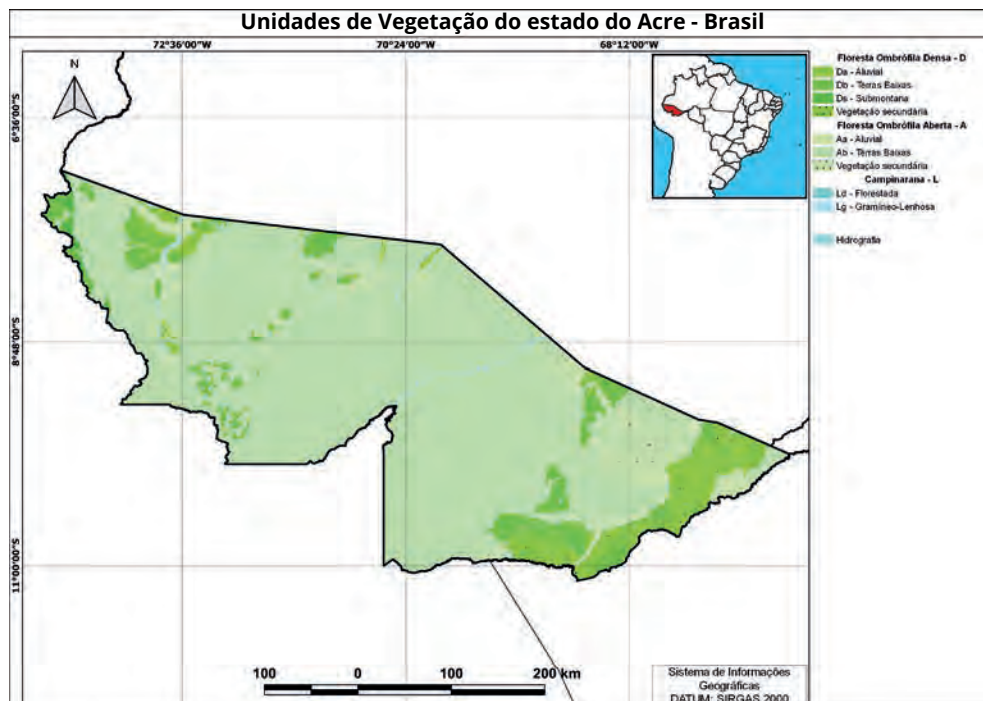
alta saturação de alumínio, com baixa e média fertilidade, e também são susceptíveis à erosão. No Planalto Rebaixado, além dos Luvissolos, também ocorrem os Latossolos, Argissolos e Plintossolos. Na Depressão Rio Acre-Javari ocorrem os Argissolos, Cambissolos, Plintossolos, Vertissolos, Luvissolos e Alissolos, e nas áreas aluviais, os Gleissolos e Neossolos.

16.5. Clima, hidrografia e vegetação

O clima no Acre é classificado como equatorial quente e úmido, com gradiente na distribuição das chuvas ao longo do ano, de leste a oeste, ocorrendo na capital Rio Branco, no Vale do Rio Acre, três meses de período seco, dois meses em sua região média, no Vale do Rio Purus e uma subseca na região de Cruzeiro do Sul, no Vale do Rio Juruá, no extremo oeste [5]. A temperatura média anual é de 25,1 °C, sendo em Rio Branco 25,10 °C, Tarauacá 25,7 °C e Cruzeiro do Sul 25,6 °C. A precipitação média anual para o estado é de 2.126,0 mm. No município de Rio Branco, a precipitação é de 1.997,6 mm, em Tarauacá de 2.212,9 mm e em Cruzeiro do Sul, 2.167,4 mm [6].

O Acre possui uma extensa rede hidrográfica, cujos rios correm no sentido sudoeste-nordeste de forma praticamente paralela e deságuam nos rios do estado do Amazonas. As principais bacias são as dos rios Juruá e Purus. Os rios mais caudalosos distribuídos em sua porção oeste são o Moa e Juruá. No centro, Tarauacá, Envira e Purus e no leste, Macauã, Iaco, Acre e Abunã. Todas as cidades do estado situam-se às margens dos rios, por serem as principais vias de transporte [6].

Figura 16.1 – Mapa de vegetação do estado do Acre com destaque para as tonalidades verde-claro (Floresta Aberta) e verde-escuro (Floresta Densa).



Fonte: Adaptado de dados do IBGE.

A vegetação no Acre é formada, predominantemente, por florestas ombrófilas abertas e florestas densas (Figura 1) e por manchas de campinaranas restritas à região do Alto Juruá. As florestas densas ocorrem nas áreas aluviais, nas terras baixas e no Complexo Fisiográfico da Serra do Divisor. Dependendo da dominância das formas de vida, a floresta ombrófila aberta é conhecida como aberta com palmeiras, com bambu ou com cipó, e pode ocorrer em áreas aluviais e nas terras baixas. O número de árvores com 10 cm de diâmetro em parcelas permanentes varia de 297 a 632 por hectare e o número de espécies de 97 a 201 por hectare [7].

16.6. Arborização urbana

A vegetação urbana das cidades do Acre é constituída basicamente por remanescentes florestais naturais encontrados em parques urbanos e Unidades de Conservação. Nas praças e calçadas são encontrados arranjos com espécies herbáceas, arbustivas e arbóreas, nativas e exóticas. Também são comuns amplos quintais nas residências, constituídos basicamente por espécies frutíferas e hortícolas, exóticas e nativas.

Em um estudo sobre o cultivo de espécies alimentícias em quintais urbanos em Rio Branco, foram observadas 77 espécies de uso alimentar, distribuídas em 34 famílias botânicas, destacando-se Solanaceae (12,6%) e Myrtaceae (11,3%), constituídas por espécies frutíferas (62%) e hortícolas (38%), sendo 82,3% exóticas [8].

As áreas urbanas com vegetação florestal nativa remanescente são abundantes em diversos municípios.

O estudo sobre a espacialização das áreas verdes do perímetro urbano de Rio Branco em parques e Unidades de Conservação encontrou um Índice de Área Verde por Habitante de 10 m², um dos maiores da região Norte, porém, ainda aquém do recomendado pela Sociedade Brasileira de Arborização Urbana – SBAU (15 m² por habitante) [9].

Em Cruzeiro do Sul, foi encontrado um valor de 17,09 m² por habitante, índice superior ao recomendado pela SBAU. Nem todas essas áreas são urbanizadas, não permitindo acesso e uso direto, mas elas conferem qualidade de vida à população local pelos serviços ambientais prestados [10].

Embora o Índice de Área Verde por Habitante de alguns municípios se aproxime e até ultrapasse o valor recomendado pela SBAU, a arborização viária urbana é muito incipiente nos municípios do Acre.

Apesar das elevadas temperaturas diárias e elevada radiação ultravioleta, segundo o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE [11], a população que se desloca pelas calçadas das vias públicas urbanas conta com pouca proteção de árvores. Em Rio Branco, em um inventário da arborização foram encontradas 4,57 árvores/km de calçada, valor muito abaixo das 100 árvores/km de calçada recomendado pela SBAU, além da ocorrência de 39 espécies arbóreas, das quais 78,57% são exóticas [12]. No bairro Cidade Nova, foram registrados 77 indivíduos pertencentes a 19 espécies de árvores, 68,4% delas exóticas [13]. No Parque Tucumã, também na capital do

Acre, foram registradas 69 espécies de árvores, a maioria delas sendo da família Fabaceae e Arecaceae, em um total de 576 indivíduos, dos quais 74% correspondem a espécies nativas [14]. No município de Senador Guimard, foram catalogadas 6,2 árvores/km de calçada, distribuídas em 28 espécies, das quais 88,3 são exóticas [15], e em Acrelândia, foram encontradas 5,75 árvores/km de calçada, totalizando 25 espécies, 92,8 % exóticas [16].

Apesar da elevada biodiversidade florística da região, observa-se um número reduzido de indivíduos arbóreos, concentrados em poucas espécies, em sua maioria exóticas.

16.7. A riqueza de espécies arbóreas na flora do Acre

Embora já conhecida e utilizada pelos moradores locais e povos indígenas, a flora regional começou a ser documentada pela ciência com as coletas pioneiras de Ernst Ule, realizadas em 1901 no Alto Juruá e em 1911 na região leste do estado, e por João Geraldo Kuhlmann, em 1923, também nesta última região [7]. A partir de então, a visita paulatina de mais de uma centena de botânicos à região e o estabelecimento de uma colaboração interinstitucional efetiva entre a Universidade Federal do Acre e o New York Botanical Garden (NYBG) alavancaram os estudos sobre a flora regional.

No primeiro catálogo da flora do Acre, Daly & Silveira [7] listaram 4.004 espécies de plantas para o estado, sendo 1.656 delas árvores, arvoretas, estrangulantes, bambus arborescentes ou parasitas. Cinco anos pós-catálogo, Medeiros et al. [17] revisaram as amostras identificadas nos herbários e acrescentaram 347 novos táxons à lista e mais 125 espécies ao hábito arbóreo. Assim, existem no Acre 4.351 espécies, 1.782 delas são árvores, o que corresponde a pouco mais de 25% das 6.727 espécies arbóreas conhecidas na Amazônia [18].

No município de Rio Branco, das 917 espécies registradas, 390 são árvores, o que equivale a uma árvore para cada 2,3 plantas coletadas. Essa riqueza de espécies arbóreas corresponde a 42,5% da flora conhecida na capital, 21,8% das espécies de árvores conhecidas no Acre e 5,8% da flora arbórea da Amazônia [18].

Diante desse potencial enorme, é inadmissível que setores do município e do estado continuem investindo recursos na aquisição de espécies arbóreas exóticas fora do estado, a exemplo do que ocorre rotineiramente a cada mudança de governo. E a falta de opções em meio a tanta diversidade não é uma desculpa para o estabelecimento de um programa efetivo de arborização urbana. Naturalmente, por estarmos na Amazônia, esperamos encontrar cidades com um percentual alto de arborização. Mas não é isso o que acontece. Um estudo realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, em 15 cidades com mais de um milhão de habitantes, indicou, durante a pré-coleta do Censo de 2010 [2], Belém e Manaus, como as duas maiores capitais da região amazônica com os menores percentuais de arborização.

A Tabela 1 apresenta uma relação de 114 espécies nativas do Acre, com potencial para uso nos vários sítios urbanos, que foram destacadas, dentre outras, de várias obras da literatura [7,17-23]. O destaque decorre das suas características estéticas e funcionais já conhecidas, como porte, floração, desenvolvimento, fenologia, dentre outras características listadas.

Tabela 16.1 – Famílias e espécies arbóreas nativas sugeridas para uso em arborização urbana nos municípios do estado do Acre – Lista Aberta com os seus respectivos atributos ecológicos, morfológicos, fenológicos, reprodutivos e de adequação de plantio às cidades.

Família/Espécie	Nome popular	UF	AM (m)	DAP (cm)	AP	DM	TF	PF	R	EF1	EFr	D	DP	SC
Anacardiaceae														
<i>Anacardium giganteum</i> W. Hancock ex Engl.	cajuí	D	30	60	EA	Bx	A	Sc	NA	Ago-Out	Dez-Abr	Zoo-Aut	Bx	NA
<i>Spondias mombin</i> L.	cajá; taperebá	D	25	100	EA	Me	L	C	NA	Ago-Set	Dez-Fev	Zoo-Aut	Bx	NA
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	pau-pombo	D	14	60	EA	Me	L	Ps	NA	Ago-Dez	Jan-Mar	Zoo-Aut	Bx	NA
Annonaceae														
<i>Orychopetalum periquino</i> (Rusby) D.M.Johnson & N.A.Murray	envira-caju	D	18	20	EA	Me	L	Ps	NA	Ago-Out	Fev-Mar	Zoo-Aut	Bx	NA
Apocynaceae														
<i>Aspidosperma discolor</i> A.DC.	carapanáuba	D	30	100	EA	Al	L	Sc	NA	Set-Out	Ago-Set	Ane	Bx	NA
<i>Aspidosperma vargasii</i> A.DC. Vários depósitos no NYBG confirmam a sua ocorrência no Brasil – Acre, Amazonas e Rondônia	amarelão	D	30	80	EA	Al	L	Sc	NA	Nov-Mar	Abr-Jul	Ane	Bx	NA
<i>Couma utilis</i> (Mart.) Müll.Arg.	sorva	D	12	60	EA	Me	L	Sc	NA	Dez-Mar	Abr-Jul	Zoo-Aut	Bx	NA
<i>Himatanthus sucuba</i> (Spruce) Woodson	sucuuba, janaguba	D	20	30	C	Me	L	Sc	AP	Ago-Out	Mar-Mai	Ane-Zoo	Bx	NA
Araliaceae														
<i>Schefflera morototoni</i> (Aubl.) Maguire, Steyerl. & Frodin	morototó	D	30	100	EA	Bx	L	Ps	NA	Jan-Ago	Abr-Nov	Zoo	Bx	NA
Areaceae														
<i>Attalea butyracea</i> (Mutis ex Lf) Wess.Boer	jaci	D	20	80	EA	Bx	L	Ps	NA	Jan-Jan	Jan-Jan	Zoo-Aut	Bx	NA
<i>Attalea maripa</i> (Aubl.) Mart.	inajá	D	14	200	EA	Bx	L	Ps	NA	Ago-Set	Mar-Jun	Zoo-Aut	Bx	NA

(continua)

(continuação)

Família/Espécie	Nome popular	UF	AM (m)	DAP (cm)	AP	DM	TF	PF	R	EFi	EFr	D	DP	SC
<i>Attalea phalerata</i> Mart. ex Spreng.	uricuri	D A	8	40	EA	Bx	L	Ps	NA	Jun-Dez	Mar-Out	Zoo-Aut	Bx	NA
<i>Attalea speciosa</i> Mart. ex Spreng.	babaçu	D A	15	30	EA	Me	L	Ps	NA	Jan-Abr	Ago-Jan	Zoo-Aut	Bx	NA
<i>Attalea tesmannii</i> Burret	coção	A	15	35	EA	Bx	L	Ps	NA	Dez-Fev	Nov-Mar	Zoo-Aut	Bx	NA
<i>Astrocaryum aculeatum</i> G.Mey.	tucumã	D A	25	35	EA	Me	L	Ps	NA	Jul-Mar	Set-Dez	Zoo-Aut	Bx	NA
<i>Bactris gasiphae</i> Kunth	pupunha	D A	16	18	EA	Bx	L	Ps	NA	Ago-Nov	Dez-Mar	Zoo-Aut	Bx	NA
<i>Euterpe precatoria</i> Mart. var. <i>precatoria</i>	açaí	D A	20	18	EA	Bx	L	Ps	NA	Jan-Mar	Jul-Nov	Zoo-Aut	Bx	NA
<i>Iriartea deltoidea</i> Ruiz & Pav.	paxiubão	D A	25	30	EA	Bx	L	Ps	NA	Nov-Fev	Out-Fev	Zoo-Aut	Bx	NA
<i>Mauritia flexuosa</i> L.f.	buriti	D A	25	25	EA	Bx	L	Ps	NA	Fev-Ago	Fev-Mai	Zoo-Aut	Bx	NA
<i>Oenocarpus bacaba</i> Mart.	bacaba	D	15	30	EA	Al	L	Ps	NA	Jul-Dez	Set-Abr	Zoo-Aut	Bx	NA
<i>Oenocarpus batana</i> Mart.	pataúá	D A	10	25	EA	Al	L	Ps	NA	Mai-Dez	Dez-Abr	Zoo-Aut	Bx	NA
<i>Phylephas macrocarpa</i> Ruiz & Pav.	jarina	D A	10	30	EA	Me	L	Ps	NA	Jan-Jan	Jan-Jan	Zoo-Aut	Al	NA
<i>Socratea exorrhiza</i> (Mart.) H.Wendl.	paxiubinha	D A	15	40	EA	Me	L	Ps	NA	Mai-Ago	Mar-Out	Zoo-Aut	Bx	NA
Bixaceae														
<i>Bixa orellana</i> L.	urucum	D	6	15	C	Bx	L	Ps	AP	Jan-Jan	Jan-Jan	Zoo-Aut	Bx	NA
<i>Cochlospermum orinocense</i> (Kunth) Steud.	pacoté	D A	10	30	EA	Bx	A	C	NA	Jun-Ago	Jul-Set	Ane	Bx	NA
<i>Platonia insignis</i> Mart.	bacuri-de-anta	A	40	100	EA	Al	L	C	NA	Jul-Set	Jan-Mar	Zoo-Aut	Bx	NA
<i>Vismia guianensis</i> (Aubl.) Choisy	lacre	D A	7	20	C	Me	A	Ps	AP	Abr-Mar	Jul-Set	Zoo-Aut	Bx	NA

(continua)

(continuação)

Família/Espécie	Nome popular	UF	AM (m)	DAP (cm)	AP	DM	TF	PF	R	EFl	EFr	D	DP	SC
Bignoniaceae														
<i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D.Don	marupá	D	A	30	80	EA	Bx	L	C	NA	Set-Out	Mar-Abr	Ane	Bx NA
<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	pau-d'arco-roxo	D	A	25	80	EA	Me	L	C	NA	Mai-Jun	Jul-Ago	Ane	Bx NA
<i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S.Grose	pau-d'arco- amarelo	D	A	25	80	EA	Me	L	C	NA	Ago-Nov	Out-Dez	Ane	Bx NA
<i>Sparattosperma leucanthum</i> (Vell.) K.Schum.	pau-d'arco-branco	D	A	10	40	C	Bx	L	Sc	AP	Jan-Abr	Abr-Mai	Ane	Bx NA
Boraginaceae														
<i>Cordia nodosa</i> Lam.	buxuxi-de-formiga	D	A	15	30	C	Me	A	Sc	AP	Mai-Jun	Jul-Ago	Ane	Bx NA
Burseraceae														
<i>Protium paniculatum</i> Engl.	breu-de-resina	D	A	15	30	C	Al	L	Ps	AP	Jul-Set	Dez-Fev	Zoo	Bx NA
Calophyllaceae														
<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess.	jacareúba	D	A	43	120	EA	Al	L	Ps	NA	Ago-Nov	Mar-Jun	Zoo-Aut-Hidr	Bx NA
Chrysobalanaceae														
<i>Licania tomentosa</i> (Benth.) Fritsch	oiti	D		9	50	C	Me	L	Ps	AP	Jul-Ago	Jan-Mar	Zoo-Aut	Bx NA
Euphorbiaceae														
<i>Alchornea castaneifolia</i> (Willd.) A.Juss.	urana, orana	D	A	6	20	C	Bx	L	C	AP	Jan-Mar	Mar-Mai	Hidr-Zoo	Al NA
<i>Alchornea discolor</i> Poepp.	supiarana	D	A	15	25	C	Bx	L	Ps	AP	Ago-Dez	Jan-Mar	Hidr-Zoo	Bx NA
<i>Mabea pohlana</i> (Benth.) Müll.Arg.	mamoninha	D	A	12	20	C	Bx	A	Sc	AP	Fev-Mar	Abr-Mai	Aut	Bx NA

(continua)

(continuação)

Família/Espécie	Nome popular	UF	AM (m)	DAP (cm)	AP	DM	TF	PF	R	EFl	EFr	D	DP	SC
Fabaceae														
<i>Amburana acoreana</i> (Ducke) A.C.Sm.	cerejeira	D	40	100	EA	Al	L	C	NA	Mai-Jun	Jul	Ane	Bx	VU
<i>Andira inermis</i> (W.Wright) DC.	angelim-branco	D	35	70	EA	Al	A	Ps	NA	Out-Dez	Abr-Jun	Aut-Zoo	Bx	NA
<i>Andira macrothyrsa</i> Ducke	angelim	D	40	100	EA	Al	A	Ps	NA	Dez-Jan	Jun-Jul	Aut-Zoo	Bx	NA
<i>Barnebydendron riadeli</i> (Tul.) J.H.Kirkbr.	guaribeiro	D	10	30	EA	Me	L	C	NA	Out-Nov	Jun-Set	Aut	Bx	NA
<i>Bonduchia nitida</i> Spruce ex Benth.	sucupira	D	40	120	EA	Al	L	C	NA	Mai	Jun	Ane	Md	NA
<i>Cassia fastuosa</i> Willd. ex Benth.	canafistula	D	40	100	EA	Me	L	C	NA	Ago-Nov	Ago-Set	Aut	Bx	NA
<i>Centrolobium ochroxylum</i> Rose ex Rudd	araribá	A	20	80	EA	Al	L	C	NA	Jan-Mar	Ago-Set	Ane	Bx	NA
<i>Clitoria arborea</i> Benth.var. arborea	palheteira	D	8	20	C	Me	L	C	AP	Abr-Mai	Mai-Jun	Aut	Bx	NA
<i>Copaifera multijuga</i> Hayne	copaíba	D	36	80	EA	Me	L	C	NA	Dez-Mai	Mai-Jul	Zoo-Aut	Bx	NA
<i>Copaifera paupera</i> (Herzog) Dwyer	copaíba	D	40	100	EA	Me	L	C	NA	Out-Jul	Jul-Out	Zoo-Aut	Bx	NA
<i>Copaifera reticulata</i> Ducke	copaíba	D	40	70	EA	Me	L	C	NA	Out-Jul	Jul-Out	Zoo-Aut	Bx	NA
<i>Enterolobium schomburgkii</i> (Benth.) Benth.	orelhinha	D	20	80	EA	Al	L	C	NA	Set-Out	Jul-Out	Aut-Zoo	Bx	NA
<i>Erythrina fissa</i> Lour.	mulungu	D	25	60	EA	Bx	A	C	NA	Mai-Set	Nov	Aut	Bx	NA
<i>Erythrina poeppigiana</i> (Walp.) O.F.Cook	mulungu	D	25	120	EA	Bx	A	C	NA	Jun-Jul	Jul	Aut	Bx	NA
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	jatobá	D	40	200	EA	Al	L	C	NA	Set-Out	Jul-Set	Zoo-Aut	Bx	NA
<i>Hymenaea parvifolia</i> Huber	jutaí	D	30	50	EA	Al	L	C	NA	Out-Dez	Jun-Set	Zoo-Aut	Bx	VU

(continua)

(continuação)

Família/Espécie	Nome popular	UF	AM (m)	DAP (cm)	AP	DM	TF	PF	R	EFl	EFr	D	DP	SC
<i>Hymenolobium nitidum</i> Benth.	angelim-pedra	D	A	20	EA	Al	L	C	NA	Mai-Jun	Jul-Set	Ane	Md	NA
<i>Inga laurina</i> (Sw.) Willd.	ingá-branco	D	A	20	EA	Bx	L	Ps	NA	Ago-Dez	Nov-Fev	Aut-Zoo	Bx	NA
<i>Macarobium acutifolium</i> (Benth.) Benth.	arapari	D	A	25	EA	Bx	L	C	NA	Set-Dez	Dez-Mar	Hidr-Zoo	Bx	NA
<i>Myrcosylon balsamum</i> (L.) Harms	pau-de-incenso	D	A	30	EA	Al	L	C	NA	Jul-Set	Out-Nov	Ane	Bx	NA
<i>Ormosia grandiflora</i> (Tul.) Rudd	muirapiranga	D	A	15	C	Al	A	Sc	AP	Out-Nov	Set-Out	Aut	Md	NA
<i>Ormosia parvaensis</i> Ducke	olho-de-cabra	D	A	15	C	Al	A	Sc	AP	Out-Nov	Set-Out	Aut	Md	NA
<i>Parkia pendula</i> (Willd.) Benth. ex Walp.	angico	D	A	55	EA	Al	L	C	NA	Mai-Jul	Set-Nov	Aut-Zoo	Bx	NA
<i>Pterocarpus rohrii</i> Vahl	pau-sangue	D	A	30	EA	Al	L	Ps	NA	Out-Dez	Mai-Jun	Ane	Md	NA
<i>Schizolobium paralypha</i> var. <i>amazonicum</i> (Huber ex Ducke) Barneby	paricá	D	A	30	EA	Bx	L	C	NA	Ago-Out	Abr-Jul	Ane	Bx	NA
<i>Senna multiuga</i> (Rich.) H.S.Irwin & Barneby	são-joão	D	A	5	C	Bx	L	C	AP	Fev-Jun	Jul-Ago	Aut	Bx	NA
<i>Senna sihestris</i> (Vell.) H.S.Irwin & Barneby	são-joão-vermelho	D	A	5	C	Bx	L	C	AP	Fev-Abr	Abr-Jun	Aut	Bx	NA
<i>Stryphnodendron guianense</i> (Aubl.) Benth.	baginha	D	A	15	C	Bx	L	C	AP	Out-Nov	Jul-Set	Aut-Zoo	Bx	NA
<i>Swartzia polyphylla</i> DC.	pitaica	D	A	40	EA	Al	L	Ps	NA	Set-Jan	Jan-Fev	Aut	Bx	NA
<i>Swartzia myrsifolia</i> Sm.	muirajiboia-preta	D	A	13	C	Al	L	Ps	AP	Jan-Fev	Jul-Ago	Aut-Zoo	Md	NA
<i>Tachigali paniculata</i> Aubl.	taxi-preto	D	A	40	EA	Me	A	C	NA	Set-Out	Jun-Set	Ane	Bx	NA
Lauraceae														
<i>Aniba canelilla</i> (Kunth) Mez	canelão	D	A	35	EA	Me	L	Ps	NA	Jul-Out	Set-Fev	Aut-Zoo	Me	NA
<i>Aniba parviflora</i> (Meisn.) Mez	louro-rosa	D	A	15	EA	Al	L	Ps	NA	Jan-Jul	Set-Out	Aut-Zoo	Md	AM

(continua)

(continuação)

Família/Espécie	Nome popular	UF	AM (m)	DAP (cm)	AP	DM	TF	PF	R	EFI	EFr	D	DP	SC
<i>Ocotea guianensis</i> Aubl.	louro-seda	D	10	30	C	Me	L	Ps	AP	Out-Jan	Jan-Abr	Aut-Zoo	Md	NA
Lecythidaceae														
<i>Bertholletia excelsa</i> Bonpl.	castanha	D	60	300	EA	Me	L	C	NA	Set-Jan	Nov-Fev	Aut-Zoo	Bx	VU
<i>Cariacina domestica</i> (Mart.) Miers	corrimboque	D	A	50	EA	Me	L	C	NA	Set-Mar	Abr-Dez	Ane-Zoo	Bx	NA
<i>Condatari macrocarpa</i> A.C.Sm.	tauari	D	40	200	EA	Me	L	C	NA	Jan-Fev	Mai-Ago	Aut-Zoo	Bx	NA
<i>Couroupita guianensis</i> Aubl.	coité-de-macaco	D	A	35	EA	Me	L	C	NA	Out-Nov	Mai-Ago	Aut-Zoo	Bx	NA
<i>Eschweilera coriacea</i> (DC.) S.A.Mori	castanharana	D	A	35	EA	Me	L	C	NA	Ago-Dez	Fev-Mar	Aut-Zoo	Bx	NA
<i>Gustavia augusta</i> L.	castanha-fedorenta	D	A	8	C	Me	L	Ps	AP	Out-Dez	Jan-Mar	Aut	Bx	NA
<i>Leythia pisonis</i> Cambess.	sapucaia	D	55	80	EA	Me	L	C	NA	Jun-Set	Ago-Set	Aut-Zoo	Bx	NA
Lythraceae														
<i>Lafsenia puniceifolia</i> Bertero ex DC.	copinho	D	25	100	EA	Me	L	C	NA	Abr-Jun	Jun-Ago	Aut	Bx	NA
<i>Physocalymma scaberrimum</i> Pohl	itaúba-de-capoeira	D	A	8	C	Al	A	C	AP	Jul-Set	Ago-Out	Ane	Bx	VU
Malvaceae														
<i>Cavanillesia hylogeton</i> Ulbr.	botijão	D	A	30	EA	Bx	L	C	NA	Ago-Set	Set-Out	Aut	Md	NA
<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	samaúma	D	A	40	EA	Bx	L	C	NA	Ago-Set	Out-Nov	Aut	Bx	NA
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	mutamba	D	A	15	C	Bx	A	C	AP	Set-Nov	Ago-Set	Aut	Md	NA
<i>Laebea cymulosa</i> Spruce ex Benth.	açoita-cavalo	D	A	16	C	Bx	A	C	AP	Set-Nov	Ago-Set	Aut-Ane	Bx	NA
<i>Ochroma pyramidale</i> (Cav. ex Lam.) Urb.	algodoeiro	D	A	20	C	Bx	A	C	NA	Abr-Jul	Jul-Out	Ane	Bx	NA
<i>Pachira aquatica</i> Aubl.	munguba	D	A	10	EA	Bx	L	Ps	NA	Set-Nov	Abr-Jul	Aut-Zoo	Bx	NA
<i>Sterculia chicomendesi</i> E.L.Taylor	chichá	D	A	20	EA	Bx	L	C	NA	Mai-Jun	Out-Dez	Aut-Zoo	Bx	NA

(continua)

(continuação)

Família/Espécie	Nome popular	UF	AM (m)	DAP (cm)	AP	DM	TF	PF	R	EFl	EFr	D	DP	SC	
<i>Theobroma obovatum</i> Klotzsch ex Bernoulli	cupuí	D	A	8	30	C	Bx	A	Sc	AP	Jul-Ago	Ago-Out	Aut-Zoo	Bx	NA
Melastomataceae															
<i>Bellucia pentamera</i> Naudin	goiaba-de-anta	D	A	6	20	C	Me	L	Ps	AP	Nov-Jan	Jan-Mar	Aut-Zoo	Bx	NA
	buxixu	D	A	6	20	C	Bx	A	Ps	AP	Set-Mar	Jan-Abr	Aut-Zoo	Me	NA
Meliaceae															
<i>Carapa guianensis</i> Aubl.	andiroba	D	A	30	100	EA	Al	L	C	NA	Out-Jun	Jan-Set	Aut-Zoo- Hid	Bx	NA
	cedro-branco	D		30	100	EA	Me	L	C	NA	Ago-Set	Jul-Set	Ane	Bx	VU
	cedro-rosa	D	A	30	100	EA	Me	L	C	NA	Dez-Fev	Mai-Ago	Ane	Bx	VU
	jitó	D	A	15	50	EA	Al	L	Ps	NA	Dez-Mar	Nov-Dez	Aut-Zoo- Hid	Bx	NA
<i>Swietenia macrophylla</i> King	mogno, aguano	D	A	30	80	EA	Me	L	C	NA	Nov-Jan	Set-Nov	Ane	Bx	VU
<i>Trichilia micrantha</i> Benth.	jitó-mirim	D	A	15	30	C	Me	L	Ps	AP	Dez-Fev	Mar-Mai	Aut-Zoo	Me	NA
Olacaceae															
<i>Minquartia guianensis</i> Aubl.	acariquara	D	A	70	180	EA	Al	L	Sc	NA	Jul-Mar	Abr-Set	Aut-Zoo	Al	NA
Phyllanthaceae															
<i>Margaritaria nobilis</i> L. f.	fruto-de-jacamim	D	A	10	25	C	Bx	L	C	AP	Out-Nov	Ago-Set	Zoo-Aut	Bx	NA
Rhamnaceae															
<i>Colubrina glandulosa</i> Perkins	capoeiro	D	A	15	50	C	Al	A	C	AP	Out-Dez	Dez-Fev	Aut	Bx	NA
Rubiaceae															
<i>Calyptophyllum spruceanum</i> (Benth.) K.Schum.	pau-mulato; mulateiro	D	A	30	80	EA	Al	L	Sc	NA	Jun-Jul	Out-Nov	Ane	Me	NA
<i>Contarea hexandra</i> (Jacq.) K.Schum.	quina-branca	D	A	5	20	C	Me	L	Sc	AP	Jul-Ago	Set-Out	Ane	Me	NA
(continua)															

(continua)

(continuação)

Família/Espécie	Nome popular	UF	AM (m)	DAP (cm)	AP	DM	TF	PF	R	EFl	EFr	D	DP	SC
<i>Warsepitzia cocinea</i> (Vahl) Klotzsch	rabo-de-arara	D A	5	20	C	Me	L	Ps	AP	Jul-Set	Set	Ane	Me	NA
Rutaceae														
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	limãozinho	D A	10	40	C	Bx	L	Sc	AP	Out-Nov	Mar-Jun	Aut-Zoo	Me	NA
Salicaceae														
<i>Banara nitida</i> Spruce ex Benth.	cabelo-de-cutia	D A	12	60	C	Me	L	C	AP	Nov-Dez	Fev-Mar	Zoo-Aut	Bx	NA
<i>Casuarina decandra</i> Jacq.	cafezeiro-do-mato	D A	10	30	C	Me	L	C	AP	Jul-Ago	Out	Hid-Zoo	Me	NA
<i>Salix humboldtiana</i> Willd.	louro-da-várzea	D A	15	50	C	Bx	L	C	AP	Set-Out	Fev-Abr	Hid-Zoo	Me	NA
Sapindaceae														
<i>Sapindus saponaria</i> L.	saboneteiro	D A	8	40	C	Me	L	Sc	AP	Abr-Jun	Set-Out	Aut-Zoo	Me	NA
Sapotaceae														
<i>Pouteria macrophylla</i> (Lam.) Eyma	abiurana-massa	D A	20	50	EA	Me	L	Ps	NA	Nov-Fev	Jan-Abr	Aut-Zoo	Me	NA
Urticaceae														
<i>Cecropia vitadophylla</i> Mart.	embaúba-gigante	D A	30	80	EA	Bx	L	Ps	NA	Ago-Nov	Nov-Fev	Zoo	Bx	NA
<i>Pourouma guianensis</i> Aubl.	imbaúba-de-lixia	D A	15	30	EA	Bx	A	Ps	NA	Ago-Set	Dez-Fev	Zoo-Aut	Bx	NA
Verbenaceae														
<i>Vitex triflora</i> Vahl	tarumã	D A	10	40	C	Me	L	C	AP	Set-Nov	Nov-Jan	Aut-Zoo	Me	NA
Vochysiaceae														
<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	catuaba-amarela	D	5	30	C	Me	A	C	AP	Nov-Jan	Ago-Set	Ane	Me	NA
<i>Qualea tesmannii</i> Mildbr.	catuaba-roxa	D A	30	80	EA	Me	A	C	NA	Ago-Out	Ago-Set	Ane	Me	NA

Fonte: Autores. Unidades Fitoecológicas do estado: em verde-escuro Floresta Densa (D) e em verde-claro Floresta Aberta (A); Altura média em metros (AM); Diâmetro na altura do peito (DAP); Adequada para plantio (AP), em calçadas (C), e em espaços abertos (EA); Densidade da madeira (DM) baixa (Bx): < 0,550 g.cm⁻³, média (Me): entre 0,550 e 0,720 g.cm⁻³ e alta (Al): > 0,730 g.cm⁻³; Textura de folha (TF): áspera (A) e lisa (L); Persistência das folhas (PF): perenifolia (Ps), caducifolia (C) e semi-caducifolia (Sc); Raiz (R) apropriada para plantio em calçadas (AP) e não apropriada para plantio em calçadas (NA); Época de florescimento (EFl); Época de frutificação (EFr); Dispersão (D): zoocórica (Zoo), anemocórica (Ane), autocórica (Aut), hidrocorica (Hid); Dificuldade de produção em viveiro (DP): baixa (Bx), média (Md) e alta (Al); Status de conservação (SC) segundo IUCN / Raridade: não ameaçada (NA), vulnerável (VU) e ameaçada (AM).

Figura 16.2 – Espécies arbóreas com ocorrência no estado do Acre indicadas para a arborização urbana.

- a) *Spondias mombin*; b) *Himatanthus sucuba*; c) *Astrocaryum articulatum*; d) *Iriartea deltoidea*;
e) Visão geral de *Mauritia flexuosa*; f) Visão dos frutos de *Mauritia flexuosa*; g) *Jacaranda copaia*;
h) *Handroanthus impetiginosus*; i) *Sparattosperma leucanthum*.



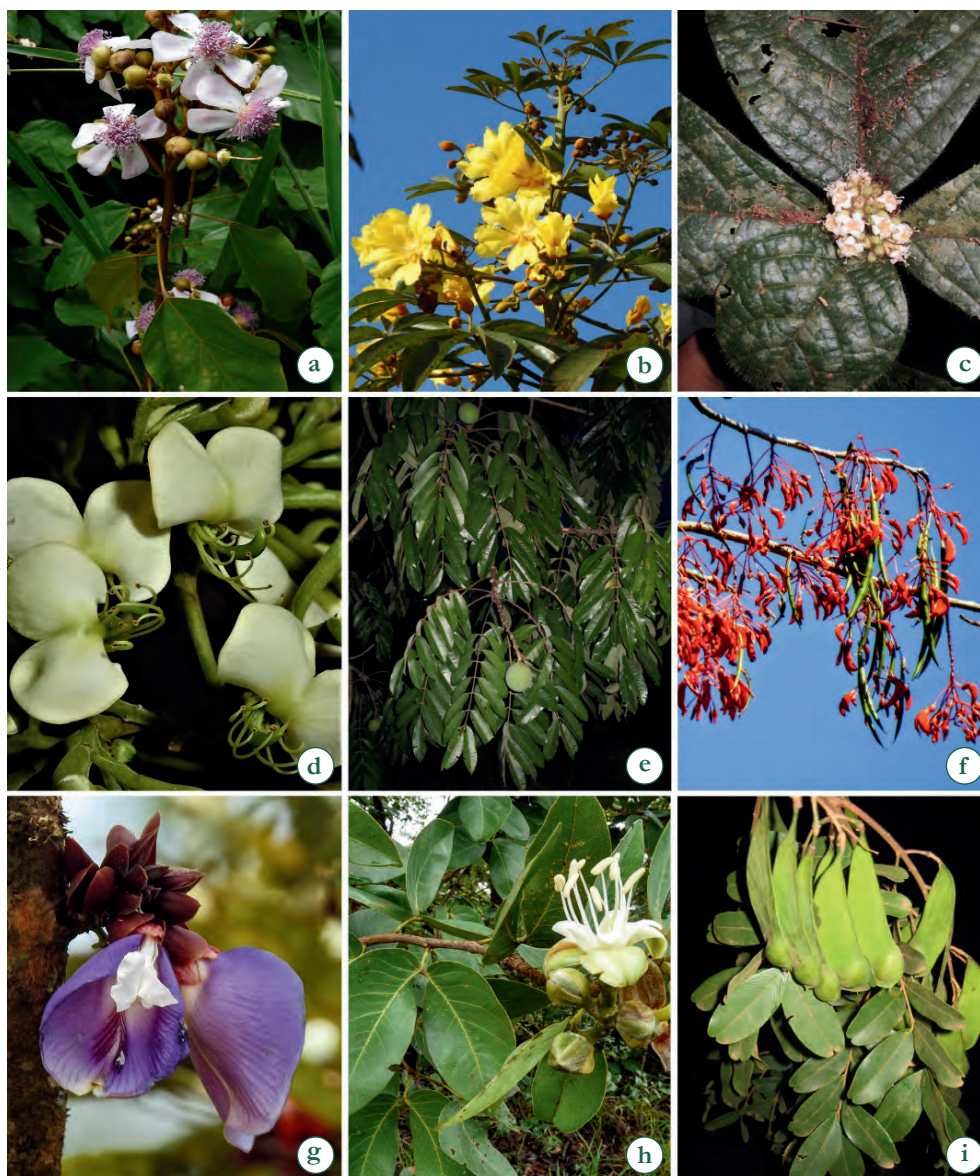
Fonte: Autores.

As árvores com altura em torno de 5 m, como *Senna silvestris*, *Senna multijuga*, *Miconia affinis*, *Bellucia pentamera*, *Coutarea hexandra* e *Warszewiczia coccinea*, e até 10 m, como as palmeiras *Attalea phalerata*, *Oenocarpus batana* e *Phytelephas macrocarpa*, além de *Bixa orellana*, *Vismia guianensis*, *Alchornea castaneifolia*, *Licania tomentosa*, *Cochlospermum orinocense*, *Sparattosperma leucanthum* e mais uma dezena de espécies, representam 1/4 das espécies listadas como adequadas para plantio em calçada e as demais para plantio em área aberta, especialmente espécies com mais de 50 m de altura, como *Bertholletia excelsa*, *Cariniana domestica*, *Lecythis pisonis*, *Parkia pendula* e *Minquartia guianensis*.

A maior parte das espécies (39,5%) apresenta madeira com densidade média, 26,3% têm densidade alta e 34,2% têm densidade baixa, e quase 50% delas são espécies caducifólias, 37% são perenes e 13% são semicaducifólias. Mais de $\frac{3}{4}$ das espécies possuem raízes não adequadas para plantio em calçadas e metade das espécies apresentam dispersão zoocórica/autocórica e autocórica/zoocórica. A maior parte delas (76,3%) apresentam dificuldade baixa de produção em viveiro.

Quanto ao *status* de conservação, *Aniba parviflora* consta como uma espécie ameaçada, enquanto *Cedrela fissilis*, *Cedrela odorata*, *Physocalymma scaberrimum*, *Amburana acreana*, *Swietenia macrophylla*, *Bertholletia excelsa* e *Hymenaea parvifolia* constam como vulneráveis [24].

Figura 16.3 – Espécies arbóreas com ocorrência no estado do Acre indicadas para a arborização urbana. A partir do alto à esquerda: a) *Bixa orellana*; b) *Cochlospermum orinocense*; c) *Cordia nodosa*; d) *Amburana acreana*; e) *Andira inermis*; f) *Erythrina poeppigiana*; g) *Clitoria arborea*; h) *Hymenaea courbaril*; e i) *Myroxylon balsamum*.



Fonte: Autores.

16.8. Considerações finais

As dezenas de espécies apresentadas na lista são apenas um pequeno vislumbre do potencial para a arborização urbana presente em quase duas mil espécies de árvores conhecidas no estado. Porém, a grande diversidade natural de espécies vegetais contrasta com o uso inadequado no cenário urbano. Embora a riqueza de espécies arbóreas na região seja elevada, a representatividade de espécies nativas na arborização urbana dos municípios do estado do Acre é considerada baixa, quase inexpressiva, uma vez que as espécies exóticas encontradas nos estudos mencionados constituem entre 69,4% e 92,8% das espécies amostradas.

O abismo existente entre o ensino, a pesquisa e a extensão do conhecimento é notório e que uma parte da população urbana, ciente dos benefícios da arborização para o ambiente e para o bem-estar humano, se antecipa ao poder público e introduz espécies na arborização pública, muitas vezes sem o conhecimento técnico necessário que apresente um resultado positivo.

Por outro lado, os professores dominam vasto conhecimento sobre as espécies de plantas adequadas à arborização e se dedicam a pesquisar com seus alunos aspectos como história natural, germinação, morfologia, anatomia, crescimento, desenvolvimento, fisiologia, classificação botânica, identificação, fenologia e ecologia. No entanto, enfrentam dificuldades ou não encontram oportunidades de aplicar esse conhecimento em iniciativas voltadas ao bem comum, como a arborização urbana. Embora o acesso a dados técnicos pelos tomadores de decisão seja essencial, há falhas na comunicação das informações e, muitas vezes, desinteresse do poder público em envolvê-los no planejamento urbano.

Os desafios do planejamento urbano vão além do uso de espécies adequadas que permitam a acessibilidade, e do cuidado com a interferência delas na infraestrutura de energia, água e esgoto. O enfrentamento de grandes desafios e ameaças sociais, como as mudanças climáticas, a perda da biodiversidade, a poluição, a destruição de habitat, e a diminuição da qualidade de vida, exige o estabelecimento de um pacto social responsável e solidário, que envolve a popularização da ciência.

As pesquisas que buscam se aproximar da sociedade por meio da ciência cidadã ajudam as pessoas a compreenderem e a adquirirem a percepção em torno da atividade científica e contribuem no aprendizado de cientistas e da sociedade sobre a vida na Terra e, a longo prazo, possibilitam a condução de estudos globais sobre a biodiversidade.

Em tempos de mudanças climáticas globais, os benefícios da arborização urbana devem ser seriamente considerados no planejamento das cidades, e mais, a eficiência do sombreamento pode ser medida e monitorada pela população. Essa é uma forma de suprimir a ausência de conhecimento científico e de garantir o acesso a uma ciência mais inclusiva, aquela que conta com a participação da sociedade, que estimula a pesquisa cidadã e contribui para com a geração de informações úteis para a gestão pública. A participação cidadã em projetos de arborização e de monitoramento das condições físicas das árvores, das fenofases das espécies, e até mesmo, da temperatura em áreas arborizadas e não arborizadas, por meio de redes sociais e aplicativos, pode ajudar a aproximar conhecimento científico e tomada de decisão.

A descontinuidade de planos, projetos e programas públicos que deveriam ser de Estado, sólidos, constantes e permanentes, e não depender de governos que mudam, contrasta com um movimento global em curso. A iniciativa *Cities4Forests*, gerida pelo *World Resources Institute*, pelo *Pilot Projects* e pela agência *Revolue*, reúne cidades de todo o mundo na tentativa de catalisar apoio

político, social e econômico para integrar ações de proteção e conservação das florestas aos planos e programas de desenvolvimento urbano.

Dentre as 63 cidades do mundo que se juntaram à iniciativa, estão nove cidades brasileiras, entre elas, Rio Branco. O programa potencializa a capacidade de gestão do poder público por meio de seminários, treinamentos e suporte técnico de especialistas baseado em boas práticas. O movimento funciona como uma rede que disponibiliza informação e recursos para as cidades-membro, e requer engajamento local, especialmente em torno de planejamento e política. A baixa priorização das questões ambientais no contexto do planejamento urbano e baixo investimento de recursos públicos tanto na implantação quanto na manutenção de projetos é um fato. Com raras exceções, a gestão da arborização urbana em municípios brasileiros é um tema para ser mais bem trabalhado e cujas estratégias precisam ser criteriosamente delineadas.

As mudanças climáticas exigem ações que tanto as amenizem quanto possibilitem adaptações aos novos cenários. A arborização urbana pode tanto reduzir os impactos de enchentes, erosão e assoreamento de rios como atenuar a poluição sonora, atmosférica e visual. Além de embelezar as cidades, contribui para torná-las menos áridas. A arborização ameniza o clima ao reduzir a temperatura da superfície urbana e criar microclimas que ajudam a refrescar os arredores. Em Porto Velho, por exemplo, a temperatura no setor arborizado da cidade é cerca de 5 °C mais baixa do que em áreas sem árvores [25]. Não é à toa que, em suas atividades, os seringueiros do Acre preferiam os varadouros sombreados que ligavam os seringais aos ramais ensolarados de acesso às cidades.

Apesar da noção geral, parte dos tomadores de decisão, dos gestores e da sociedade ainda desconhece ou não compreende a magnitude dos benefícios promovidos por uma arborização bem planejada. As árvores localizadas nas vias públicas não estão desconectadas das mudanças climáticas e não são menos importantes do que aquelas existentes em parques, jardins e áreas verdes. Todas são importantes no enfrentamento das ilhas de calor, contribuem para minimizar o desconforto térmico na malha urbana e o aquecimento global, e podem ser determinantes na promoção da resiliência urbana às mudanças climáticas, portanto, uma medida de saúde pública.

16.9. Referências

- [1] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Dados estatísticos do Estado do Acre. Brasília; 2020. [acesso 27 out. 2020]. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ac/.html>
- [2] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Censo Demográfico 2010: características urbanísticas do entorno dos domicílios. Rio de Janeiro: IBGE; 2010.
- [3] Acre. Governo do Estado. Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Acre – ZEE/AC, Fase II: documento síntese. Rio Branco: Governo do Estado; 2010.
- [4] Araújo EA, Amaral EF, Wadt PGS, Lani JL. Aspectos gerais dos solos do Acre com ênfase ao manejo sustentável. In: Manejo do solo e recomendação de adubação para o estado do Acre. Rio Branco: Embrapa Acre; 2005. p. 27-62.
- [5] Duarte AF. Variabilidade e tendência das chuvas em Rio Branco, Acre, Brasil. Rev Bras Meteorol. 2005;20(1):37-42.
- [6] Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Normais climatológicas do Brasil. [acesso 27 out. 2020]. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/normais>

- [7] Daly DC, Silveira M, colaboradores. Primeiro catálogo da flora do Acre, Brasil / First catalogue of flora of Acre, Brazil. Rio Branco: EDUFAC; 2008.
- [8] Siviero A, et al. Cultivo de espécies alimentares em quintais urbanos de Rio Branco, Acre. *Acta Bot Bras.* 2011;25(3):546-53.
- [9] Oliveira KA, Jesus IS. Espacialização e quantificação das áreas verdes no perímetro urbano do município de Rio Branco-Acre. *Anais do XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*; 2011; Curitiba, Brasil.
- [10] Almeida MRN, et al. Identificação das áreas verdes na região urbana de Cruzeiro do Sul, Acre, Brasil. *Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*; 2019; Santos, Brasil.
- [11] Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Índice ultravioleta. [acesso 9 nov. 2020]. Disponível em: <http://satelite.cptec.inpe.br/uv/>
- [12] Paiva AV, et al. Inventário e diagnóstico da arborização urbana viária de Rio Branco, AC. *REVSBAU.* 2010;5(1):144-59.
- [13] Ferreira EJJL, Silva LB, Pinheiro RM, Rosário RS, Melo RA. Avaliação da arborização urbana do bairro Cidade Nova em Rio Branco, Acre. *Anais do VIII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental*; 2017; Campo Grande-MS, Brasil.
- [14] Santos L, et al. Diagnóstico da arborização do Parque Urbano Tucumã, em Rio Branco-AC. *REVSBAU.* 2017;12(2):103-16.
- [15] Maranhão AS, et al. Levantamento censitário da arborização urbana viária de Senador Guimard, Acre. *REVSBAU.* 2012;7(3).
- [16] Ferreira E, et al. Diagnóstico qualitativo da arborização urbana na cidade de Acrelândia, Acre. *Anais do VIII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental*; 2017; Campo Grande-MS, Brasil.
- [17] Medeiros H, Obermüller FA, Daly DC, Silveira M, Castro W, Forzza RC. Botanical advances in Southwestern Amazonia: The flora of Acre (Brazil) five years after the first catalogue. *Phytotaxa.* 2014;177(2):101-17.
- [18] Cardoso D, Särkinen T, Alexander S, Amorim AM, Bittrich V, Forzza RC, et al. Amazon plant diversity revealed by a taxonomically verified species list. *Proc Natl Acad Sci USA.* 2017;114(40):10695-700.
- [19] Araújo HJB, Silva IG. Lista de espécies florestais do Acre: ocorrência com base em inventários florestais. Rio Branco: Embrapa Acre; 2000.
- [20] Lorenzi H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Vol. 2. Nova Odessa: Instituto Plantarum; 1998.
- [21] Lorenzi H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Vol. 3. Nova Odessa: Instituto Plantarum; 2009.
- [22] Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Flora do Brasil 2020 em construção. [acesso 26 out. 2020]. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>
- [23] The New York Botanical Garden (NYBG). CV Starr Virtual Herbarium. [acesso 26 out. 2020]. Disponível em: <http://sweetgum.nybg.org/science/vh/>
- [24] Martinelli G, Moraes MA. Livro vermelho da flora do Brasil. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro; 2013.
- [25] Tejas GT, Souza RMS, Franca RR, Nunes DD. Estudo da variabilidade climática em Porto Velho/RO –Brasil no período de 1982 a 2011. *Rev Geogr.* 2012;29(2):63-82.

Capítulo 17

CARACTERIZAÇÃO FLORÍSTICA DO AMAPÁ E INDICAÇÃO DE ESPÉCIES NATIVAS POTENCIAIS PARA ARBORIZAÇÃO URBANA

Por Salustiano Vilar da Costa Neto

17.1. Destaques deste capítulo

1. São apresentadas 172 espécies nativas do Amapá com potencial para arborização urbana, distribuídas em 39 famílias e 111 gêneros, com destaque para Fabaceae, Annonaceae e Lecythidaceae;
2. A pesquisa utilizou informações do Herbário Amapaense (HAMAB) e de bancos de dados nacionais para caracterizar as espécies quanto a aspectos botânicos e ecológicos;
3. Quanto ao porte, 64% das espécies são de médio porte (5–20 m), 20% de grande porte e 16% de pequeno porte; apenas 3,5% são caducifólias;
4. Mais de 90% das espécies florescem no período seco (junho a dezembro), e aproximadamente metade ocorre em florestas densas;
5. O estudo evidencia a necessidade de promover e divulgar o uso de espécies nativas na arborização urbana do Amapá, ampliando o conhecimento e a aplicação local.

17.2. Introdução

O estado do Amapá foi oficialmente criado com a Promulgação da Constituição Federal de 1988 [1] quando foi extinto o Território Federal do Amapá [2]. Sua delimitação corresponde à porção mais setentrional do Brasil, fazendo fronteira com a França/Departamento Ultramarino da Guiana Francesa, República do Suriname e estado do Pará.

As primeiras porções urbanas datam de antes de 1758, quando o protetorado português foi elevado ao status de Vila de São José de Macapá. Para edificação da vila toda vegetação nativa foi removida, restando apenas poucos exemplares de árvores nativas, como *Ficus gomelleira*, próximo à Escola Estadual Marechal Castelo Branco, *Ceiba pentandra* em frente ao edifício-sede da Procuradoria Geral de Justiça do Ministério Público do estado do Amapá e *Parkia gigantocarpa* na Rua Iracema Carvão Nunes.

A maioria das cidades amazônicas cresceu sem um planejamento urbano em que levasse em consideração a arborização urbana, e a cidade de Macapá não foi diferente. O primeiro grande

projeto de arborização começou na década de 1940, durante o governo de Janary Gentil Nunes. Alunos de várias escolas, orientados por professores e membros do governo conhecidos como a “Turma do Buraco” plantaram centenas de exemplares de *Mangifera indica* pela cidade. Nas décadas de 1970 e 1980, várias iniciativas individuais plantaram *Clitoria fairchildiana* e *Syzygium malaccense* pela cidade. Na década de 1990, muitos exemplares de *Delonix regia* e *Ficus benjamina* passaram a fazer parte da paisagem urbana de Macapá. Todas essas ações foram realizadas de forma informal, com poucos cuidados técnicos de silvicultura urbana.

No entanto, somente em 2016, por meio de trabalho conjunto entre a Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Macapá (SEMAM), Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá (IEPA), Universidade Federal do Amapá (UNIFAP), Universidade do Estado do Amapá (UEAP), Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Amapá), Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Amapá (CREA-AP), Companhia de Eletricidade do Amapá (CEA), Instituto Memorial Amapá (Memorial Amapá) foi realizada a construção do Plano de Arborização Urbana de Macapá “João Gualberto da Silva” conhecido como PDAU [3]. Neste Plano foi estabelecida uma disciplina temática, a fim de organizar a arborização de Macapá, incentivando o processo de arborização por espécies nativas.

A escolha de espécies arbóreas adequadas para os centros urbanos pode parecer uma tarefa simples, porém inúmeras variáveis precisam ser consideradas. Desde a disposição dos espécimes, tamanho, espessura da folha, posição da raiz, até o tamanho ou espessura das folhas e flores. Quando a observação dessas variáveis é deixada de lado, o que se vê são os mais diferentes conflitos entre os elementos urbanos e a flora [4,5]. Ao priorizar espécies nativas e adequadas aos centros urbanos, ganha-se com as características adaptativas que elas trazem de seus habitats naturais. Além disso, essas espécies interagem de forma harmoniosa com outras plantas do meio, com o clima e solo, o que as tornam mais resistentes aos ataques de pragas e doenças [6].

Diante do exposto, o presente trabalho tem como objetivo apresentar uma lista de espécies de árvores adequadas ao contexto urbano do estado do Amapá, contribuindo de forma objetiva para a pesquisa, desenvolvimento, inovação e diretrizes para o poder público e empresas do setor, auxiliando no planejamento ambiental dos municípios do estado.

17.3. Espécies arbóreas nativas do Amapá

A elaboração da lista de árvores adequadas para arborização urbana no estado do Amapá foi extraída da lista de espécies arbóreas com ocorrências confirmadas para o estado, depositadas no herbário HAMAB, em um total de 556 espécies e as 1.400 espécies citadas na Flora do Brasil [7]. A listagem produzida foi conferida aos estudos florísticos realizados em áreas urbanas no estado do Amapá e da Amazônia.

As espécies foram organizadas em família, nome popular, unidades fitoecológicas do estado [8], altura média, adequação para calçadas ou espaços abertos, diâmetro à altura do peito, densidade da madeira, textura da folha, persistência das folhas, tipo de raiz, época de floração e frutificação, dispersão, dificuldade de produção em viveiro e *status* de conservação.

Os nomes dos gêneros estão de acordo com o *Index Nominum Genericorum (Plantarum)* [9]; os nomes supragenéricos foram confirmados de acordo com o *Indices Nominum Supragenericorum*

Plantarum Vascularium [10]. A atualização de nomenclatura das espécies foi efetuada em consulta à Flora do Brasil. Para construção dos gráficos foi utilizado o Programa R [11].

Com base na listagem apresentada e na grande biodiversidade da região, o número de espécies é considerado baixo, inclusive em comparação com outras listas já publicadas. No entanto, considerando que nos centros urbanos brasileiros o percentual de indivíduos arbóreos exóticos ultrapassa 70%, a composição da presente listagem é considerada satisfatória, uma vez que as espécies naturais do bioma amazônico apresentam baixa ocorrência [12-14].

A utilização de espécies exóticas na arborização das cidades tem relação com diversos fatores. Um dos pontos relevantes quanto à arborização das cidades brasileiras, é que não há planejamento prévio, gerando como consequência problemas de manejo [15-17]. Em decorrência disso, esses problemas começam ainda na ausência de tratamentos culturais para a produção de mudas destinadas à arborização [18].

Neste contexto, a introdução de espécies exóticas no meio urbano é consequência de um mau planejamento da arborização urbana, ou a falta dele, e muitas vezes pelo desconhecimento da legislação [19,14]. A preferência pelo uso de espécies exóticas ocorre, também, em razão da falta de conhecimento de silvicultura das espécies nativas e/ou pela opção de espécies tradicionalmente utilizadas na arborização de outros lugares [20,21]. Portanto, considerando a relevância e a intenção de conservar a biodiversidade em espaços urbanos, é importante valorizar o uso de espécies nativas [22,23].

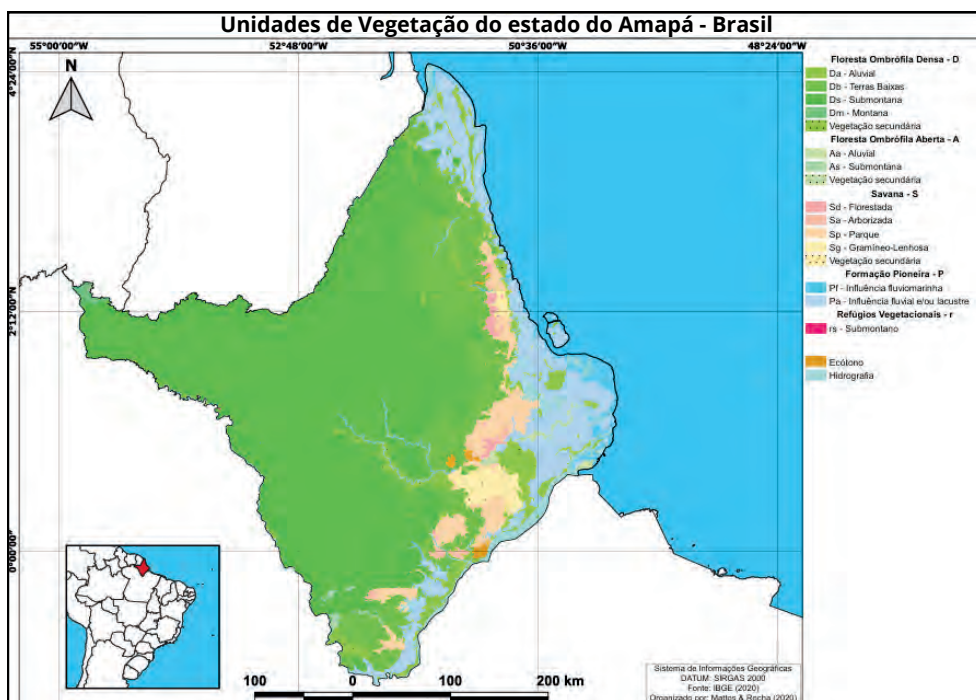
O emprego de espécies nativas no paisagismo busca incorporar valores de conservação, especialmente quando envolve espécies ameaçadas de extinção, além de estimular a criação de redes de colaboração com centros de pesquisa.

Em contrapartida, o uso de espécies nativas nos espaços urbanos permite atingir objetivos de educação ambiental, difundindo a identidade paisagística natural e regional. Além disso, apresenta custos de instalação e manutenção dos espaços mais baixos e contribui para a conservação da biodiversidade regional, favorecendo a sobrevivência de espécies da flora atualmente ameaçadas de extinção [23].

Foram identificadas 172 espécies arbóreas adequadas para arborização urbana no estado do Amapá. Estas espécies estão distribuídas em 111 gêneros e 39 famílias, originais das diversas unidades fitogeográficas do estado (Figura 1). Recebe destaque a família Fabaceae, principalmente as subfamílias Caesalpinoideae, Papilionoideae e Detarioideae, contribuindo com 31,40 % do total de espécies, seguida pelas famílias Annonaceae com 6,40 % (11 espécies) e Lecythidaceae com 5,81 % (10 espécies). Os gêneros com maior representatividade foram *Inga*, *Byrsonima* e *Cordia* com sete, seis e cinco espécies, respectivamente. Apenas 14 são consideradas frutíferas.

A família Fabaceae, a terceira maior em espécies vegetais, possui cerca de 727 gêneros e 19.325 espécies, com hábitos diversos, porém com grande incidência de árvores. No Brasil ocorrem aproximadamente 178 gêneros encontrados em quase todos os tipos de vegetação [24,25]. Suas espécies arbóreas possuem funções ecológicas essenciais no ambiente, como redução da poluição do ar, proteção do solo, restauração de áreas degradadas, amenização climática, entre outras [26].

Figura 17.1 – Unidades fitogeográficas do estado de Amapá.



Fonte: Mattos e Rocha; IBGE.

Tabela 17.1 – Famílias e espécies arbóreas nativas sugeridas para uso em arborização urbana nos municípios do estado do Amapá – Lista aberta com respectivos atributos ecológicos, morfológicos, fenológicos, reprodutivos e de adequação de plantio às cidades.

Família/ Espécie	Nome popular	UF	AM	DAP	AP	DM	TexF	PF	R	EFI	EFr	D	DPr	SC
Anacardiaceae														
<i>Anacardium giganteum</i> W.Hancock ex Engl.	Caju-Açu	Db	30		EA	0,454	L	Ps	NA	Ago		Zoo	Bx	NA
		Ds												
<i>Anacardium occidentale</i> L.	Caju	Sd	5		C	0,447	L	Ps		Ago-Dez	Ago-Dez	Zoo	Bx	NA
		Sas												
		Sp												
<i>Spondias mombin</i> L.	Taperebá	Db	15	100	EA	0,391	L	Ps		Ago-Nov	Set-Mai	Zoo		NA
		Ds												
		Da												
		Sd												
		Sas												
		Sp												
		VS												

(continua)

(continuação)

Família/ Espécie	Nome popular	UF	AM	DAP	AP	DM	TexF	PF	R	EFl	EFr	D	DPr	SC
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	Tapiririca	Db Ds	20	20 a 50	C	0,457	L	Ps		Jul- Dez	Jan- Abr	Zoo		NA
Annonaceae														
<i>Anaxagorea acuminata</i> (Dunal) A.St.-Hil. ex A.DC	Araticum	Db Ds Da Sd Sas Sp	2		C	0,530	L	Ps		Ago- Out		Zoo		NA
<i>Anaxagorea dolichocarpa</i> Sprague & Sandwith	Araticum- bravo	Db Ds	3		C	0,580		Ps				Zoo		NA
<i>Annona ambotay</i> Aubl.	Graviola	Db Ds	9	15 a 20	C	0,511	L	Ps	Ap	Set- Dez		Zoo		NA
<i>Annona glabra</i> L.	Jaquinha	Da	4		C	0,500	L	Ps	Ap	Abr- Nov	Out- Dez	Zoo	Bx	NA
<i>Annona paludosa</i> Aubl.	Araticum	Sd Sas Sp	6		C	0,511		Sc	Ap	Fev- Dez	Ago- Nov	Zoo	Bx	NA
<i>Bocageopsis multiflora</i> (Mart.) R.E.Fr.	Envira-preta	Db Ds	7		C	0,640	L	Ps	Ap	Ago		Zoo		NA
<i>Duguetia calycina</i> Benoist	Envira	Db Ds Da	5	2 a 18	C	0,370	L	Ps	Ap	Ago- Jan	Ago	Zoo		NA
<i>Duguetia surinamensis</i> R.E.Fr.	Ata-brava	Db Ds	12	15	C	0,800	L	Ps	Ap	Ago- Dez	Out- Nov	Zoo		NA
<i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart.	Imbiriba	Sd Sas Sp	6	10	C	0,661	A	Ps		Jul- Dez		Zoo		NA
<i>Xylopia frutescens</i> Aubl.	Embiriba	Db Ds	8		C	0,593	A	Ps		Jul- Dez		Zoo		NA
<i>Xylopia nitida</i> Dunal		Db Ds	6	10	C	0,548	L	Ps		Ago- Dez		Zoo		NA
Apocynaceae														
<i>Parahancornia fasciculata</i> (Poir.) Benoist	Amapazeiro	Db Ds	14		C	0,473	L	Ps	NA	Ago- Dez		Zoo		NA

(continua)

(continuação)

Família/ Espécie	Nome popular	UF	AM	DAP	AP	DM	TexF	PF	R	EFl	EFr	D	DPr	SC
<i>Hancornia speciosa</i> Gomes	Mangaba	Sd	3	5 a 25	C	0,681	L	Ps	Ap	Ago- Dez	Nov- Fev	Zoo	Bx	NA
		Sas												
		Sp												
Araliaceae														
<i>Didymopanax morototoni</i> (Aubl.) Decne. & Planch.	Morototó	Db	19		EA	0,575	L	Ps	NA	Ago- Set		Ane		NA
		Ds												
		Da												
Bignoniaceae														
<i>Handroanthus serratifolius</i> (A.H.Gentry) S.O.Grose	Ipê-amarelo	Db	9	25 a 40	C	0,924	L	C	Ap	Ago- Nov		Ane	Bx	NA
		Ds												
<i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D.Don	Pará-pará	Db	25	30 a 40	C	0,351	L	Ps		Ago- Dez		Ane	Bx	NA
		Ds												
<i>Tabebuia aurea</i> (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore	Ipê	Sd	8		C	0,760	L	C		Ago- Dez	Nov- Dez	Ane	Bx	NA
		Sas												
		Sp												
Bixaceae														
<i>Cochlospermum vitifolium</i> (Willd.) Spreng.	Algodão-do- mato	Sd	3		C	0,218	L	C	Ap	Jul- Out	Out- Dez	Ane		NA
		Sas												
		Sp												
Caryocaraceae														
<i>Caryocar glabrum</i> (Aubl.) Pers.	Piquiarana	Db	50		EA	0,654	L	Ps	NA	Ago- Dez		Zoo		NA
		Ds												
<i>Caryocar microcarpum</i> Ducke	Piquiá	Da	25		EA	0,670		Ps	NA	Ago- Abr		Zoo		NA
<i>Caryocar villosum</i> (Aubl.) Pers.	Piqui	Db	40	120	EA	0,758		Ps	NA	Ago- Dez		Zoo		NA
		Ds												
Caesalpinoideae														
<i>Abarema jupunba</i> (Willd.) Britton & Killip var. <i>jupunba</i>	Ingarana	Db	4		C	0,585	L	Ps		Ago- Dez		Zoo		NA
		Ds												
<i>Albizia pedicellaris</i> (DC.) L.Rico	Juerana	Db Ds	12	40	C	0,544	L	Ps		Out- Dez		Auto		NA
<i>Caesalpinia ferrea</i> C.Mart.	Pau-ferro	Db	5		C	1,170	L	Ps	Ap	Fev- Dez		Auto	Bx	NA
		Ds												

(continua)

(continuação)

Família/ Espécie	Nome popular	UF	AM	DAP	AP	DM	TexF	PF	R	EFl	EFr	D	DPr	SC
<i>Campsiandra laurifolia</i> Benth.	Acapurana	Da	14		EA	0,855	L	Ps	NA	Jul-Out		Hid	Bx	NA
<i>Chamaecrista babiae</i> (H.S.Irwin) H.S.Irwin & Barneby	Coração-de-negro	Db	5		C	0,903	L	Ps	Ap	Ago-Dez		Auto		NA
		Ds												
<i>Cassia fastuosa</i> Benth.	Acácia	Db	20		C	0,805	L	Ps	Ap	Ago-Nov		Zoo		NA
		Ds												
		VS												
<i>Cassia leiandra</i> Benth.		Db	7		EA	0,739	L	Ps	Ap	Ago		Zoo		NA
		Ds												
		Da												
		Sd												
		Sas												
		Sp												
<i>Cassia spruceana</i> Benth.		Db	6		EA	0,739	L	Ps	Ap	Ago		Zoo		NA
		Ds												
<i>Dinizia excelsa</i> Ducke	Angelim-vermelho	Db	60		EA	0,905	L	Ps	NA	Jun-Dez		Ane		VU
		Ds												
<i>Enterolobium schomburgkii</i> (Benth.) Benth.	Tamboril	Db	10	30	C	0,699	L	Ps	Ap	Ago-Nov	Ago	Zoo		NA
		Ds												
		Sd												
		Sas												
		Sp												
<i>Hydrochorea corymbosa</i> (Rich.) Barneby & J.W.Grimes	Saboeira	Da	13	30	C	0,470	L	Ps		Jul-Dez	Dez-Jan	Auto		NA
<i>Inga capitata</i> Desv.	Ingá-dura	Db	12	23 a 30	C	0,592	L	Ps		Jun-Dez		Zoo	Bx	NA
		Ds												
		Da												
		VS												
<i>Inga edulis</i> Mart.	Ingá-cipó	Db	9	44	C	0,587	L	Ps		Ago-Out		Zoo	Bx	NA
		Ds												
		Da												
		VS												
<i>Inga heterophylla</i> Willd.	Ingá-xixica	Db	5	15	C	0,560	L	Ps		Ago-Dez		Zoo	Bx	NA
		Ds												
		VS												

(continua)

(continuação)

Família/ Espécie	Nome popular	UF	AM	DAP	AP	DM	TexF	PF	R	EFi	EFr	D	DP _r	SC
<i>Inga marginata</i> Willd.	Ingá-mirim	Db	12	30 a 40	C	0,552	L	Ps		Jul- Dez		Zoo	Bx	NA
		Ds												
		Da												
		VS												
<i>Inga microcalyx</i> Spruce ex Benth.	Ingá-de- escora	Da	10	15	C	0,580	L	Ps		Ago- Nov		Zoo	Bx	NA
		VS												
<i>Inga pilosula</i> (Rich.) J.F.Macbr.	Ingá grande	Da	8	12	C	0,580	L	Ps		Mai- Nov	Abr	Zoo	Bx	NA
		VS												
<i>Inga velutina</i> Willd.		Db	9	10 a 30	C	0,580		Ps		Mai- Nov	Ago- Mar	Zoo	Bx	NA
		Ds												
		Da												
		VS												
<i>Mora paraensis</i> (Ducke) Ducke	Pracuuba	Da	25	20 a 50	EA	0,850	L	Ps		Ago- Dez	Jan- Abr	Hid	Bx	NA
<i>Parkia nitida</i> Miq.	Faveira-branca	Db	25		EA	0,383	L	Ps	—	Out- Dez	Jan- Mar	Auto		NA
		Ds												
<i>Parkia pendula</i> (Willd.) Benth. ex Walp.	Visgueiro	Db	30	100	EA	0,521	L	Ps		Jul- Ago	Nov- Dez	Auto		NA
		Ds												
<i>Parkia velutina</i> Benoist	Fava-peluda	Db	25		EA	0,435	L	Ps		Out- Dez	Jan- Mar	Auto		NA
		Ds												
		Da												
<i>Plathymenia reticulata</i> Benth.		Db	15		C	0,497	L	Ps		Jul- Out		Ane		NA
		Ds												
		Sd												
		Sas												
		Sp												
<i>Senna multijuga</i> (Rich.) H.S.Irwin & Barneby	Aleluia- amarela	Db	2		C	0,582	L	Ps		Jul- Nov		Auto		NA
		Ds												
		Da												
		VS												
<i>Stryphnodendron pulcherrimum</i> (Willd.) Hochr.	Baginha	Db	12		C	0,475	L	Ps		Out- Dez	Jan- Mar	Ane		NA
		Ds												
		Da												
		Sd												
		Sas												
		Sp												
<i>Vouacaponia americana</i> Aubl.	Acapu	Db	20		EA	0,794	L	Ps		Ago- Abr		Zoo	Bx	NA
		Ds												

(continua)

(continuação)

Família/ Espécie	Nome popular	UF	AM	DAP	AP	DM	TexF	PF	R	EFl	EFr	D	DPr	SC
<i>Zygia inaequalis</i> (Willd.) Pittier	Jarandeuá	Db	22		C	0,810	L	Ps		Jan- Set	Out- Ago	Zoo		NA
		Ds												
		Da												
		VS												
<i>Zygia racemosa</i> (Ducke) Barneby & J.W.Grimes	Angelim- rajado	Db	25		C	0,748	L	Ps		Jul- Dez	Jan- Mar	Zoo		NA
		Ds												
<i>Zygia latifolia</i> (L.) Fawc. & Rendle	Ingá-dura	Db	9		C	0,770	L	Ps		Ago- Mar	Ago	Zoo		NA
		Ds												
		Da												
		VS												

Calophyllaceae

<i>Caraipa densifolia</i> Mart.	Tamaquaré	Db	20	50	C	0,641	L	Ps	Ap	Ago- Fev		Zoo		NA
		Ds												
		Da												

Clusiaceae

<i>Clusia grandiflora</i> Splitg.	Cebolão	Db	3		C	0,668	L	Ps	NA	Jul- Dez		Zoo		NA
		Ds												
		Da												
<i>Clusia insignis</i> Mart.		Db	3		C	0,560	L	Ps		Ago- Nov		Zoo		NA
		Ds												
<i>Clusia polysepala</i> Engl.		Db	12		C	0,668	L	Ps		Abr- Jul		Zoo		NA
		Ds												
<i>Clusia scrobiculata</i> Benoist		Db	3		C	0,668	L	Ps		Dez- Fev		Zoo		NA
		Ds												
		Da												
<i>Garcinia gardneriana</i> (Planch. & Triana) Zappi	Bacupari	Db	7	10 a 15	C	0,735	L	Ps	Ap	Mai- Ago	Out- Jan	Zoo		NA
		Ds												

Chrysobalanaceae

<i>Chrysobalanus icaco</i> L.	Ajiru, Ajuru	Sd	3		C	0,753	L	Ps		Ago- Out		Zoo		NA
		Sas												
		Sp												
<i>Conepia excelsa</i> Ducke		Db	15	30	EA	0,786	L	Ps	NA	Ago		Zoo		NA
		Ds												
<i>Conepia guianensis</i> Aubl.		Db	8	23	EA	0,755	L	Ps	NA	Ago- Jan		Zoo		NA
		Ds												
		Da												

(continua)

(continuação)

Família/ Espécie	Nome popular	UF	AM	DAP	AP	DM	TexF	PF	R	EFI	EFr	D	DPr	SC
Connaraceae														
<i>Connarus perrottetii</i> (DC.) Planch.		Da	5		C, EA	0,500	L	C	Ap	Ago- Nov		Zoo		NA
		Sd												
		Sas												
		Sp												
<i>Connarus angustifolius</i> (Radlk.) G.Schellenb.		Db	10		C, EA	0,500	L	C	Ap	Ago- Nov		Zoo		NA
		Ds												
Cordiaceae														
<i>Cordia exaltata</i> Lam.	Freijó	Db	15		C	0,398	L	Ps	Ap	Jul- Dez		Zoo		NA
		Ds												
<i>Cordia goeldiana</i> Huber	Freijó	Db	30		C	0,498	L	Ps	Ap	Ago- Nov		Anc		NA
		Ds												
<i>Cordia sagotii</i> I.M.Johnst.	Freijó	Db	8	18	C	0,409	L	Ps	Ap	Nov- Jan		Zoo		NA
		Ds												
<i>Cordia sellowiana</i> Cham.	Freijó	Db	5		C	0,510	L	Ps	Ap	Out- Dez		Zoo		NA
		Ds												
<i>Cordia tetrandra</i> Aubl.	Freijó	Da	16	35	C	0,345	A		Ap	Ago- Nov		Zoo		NA
Detarioideae														
<i>Copaifera guyanensis</i> Desf.	Copaíba	Db	12		EA	0,617	L	Ps	NA	Ago		Auto		Vu
		Ds												
<i>Copaifera reticulata</i> Ducke	Copaíba	Db	13		C, EA	0,608	L	Ps	NA	Ago		Auto		NA
		Ds												
<i>Cynometra cuneata</i> Tul.		Db	7	50	C	0,803	L	Ps	Ap	Nov- Mar		Hid		NA
		Ds												
		Da												
<i>Eperua bijuga</i> Mart. ex Benth.	Muirapiranga	Da	20	40 a 100	C	0,729	L	Ps	Ap	Abr- Dez	Abr- Jul	Hid	Bx	NA
<i>Eperua falcata</i> Aubl.		Db	25	100	C	0,719	L	Ps	Ap	Ago- Dez		Hid	Bx	NA
		Ds												
<i>Eperua rubiginosa</i> Miq.		Db	25	70	C	0,745	L	Ps	Ap	Out- Dez		Hid	Bx	NA
		Ds												
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Jatobá	Db	26		C	0,792	L	Ps		Out- Mar		Zoo		NA
		Ds												
		VS												

(continua)

(continuação)

Família/ Espécie	Nome popular	UF	AM	DAP	AP	DM	TexF	PF	R	EFl	EFr	D	DPr	SC
Dialioideae														
<i>Dialium guianense</i> (Aubl.) Sandwith	Jutaí	Db	27	52	EA	0,896	L	Ps	NA	Ago- Dez	Ago	Zoo		NA
		Ds												
		VS												
Dilleniaceae														
<i>Curatella americana</i> L.	Lixa	Sd	8		C	0,650	A	Ps	Ap	Set- Dez	Nov- Dez	Zoo		NA
		Sas												
		Sp												
Euphorbiaceae														
<i>Hura crepitans</i> L.	Assacu	Da	6	90	EA	0,357	L	Sc	Ap	Jul- Dez	Abr	Hid		NA
<i>Mabea speciosa</i> Müll. Arg.		Db	5	8	C	0,635	L	Ps		Ago- Dez	Jan- Mar	Auto		NA
		Ds												
		Da												
<i>Mabea fistulifera</i> Mart.	Canudeiro	Db	4		C	0,616	L	Ps		Set		Auto		NA
		Ds												
		Da												
		Sd												
		Sas												
		Sp												
		VS												
Humiriaceae														
<i>Humiria balsamifera</i> (Aubl.) A.St.-Hil.	Umiri	Db	10	15	C	0,731	L	Ps	Ap	Jul- Dez	Mar- Abr	Zoo		NA
		Ds												
		Da												
		Sd												
		Sas												
		Sp												
Lamiaceae														
<i>Vitex triflora</i> Vahl	Tarumã	Db	12		C	0,549	A	Ps		Ago- Dez	Nov- Dez	Zoo		NA
		Ds												
		Sd												
		Sp												
Lauraceae														
<i>Clinostemon mabuba</i> (A. Samp.) Kuhlm. & A. Samp.	Itaúba	Db	17	25	EA	0,744	L	Ps	NA	Ago- Fev		Zoo		VU
		Ds												
		Da												

(continua)

(continuação)

Família/ Espécie	Nome popular	UF	AM	DAP	AP	DM	TexF	PF	R	EFI	EFr	D	DPr	SC
<i>Endlicheria anomala</i> (Nees) Mez	Louro-fino	Da	2	15	EA	0,504	L	Ps	NA	Ago		Zoo		NA
Lecythidaceae														
<i>Allantoma lineata</i> (Mart. ex Berg) Miers	Seru	Da	20		C	0,545	L	Ps		Abr-Mai	Out	Hid		NA
<i>Corythophora amapaensis</i> Pires ex S.A.Mori & Prance		Db Ds	20		EA	0,755	L	Ps	NA	Jul-Nov		Zoo		NA
<i>Couratari guianensis</i> Aubl.	Tauari	Db Ds	30	35	EA	0,507	L	Ps	NA	Ago-Dez		Zoo		NA
<i>Couratari multiflora</i> (Sm.) Eyma	Tauari	Db Ds	30	35	EA	0,448	L	Ps	NA	Jul-Nov		Auto		NA
<i>Couroupita guianensis</i> Aubl.	Castanha-de-macaco	Db Ds	35		EA	0,434	L	Ps	NA	Mai		Auto		NA
<i>Gustavia angusta</i> L.	Mata-matá	Db Ds Da	5		EA	0,650	L	Ps	NA	Jul-Nov	Out-Fev	Zoo		NA
<i>Gustavia hexapetala</i> (Aubl.) Sm.	Jeniparana	Db Ds	3		C	0,716	L	Ps	NA	Jul-Out		Zoo		NA
<i>Lecythis idatimon</i> Aubl.	Sapucaia	Db Ds	25	30 a 50	EA	0,799	L	Ps		Ago-Fev	Set-Dez	Auto		NA
<i>Lecythis lurida</i> (Miers) S.A.Mori	Jarana	Db Ds VS	7		EA	0,863	L	Ps		Fev		Auto		NA
<i>Lecythis pisonis</i> Cambess.	Sapucaia	Db Ds VS	15	50 a 90	EA	0,857	L	Ps		Jul-Jan		Auto		NA
Loganiaceae														
<i>Antonia ovata</i> Pohl		Db Ds Sd Sas Sp	20		C	0,467	L	Ps	Ap			Zoo		NA
Malvaceae														
<i>Apeiba albiflora</i> Ducke	Pente-de-macaco	Db Ds	20		C	0,245		Ps	Ap	Abr-Jun	Ago-Dez	Auto		NA

(continua)

(continuação)

Família/ Espécie	Nome popular	UF	AM	DAP	AP	DM	TexF	PF	R	EFl	EFr	D	DPr	SC
<i>Apeiba tibourbou</i> Aubl.	Pente-de- macaco	Db Ds	15	45	C	0,200		Ps	Ap	Abr- Dez		Auto		NA
<i>Eriotheca globosa</i> (Aubl.) A.Robyns	Munguba	Db Ds	13	10 a 120	EA	0,410	L	Ps	NA	Jun- Nov	Set- Fev	Ane		NA
<i>Eriotheca gracilipes</i> (K.Schum.) A.Robyns	Paineira	Sd Sas Sp	6	10 a 20	EA	0,454	L	Ps	NA	Mai- Set	Ago- Nov	Ane		NA
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Mutamba	Db Ds Da	6		C	0,521	L	Ps	Ap	Abr- Ago		Zoo		NA
<i>Pseudobombax munguba</i> (Mart.) Dugand	Munguba	Da	5		C	0,250	L	C		Mar- Ago	Jun- Out	Ane		NA
<i>Pachira aquatica</i> Aubl.	Cupuaçurana	Da	10	50 a 69	C	0,377	L	Ps		Jun- Out		Hid		NA

Malpighiaceae

<i>Byrsonima christianae</i> W.R.Anderson		Db Ds	25		EA	0,634	A	Ps	NA	Set- Dez		Zoo		NA
<i>Byrsonima chrysophylla</i> Kunth		Db Ds Sd Sas Sp Vs	5		C	0,634	L	Ps	Ap	Set- Dez	Nov- Dez	Zoo		NA
<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth	Muruci-do- campo	Sd Sas Sp	3		C	0,584	L	Ps	Ap	Set- Dez	Nov- Dez	Zoo		NA
<i>Byrsonima crispa</i> A.Juss.	Muruci-da- mata	Db Ds	10	30	C	0,580	L	Ps	Ap	Mar- Dez		Zoo		NA
<i>Byrsonima duckeana</i> W.R.Anderson		Db Ds VS	12		C	0,634	L	Ps	Ap	Abr		Zoo		NA
<i>Byrsonima japurensis</i> A.Juss.		Da	12	40	C	0,620	L	Ps	Ap	Set- Jan		Zoo		NA

Melastomataceae

<i>Bellucia dichotoma</i> Cogn.	Goiaba-de- anta	Db Ds VS	9		C	0,557	L	Ps	Ap	Out		Zoo	Bx	NA

(continua)

(continuação)

Família/ Espécie	Nome popular	UF	AM	DAP	AP	DM	TexF	PF	R	EFl	EFr	D	DP _r	SC
<i>Bellucia grossularioides</i> (L.) Triana	Goiaba-de-anta	Db	12	10	C	0,598	L	Ps	Ap	Jul-Dez	Out-Dez	Zoo	Bx	NA
		Ds												
		VS												
Meliaceae														
<i>Carapa guianensis</i> Aubl.	Andiroba	Db	20	53	EA	0,530	L	Ps	NA	Ago-Dez	Nov-Mar	Zoo	Bx	NA
		Ds												
		Da												
<i>Cedrela odorata</i> L.	Cedro	Da	20	40	EA	0,447	L	Ps	NA	Jun-Ago		Ane		VU
Metteniusaceae														
<i>Poraqueiba sericea</i> Tul.	Umari	Db	10		C	0,783	L	Ps		Out-Nov		Zoo		NA
		Ds												
Moraceae														
<i>Bagassa guianensis</i> Aubl.	Tatajuba	Db Ds	15		EA	0,709	L	Ps	NA	Ago		Zoo		NA
Myristicaceae														
<i>Virola sebifera</i> Aubl.	Ucuuba	Db	8	25 a 33	C	0,445	L	Ps		Mai-Nov	Jul	Zoo		NA
		Ds												
		Da												
Myrtaceae														
<i>Calyptanthus speciosa</i> Sagot		Db	8		C	0,860	L	Ps		Jun-Dez		Zoo		NA
		Ds												
<i>Campomanesia aromatica</i> (Aubl.) Griseb.	Acariquara	Db Ds	6	35	C	0,828	L	Ps	Ap	Nov-Dez		Zoo		NA
<i>Campomanesia grandiflora</i> (Aubl.) Sagot	Acariquara branca	Db Ds	6		EA	0,730	L	Ps	Ap	Dez		Zoo		NA
<i>Eugenia biflora</i> (L.) DC.	Cumatê	Db	3		C	0,800	L	Ps	Ap	Jul-Nov	Ago	Zoo		NA
		Ds												
		Da												
		Sd												
		Sas												
		Sp												
<i>Myrcia minutiflora</i> Sagot		Db	6		C	0,811	L	Ps		Ago-Jan		Zoo		NA
		Ds												
		Sd												
		Sas												
		Sp												
		VS												

(continua)

(continuação)

Família/ Espécie	Nome popular	UF	AM	DAP	AP	DM	TexF	PF	R	EFl	EFr	D	DPr	SC
<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.		Db	10	30	C	0,800	L	Ps		Ago- Dez	Jan- Fev	Zoo		NA
		Ds												
		Sd												
		Sas												
		Sp												
<i>Myrciaria dubia</i> (Kunth) McVaugh	Camu-camu	Da	8		C	0,710	L	Ps		Ago- Dez	Nov- Mar	Zoo		NA
<i>Myrciaria tenella</i> (DC.) O.Berg		Db	7		C	0,700	L	Ps		Abr- Mai		Zoo		NA
		Ds												
		VS												
Ochnaceae														
<i>Ouratea castaneifolia</i> (DC.) Engl.	Mango-do- mato	Sd	2	0,5	C	0,657	L	Ps		Set- Nov		Zoo		NA
		Sas												
		Sp												
<i>Ouratea hexasperma</i> (A.St.- Hil.) Baill.	Barbatimão	Sd	3	5 a 30	C	0,727	L	Ps		Set- Nov	Out- Dez	Zoo		NA
		Sas												
		Sp												
Peraceae														
<i>Pera glabrata</i> (Schott) Baill.		Db	15	15 a 60	C	0,670	L	Ps		Ago- Out		Zoo		NA
		Ds												
		Sd												
		Sas												
		Sp												
		VS												
Papilionoideae														
<i>Alexa imperatricis</i> (R.H.Schomb.) Baill.		Db	10		C	0,487		Ps		Dez- Jan		Zoo		NA
		Ds												
<i>Andira inermis</i> (W.Wright) DC.	Morcegueira	Db	36	71	C	0,643	L	Ps	NA	Set- Nov		Zoo	Bx	NA
<i>Andira surinamensis</i> (Bondt) Splitg. ex Amshoff	Andira-uchi	Db	6		C	0,705	L	Ps	NA	Jul		Zoo		NA
		Ds												
<i>Bocoa racemulosa</i> (Huber) R.S.Cowan		Db	9	5 a 10	C	0,883		Ps		Nov- Dez		Auto		NA
		Ds												

(continua)

(continuação)

Família/ Espécie	Nome popular	UF	AM	DAP	AP	DM	TexF	PF	R	EFI	EFr	D	DPr	SC
<i>Bowdichia nitida</i> Spruce ex Benth.	Sucupira	Db	12		EA	0,803	L	Ps	NA			Ane		NA
		Ds												
		Sd												
		Sas												
		Sp												
<i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth	Sucupira-do-campo	Sd	10		C	0,910	L	Ps	Ap	Jul-Ago		Ane		NA
		Sas												
		Sp												
<i>Clitoria fairchildiana</i> R.A.Howard	Facão	Da	7		C	0,680	L	Ps	NA	Ago-Jan		Auto	Bx	NA
		VS												
<i>Diploptropis martiusii</i> Benth.	Sapupira	Da	18		EA	0,633	L	Ps	NA	Mar-Mai		Hid	Bx	NA
<i>Diploptropis purpurea</i> (Rich.) Amshoff	Sucupira	Db	16		EA	0,762	L	Ps	NA			Ane	Bx	NA
		Ds												
<i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Willd.	Cumaru	Db	12	20 a 63	EA	0,923	L	Ps	NA	Ago-Dez	Mar-Abr	Ane	Bx	NA
		Ds												
<i>Erythrina fusca</i> Lour.	Assacurana	Da	10	25	C	0,298	L	Ps	Ap	Jul-Out		Zoo		NA
<i>Ormosia coutinhoi</i> Ducke	Tento	Db	10		C	0,591	L	Ps				Hid		NA
		DS												
<i>Platymiscium pinnatum</i> var. <i>ulei</i> (Harms) Klitg.	Pau-sangue	Da	8	20 a 25	C	0,721	L	Ps		Mar-Abr		Ane		NA
<i>Sesbania exasperata</i> Kunth		Db	25		C	0,444	L	Ps		Abr-Out		Auto		NA
		Ds												
		VS												
<i>Swartzia grandifolia</i> Bong. ex Benth.		Db	14		C	1,030		Ps				Hid	Bx	NA
		Ds												
		Sd												
		Sas												
		Sp												
<i>Swartzia racemosa</i> Benth.	Mututi	Db	10		EA	0,842	L	Ps		Abr-Jul		Hid	Bx	NA
		Ds												
		Da												
<i>Vatairea guianensis</i> Aubl.	Fava-bolacha	Da	18		EA	0,672	L	C		Out-Nov	Abr-Mai	Hid		NA

(continua)

(continuação)

Família/ Espécie	Nome popular	UF	AM	DAP	AP	DM	TexF	PF	R	EFl	EFr	D	DP _r	SC		
Polygonaceae																
<i>Coccoloba mollis</i> Casar.	Coaçu	Db	8		C	0,675		Ps	Ap	Ago- Dez		Zoo		NA		
		Ds														
		Sd														
		Sas														
		Sp														
Putranjivaceae																
<i>Drypetes variabilis</i> Uittien	Maparana	Db Ds	18		C	0,737	L	Ps	Ap	Jul- Ago		Zoo		NA		
Rubiaceae																
<i>Alibertia edulis</i> (Rich.) A. Rich. ex DC.	Puruí	Db	5		C	0,760	L	Ps	Ap		Jun- Jul	Zoo		NA		
		Ds														
<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess.	Jacareúba	Da	20	43	EA	0,585	L	Ps	Ap	Abr		Zoo		NA		
<i>Calycophyllum spruceanum</i> (Benth.) Hook.f. ex K.Schum.	Pau-mulato	Da	20		EA	0,719	L	Ps	Ap			Ane	Bx	NA		
<i>Chimarrhis turbinata</i> DC.	Pau-de-remo	Db Ds	13	30	EA	0,720		Ps	NA	Ago- Dez		Zoo		NA		
<i>Contarea hexandra</i> (Jacq.) K.Schum.		Db	10		C	0,600	L	Ps	Ap	Fev- Abr	Jun- Jul	Ane		NA		
		Ds														
		Da														
		Sd														
		Sas														
		Sp														
<i>Duroia eriopila</i> L.f.	Puruí	Db Ds Da	12		EA	0,795	L	Ps	NA	Jan		Zoo		NA		
<i>Genipa americana</i> L.	Genipapo	Db Ds Da Pa VS	20	35	C	0,634	L	Ps	Ap	Jul- Dez	Fev- Abr	Zoo		NA		
		Rutaceae														
		<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	Tamanqueira- limão	Db Ds VS	10		C	0,569	L	Ps		Set- Mai	Nov- Jul	Zoo		NA

(continua)

(continuação)

Família/ Espécie	Nome popular	UF	AM	DAP	AP	DM	TexF	PF	R	EFI	EFr	D	DPr	SC
Salicaceae														
<i>Casearia decandra</i> Jacq.	Caferana	Db Ds	9		C	0,664	L	Ps	Ap	Out- Mar		Zoo		NA
<i>Casearia pitumba</i> Sleumer	Cabelo-de- cotia	Sd Sas Sp VS	10		C	0,730	L	C	Ap	Ago- Jan		Zoo		NA
<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	Pau-de-lagarto	Db Ds Sd Sas Sp SV	3	C	C	0,705	L	Ps	Ap	Jun- Nov		Zoo		NA
Sapindaceae														
<i>Allophylus edulis</i> (A.St.-Hil. et al.) Hieron. ex Niederl.	Fruta-de- pombo	Db Ds	15		C	0,651	L	Sc	Ap	Jan- Dez		Zoo		NA
<i>Cupania diphylla</i> Vahl		Db Ds	5	8	C	0,611	L	Ps	Ap	Ago- Jan		Zoo		NA
<i>Cupania oblongifolia</i> Mart.	Camboatá	VS	9		EA	0,570	L	Ps	NA	Out		Zoo		NA
<i>Matayba guianensis</i> Aubl.	Camboatá	Db Ds Da Sd Sas Sp	4		C	0,620	L	Ps		Jul- Abr		Zoo		NA
<i>Sapindus saponaria</i> L.	Saboneteira	Db Ds VS	10	50	C	0,712	L	Ps		Ago- Nov		Zoo		NA
Sapotaceae														
<i>Chrysophyllum prieurii</i> A.DC.	Maçaran- dubarana	Db Ds	25	50	C	0,861	L	Ps	Ap	Ago- Jan		Zoo		NA
<i>Chrysophyllum sanguinolentum</i> (Pierre) Baehni		Db Ds Da	15		C	0,671	L	Ps	Ap	Ago- Fev		Zoo		NA
<i>Ecclinusa ramiflora</i> Mart.	Abiurana	Db Ds	5	15	C	0,961	L	Ps	Ap	Ago- Nov	Jan- Mar	Zoo	Bx	NA

(continua)

(continuação)

Família/ Espécie	Nome popular	UF	AM	DAP	AP	DM	TexF	PF	R	EFl	EFr	D	DP _r	SC
<i>Pouteria caimito</i> (Ruiz & Pav.) Radlk.	Abiu	Db	9	10 a 20	C	0,805	L	Ps		Jul- Nov		Zoo		NA
		Ds												
Simaroubaceae														
<i>Simarouba amara</i> Aubl.	Marupá	Db	25		C	0,383	L	Ps		Mai- Dez		Zoo		NA
		Ds												
		Sd												
		Sas												
		Sp												
Vochysiaceae														
<i>Erisma calcaratum</i> (Link) Warm.	Aburana	Da	15		C	0,680	L	Ps	Ap	Abr- Out		Ane		NA
<i>Erisma uncinatum</i> Warm.	Vergalho-de- jabuti	Db	30	60	C	0,523	L	Ps	Ap	Ago- Dez		Ane		NA
		Ds												
<i>Salvertia convallariodora</i> A.St.-Hil.	Folha-larga	Sd	12	5 a 27	C	0,650	L	Ps		Set- Nov	Out- Dez	Ane		NA
		Sas												
		Sp												

Fonte: Autor. Unidade(s) Fitoecológica(s) do estado – (UF): em verde escuro Florestas Densa (D) e em verde claro Floresta Aberta (A); Altura média em metros (AM); Diâmetro na altura do peito (DAP); Adequada para plantio (AP) em calçadas (C) e em espaços abertos (EA); Densidade da madeira (DM) baixa (Bx): < 0,550 g.cm⁻³, média (Me): entre 0,550 e 0,720 g.cm⁻³ e alta (Al): > 0,730 g.cm⁻³; Textura de folha (TF): áspera (A) e lisa (L); Persistência das folhas (PF): perenifolia (Ps), caducifolia (C) e semi-caducifolia (Sc); Raiz (R) apropriada para plantio em calçadas (AP) e não apropriada para plantio em calçadas (NA); Época de florescimento (EFl); Época de frutificação (EFr); Dispersão (D): zoocórica (Zoo), anemocórica (Ane), autocórica (Aut), hidrocórica (Hid); Dificuldade de produção em viveiro (DP): baixa (Bx), média (Md) e alta (Al); Status de conservação (SC) segundo IUCN / Raridade: não ameaçada (NA), vulnerável (VU) e ameaçada (AM).

Vários estudos têm destacado a importância da família na composição florística do estado do Amapá. Um estudo realizado em 2014, em um trecho de floresta de terra firme no Sudoeste do estado, registrou predominância das Fabaceae [27]. Em 2016, um estudo realizado em uma floresta de várzea e igapó no estado observou que, entre as famílias mais representativas em número de espécies, destacam-se Fabaceae (16) e Arecaceae (7) [28]. O mesmo foi observado em um trecho de floresta de terra firme na Área de Proteção Ambiental da Fazendinha (APA), com destaque para os gêneros *Pentaclethra* Benth. (27,66 %) e *Pterocarpus* Jacq. (19,15%) [29].

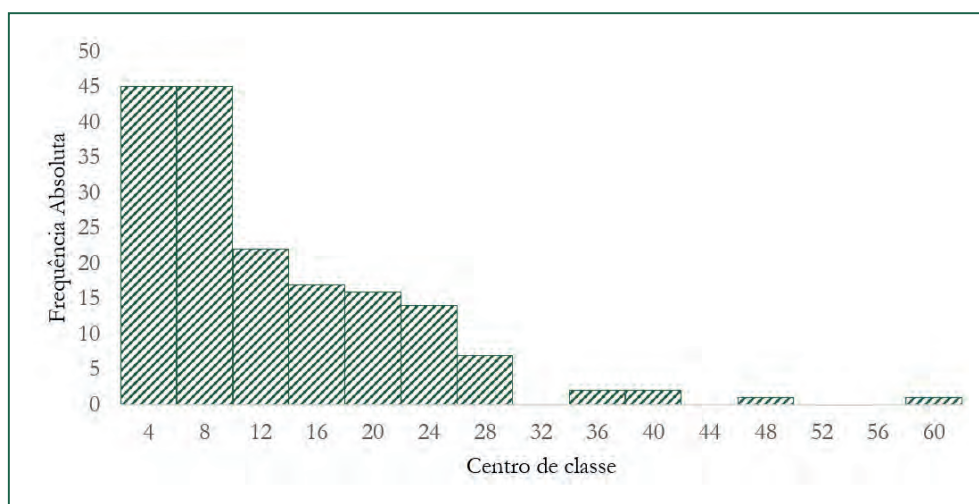
Tanto para Fabaceae como as demais famílias listadas, cerca de 50% são tolerantes à sombra nas fases iniciais [30]. Ademais, 90% delas podem ser encontradas em florestas densas e secundárias, tolerando a sombra nas etapas iniciais. Porém, necessitam de iluminação durante seu desenvolvimento, especialmente nas fases intermediárias e na maturidade, podendo inclusive aumentar seu porte quando ocorre a abertura no dossel, como por exemplo algumas espécies dos gêneros *Carapa* Aubl., *Lecythis* Loefl. e *Virola* Aubl.

Em virtude do ambiente urbano completamente aberto, cerca de 20% das espécies são típicas de florestas secundárias e 20% de savanas, vegetação dominante no entorno dos centros urbanos do Amapá. Seus espécimes conseguem germinar em ambiente completamente aberto e recebem radiação direta. A grande maioria apresenta crescimento rápido, madeira leve com frutos pequenos e numerosos, o que favorece a arborização urbana [31]. Entre as espécies de floresta secundária destacam-se as *Inga*, *Myrcia* e *Tapirira*. Nas espécies de savana destacam-se as *Tabebuia*, *Salvertia*, *Curatella* e *Hancornia*.

A maioria das espécies listadas conseguem se estabelecer nos centros urbanos por serem tolerantes à altas temperaturas e pouco exigentes nutricionalmente, especialmente as típicas de savana, que, em função de sua rusticidade, levam vantagem no ambiente urbano, e, além disso, suportam bem os tratos culturais.

Dentre as 172 espécies, apenas 10 possuem frutos grandes, o que restringe sua indicação, podendo ser indicadas apenas para locais onde não haja circulação de pessoas. Isso vale para as espécies de savana, com folhas coriáceas e carnosas, a fim de evitar o entupimento de tubulações e as espécies das famílias Apocynaceae, Clusiaceae e Euphorbiaceae que produzem látex e resinas, podendo provocar manchas e nódos. Com relação ao porte, 64% das espécies são de tamanho intermediário (entre 5-20m); 20% das espécies podem atingir grande porte (acima de 20 m) e 16% delas são de pequeno porte (entre 1-5m) (Figura 2).

Figura 17.2 – Distribuição de frequência de altura das árvores nativas adequadas para arborização urbana no estado do Amapá.



Fonte: Autor.

Apenas 3,5% das espécies listadas são caducifólias, com destaque para os gêneros *Pseudobombax*, *Handroanthus* e *Tabebuia*. Essas espécies devem ser afastadas de bocas de lobo, pois perdem suas folhas no período de estiagem, mas compensam a queda com uma floração abundante e vistosa. A exemplo do que ocorre no ambiente natural, mais de 90% das espécies florescem apenas no período de estiagem (entre junho e dezembro), cerca de 5% florescem o ano todo e 5% no período chuvoso (entre janeiro e junho).

17.4. Considerações finais

A listagem apresentada resultou da quantificação da biodiversidade arbórea do estado do Amapá, com base em registros de herbários, especialmente o Herbário Amapaense-HAMAB. Com 172 espécies nativas potenciais, distribuídas em 39 famílias e 111 gêneros, a lista serve como ferramenta para a gestão ambiental dos municípios, auxiliando as secretarias de meio ambiente na seleção de espécies, no manejo e nos cuidados durante o plantio.

O uso de espécies nativas contribui para a conservação da biodiversidade, recuperação de áreas degradadas e manutenção de habitats para fauna e flora. Também favorece a integração entre estados da região Norte, estimulando parcerias e o desenvolvimento de políticas públicas voltadas à sustentabilidade urbana e à conservação ambiental.

Além dos benefícios ecológicos, a arborização urbana com espécies nativas proporciona vantagens diretas à população, como redução da temperatura local, controle da poluição, proteção do solo e mitigação de enchentes. A organização dessa lista permite ainda apoiar a preservação de espécies ameaçadas e incentivar projetos educativos e de monitoramento, promovendo a participação da sociedade na manutenção dos espaços verdes urbanos.

17.5. Referências

- [1] Brasil. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Brasília: Senado Federal; 1988.
- [2] Brasil. Decreto-Lei nº 5.812, de 13 de setembro de 1943. Cria o Território Federal do Amapá. Diário Oficial da União. 1943.
- [3] Macapá. Secretaria Municipal de Meio Ambiente. Plano de Arborização Urbana de Macapá “João Gualberto da Silva”. Macapá; 2016.
- [4] Velasco GDN, Couto HTZ, Gonçalves W. Planejamento da arborização urbana. Rev Árvore. 2006;30(3):455-66.
- [5] Marques LC. Arborização urbana: aspectos técnicos e de planejamento. Rev Bras Arboric Urb. 2008;3(1):11-20.
- [6] Alvarez IA, Moro MF, Martins FR. Espécies nativas na arborização urbana. Rodriguésia. 2012;63(1):227-35.
- [7] BFG – The Brazil Flora Group. Flora do Brasil 2021. Rio de Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro; 2021.
- [8] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Manual técnico da vegetação brasileira. 2ª ed. Rio de Janeiro: IBGE; 2019.
- [9] Farr ER, Zijlstra G. Index Nominum Genericorum (Plantarum). Washington: Smithsonian Institution; 2021.
- [10] Reveal JL. Indices Nominum Supragenericorum Plantarum Vascularium. 2021.
- [11] R Development Core Team. R: A language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing; 2009.
- [12] Lorenzi H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 2ª ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum; 2008.
- [13] Biondi D, Lima Neto EM. Arborização urbana: importância e desafios. Floresta. 2011;41(1):165-74.

- [14] Lima Neto EM, Biondi D, Silva F. Arborização urbana no Brasil: situação atual e desafios futuros. *Rev Bras Arboric Urb.* 2016;11(2):1-17.
- [15] Barros CF, Guilherme FAG, Carvalho LMT. Arborização urbana no Brasil: problemas e soluções. *Rev Árvore.* 2010;34(1):123-31.
- [16] Costa AM, Silva RS, Andrade VM. Arborização urbana: aspectos ecológicos e paisagísticos. *Acta Amaz.* 2006;36(3):389-98.
- [17] Malavasi UC, Malavasi MM. Produção de mudas de espécies florestais. Londrina: Eduel; 2001.
- [18] Gonçalves LM. Silvicultura urbana: produção de mudas para arborização. *Rev Bras Hortic Urb.* 2004;8(2):239.
- [19] Hoppen C, Medeiros J, Vieira FS. Legislação ambiental e arborização urbana. *Rev Soc Bras Arboric Urb.* 2014;9(2):45-52.
- [20] Santos AR, Silva MC, Oliveira RS. Preferência por espécies exóticas na arborização urbana. *Rev Verde.* 2017;12(4):657-63.
- [21] Souza PR, Ferreira MS, Andrade R. Uso de espécies tradicionais na arborização urbana. *Rev Agro Amb.* 2011;5(2):144-53.
- [22] Isernhagen I, Bourlegat CA, Carboni M. Conservação da biodiversidade em espaços urbanos. *Rev Bras Meio Amb.* 2009;13(2):201-9.
- [23] Silva R, Perelló L. Paisagismo e espécies nativas em áreas urbanas. *Rev Bras Arboric Urb.* 2010;5(1):13-22.
- [24] Possette RF, Rodrigues RR. Diversidade e importância ecológica da família Fabaceae. *Biota Neotrop.* 2010;10(2):67-75.
- [25] Gaspar R. Fabaceae no Brasil: diversidade e ecologia. *Acta Bot Bras.* 2013;27(1):123-35.
- [26] Gris D, Temponi LG, Marcon R. Importância ecológica das Fabaceae na arborização urbana. *Floresta.* 2012;42(2):345-53.
- [27] Silva JF, Almeida SS, Rocha MS. Composição florística em floresta de terra firme no sudoeste do Amapá. *Acta Amaz.* 2014;44(3):301-12.
- [28] Moraes PLR. Composição florística em florestas de várzea e igapó no Amapá. *Rev Bras Bot.* 2016;39(2):277-89.
- [29] Cantuária PC, Barbosa EM, Oliveira F. Composição florística da APA da Fazendinha, Macapá. *Biotemas.* 2017;30(1):53-65.
- [30] Maciel MN, Souza RM, Pereira LA. Espécies esciófitas da Amazônia. *Bot Amaz.* 2003;9(1):75-86.
- [31] Venzke TS, Ferrer L, Costa AM. Espécies de savana adaptadas ao ambiente urbano no Amapá. *Ver Verde.* 2012;7(1):115-23.

Capítulo 18

CARACTERIZAÇÃO FLORÍSTICA DO AMAZONAS E INDICAÇÃO DE ESPÉCIES NATIVAS POTENCIAIS PARA ARBORIZAÇÃO URBANA

Por Carlos Alberto Cid Ferreira (in memoriam)

18.1. Destaques deste capítulo

1. O crescimento acelerado de Manaus e de outras cidades amazônicas tem ampliado a pressão sobre as áreas verdes, afetando a saúde, o microclima e a qualidade de vida da população;
2. Fragmentos florestais e a arborização planejada exercem papel fundamental no equilíbrio climático urbano, na redução da poluição, no abrigo da fauna e na melhoria do bem-estar social e psicológico;
3. Embora a Amazônia concentre mais da metade da biodiversidade mundial, ainda há escassez de estudos e monitoramento sistemático a respeito de sua flora em áreas urbanas;
4. Apenas 22% da área urbana de Manaus apresenta cobertura arbórea, índice considerado insuficiente diante das demandas ambientais e sociais, agravado pela ausência de políticas públicas contínuas;
5. A utilização de espécies nativas na arborização urbana é estratégica para conservar a biodiversidade, fortalecer a identidade regional e apoiar o planejamento e a gestão ambiental com base em uma lista de 100 espécies potenciais.

18.2. Introdução

O ambiente urbano é a resultante das interações dos fatores ambientais, biológicos e socioeconômicos, onde o meio edificado pelo homem predomina sobre o meio físico, causando profundas alterações sobre ele e na qualidade de vida dos seres [1]. Atualmente, mais de 50% da população mundial vive nas cidades e, por esta razão, há uma preocupação legítima em torná-las mais humanas, de maneira que o lazer, a recreação e a melhoria das condições ambientais tenham importante papel no cotidiano coletivo. Para isso, seus administradores precisam contar com avaliações e diagnósticos permanentes para subsidiar o planejamento adequado das áreas verdes públicas urbanas, com vistas a obter melhores condições de habitabilidade e de qualidade de vida.

Atualmente, a presença de áreas verdes e de lazer próximas às grandes cidades são parâmetros cada vez mais utilizados nas avaliações da qualidade de vida das populações urbanas [2]. Isto

porque a urbanização modifica a estrutura física e biótica do habitat, condicionando diversos fatores ecológicos envolvendo tanto a flora quanto a fauna nestas áreas [3].

Os fragmentos de florestas urbanas vêm se tornando cada vez mais comuns, mas ainda persistem dúvidas a respeito de sua conservação e importância como reservas naturais. Quando planejadas, as áreas verdes constituem um benefício social, gerando também outros múltiplos benefícios, como equilíbrio do microclima urbano, redução da poluição atmosférica e sonora, harmonização da paisagem, abrigo da fauna urbana e melhoria da saúde pública. A conservação da biodiversidade representa um dos maiores desafios deste final de século, em função do elevado nível de perturbações antrópicas dos ecossistemas naturais, sendo a fragmentação uma de suas principais consequências [4].

Atualmente, a preocupação com o meio ambiente e a qualidade de vida nos centros urbanos é intensa e, neste contexto, a arborização urbana, seja natural ou inserida pelo homem, constitui fator de grande relevância ambiental mediante as funções ecológicas e reguladoras, ligadas diretamente ao bem-estar da sustentabilidade da vida humana.

A arborização urbana existente nas grandes cidades é geralmente de porte arbóreo, muitas vezes natural ou, em outras ocasiões, exóticas. Com o crescimento das cidades, a população se viu cada vez mais distante do verde e das paisagens naturais, e o ambiente cinza e hostil começava a afetar negativamente a vida; assim, a população urbana passou a valorizar as plantas e a reconhecer seus benefícios para a qualidade de vida [5].

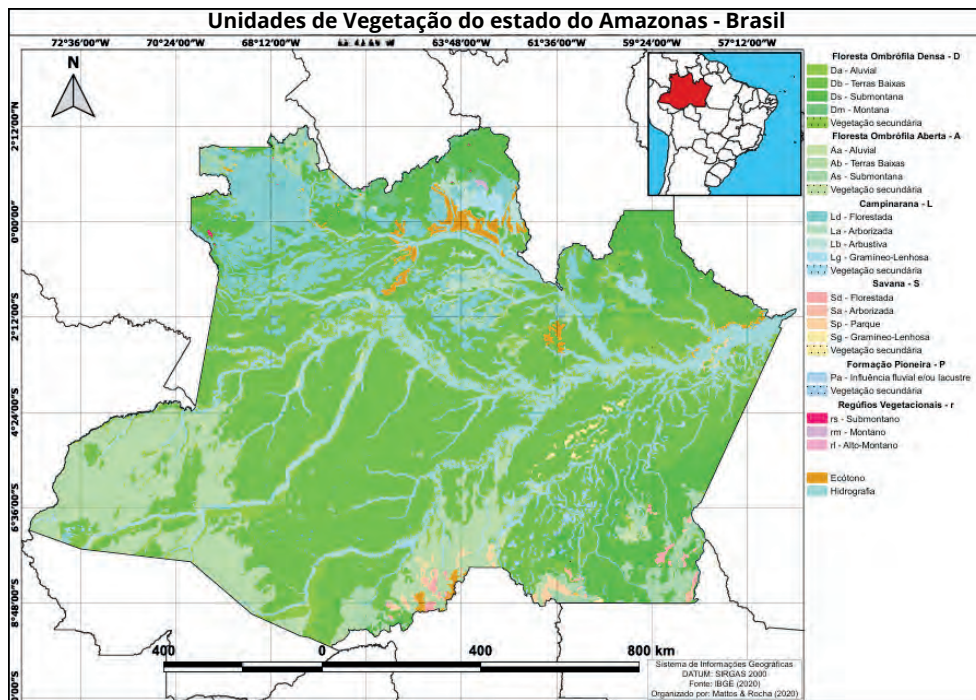
As florestas tropicais abrigam mais da metade de toda a biodiversidade conhecida [6,7]. Estima-se, por exemplo, que as florestas da Amazônia contenham cerca de 40.000 espécies de plantas vasculares, das quais 30.000 são endêmicas da região [8]. A região amazônica compreende uma área de aproximadamente 7 milhões de km², incluindo todos os estados da região Norte (Amazonas, Pará, Roraima, Rondônia, Acre e grande parte dos estados do Mato Grosso, Tocantins e Maranhão), os quais, juntos, formam a delimitação política chamada Amazônia Legal. Uma relevante porção da Floresta Amazônica está contida dentro do Brasil (60%), seguida pelo Peru (13%) e com partes menores na Colômbia, Venezuela, Equador, Bolívia, Guiana, Suriname e França (Guiana Francesa).

O estado do Amazonas possui uma população estimada em mais de 3,2 milhões de habitantes, distribuídos em um território de mais de 1,5 milhão de km². É o estado brasileiro com cerca de 98% de cobertura florestal tropical, sendo que 52% das áreas preservadas são unidades de conservação estadual e federal, e 27% são terras indígenas, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE [9]. Em razão de sua localização tropical, com alta precipitação e elevadas temperaturas, a maior parte de sua vegetação constitui-se de florestas ombrófilas, típicas do bioma amazônico (Figura 1).

No conjunto das áreas preservadas, verifica-se poucas informações da flora e vegetação por meio de levantamentos florísticos e fitossociológicos. Destacam-se, entre as áreas preservadas com estudos florísticos, o Parque Estadual da Serra do Aracá, no município de Barcelos [10,11], o Parque Nacional das Anavilhanas e o Parque Nacional do Jaú, no município de Novo Airão [12]. No que se refere às Áreas de Proteção Ambiental, fazem parte da região metropolitana de Manaus as Trilhas Botânicas da Cachoeira da Onça [13] e a RDS do Tupé, situada na margem esquerda do Rio Negro, a aproximadamente 25 km do centro da cidade de Manaus [14], ambas com estudos florísticos.

Um estudo realizado pelo Departamento de Geografia da Universidade Federal do Amazonas (UFAM) apontou que apenas 22% da área urbana de Manaus é arborizada, percentual considerado mínimo por especialistas da área de geografia urbana.

Figura 18.1 – Unidades fitogeográficas do estado do Amazonas



Fonte: Matos e Rocha; IBGE.

A falta de conscientização da população e a ausência de políticas públicas de incentivo ao plantio e à manutenção de árvores são apontadas pelos pesquisadores como as principais limitações para a existência de complexos arbóreos na capital.

A cidade de Manaus está situada na margem esquerda do Rio Negro, com uma área de 11.401,092 km², nas coordenadas geográficas 2°50'–3°11' de latitude Sul e 59°44'–61°11' de longitude Oeste, e uma altitude média de 21 m. Localiza-se na parte central da Amazônia brasileira, na foz do Rio Negro, afluente do Rio Amazonas. Possui a quarta maior área urbana do país, com 427 km², segundo dados da Embrapa [15]. Mesmo localizada no coração da Floresta Amazônica, a cidade tem apenas 22% da área urbana arborizada [16]. Esse índice é considerado baixo e o volume insuficiente de árvores pode trazer consequências à saúde da população.

As pressões urbanas provocadas pelo descarte incorreto de lixo e as invasões ameaçam as áreas verdes da capital. Manaus, mesmo servindo de exemplo de zona urbana desenvolvida no meio da floresta, mas que atualmente resulta em um preço ambiental muito alto por conta da expansão urbana que vem sofrendo nos últimos 30 anos, contribui muito para o desflorestamento das áreas verdes da cidade.

Na região urbanística da cidade de Manaus estão cerca de 14 áreas consideradas de preservação. Entretanto, em função do conhecimento de sua estrutura fisionômica e composição florística, destaca-se a Reserva Florestal Ducke, pertencente ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia desde 1973, local onde foi elaborada a única flora da região Norte, abrangendo 5.000 indivíduos e 1.200 espécies nativas identificadas [17], além das inúmeras pesquisas da flora e fauna.

Na Reserva Biológica de Campina INPA/SUFRAMA também foram publicados inúmeros trabalhos técnicos de mestrado e doutorado, abrangendo clima, solo e vegetação. Nesse contexto, destaca-se a Variação Florística e Fisionômica da Vegetação de Transição Campina, Campinarana e Floresta de Terra Firme [18], que registrou cerca de 2.800 indivíduos, abrangendo 44 famílias, 103 gêneros e 155 espécies arbóreas e arbustivas da vegetação de campina, campinarana e floresta de terra firme.

Ainda em relação ao conhecimento da vegetação regional, destaca-se o Guia das Arbóreas e Arbustivas do Campus do INPA, com 375 espécies nativas identificadas e mapeadas [19]. Anexo ao Campus I encontra-se o Bosque da Ciência, local de visitação pública, onde foi publicado o Guia de Bolso da Flora Amazônica no Bosque da Ciência [20]. Entre outras áreas verdes da cidade, estão o Campus da Universidade Federal do Amazonas, a Área Verde do Comando Militar da Amazônia e o Parque Municipal do Mindu. A cidade também dispõe do Plano Diretor de Arborização Urbana de Manaus (PDAU) [21], criado em 2016, que instituiu diversas áreas de preservação ambiental, mas que ainda carece de projetos para detalhar a vegetação e a composição florística.

Fazem parte desse plano a Reserva Ecológica Sauim Castanheiras/Cetas, o Corredor Ecológico Urbano do Igarapé do Mindu, a Área de Proteção Ambiental do Tarumã/Ponta Negra, a Área de Proteção Ambiental Parque Linear do Bindá, a Área de Proteção Ambiental Parque do Gigante, a Área de Proteção Ambiental Parque Ponta Negra, a Área de Proteção Ambiental Adolpho Ducke, o Corredor Ecológico Urbano das Cachoeiras do Tarumã e o Parque Municipal das Nascentes do Mindu.

O principal objetivo deste material foi indicar a utilização de espécies nativas da região amazônica e a aplicação desse potencial não só no urbanismo, mas também em áreas fragmentadas, muitas vezes desconhecidas pelos gestores e administradores das cidades. Além disso, é necessário compreender os fatores bióticos e abióticos que influenciam o desenvolvimento ambiental e sustentável dos centros urbanos.

As cidades do estado do Amazonas situam-se geograficamente na Amazônia Central, região considerada a mais rica em biodiversidade do planeta. Assim, o presente manual visa orientar os gestores de que a urbanização planejada melhora sensivelmente a qualidade de vida de seus habitantes, promovendo o enriquecimento das áreas verdes já existentes com as próprias espécies nativas da região [17].

18.3. Justificativa e viabilidade

A Amazônia possui grande riqueza de espécies arbóreas com potencial para serem utilizadas na arborização urbana. Entretanto, são raros os exemplos de espécies nativas em vias públicas nas cidades da região, em razão sobretudo da carência de informações a respeito de aspectos silviculturais, principalmente quanto ao comportamento dessas espécies em ambientes urbanos [22].

A escolha de espécies nativas adequadas para utilização em determinados locais é fundamental no planejamento da arborização urbana, devendo-se considerar variáveis como a importância dessas árvores como fonte de abrigo e alimentação para a fauna e avifauna que habitam a região.

O planejamento urbano é uma ferramenta valiosa para líderes municipais alcançarem o desenvolvimento sustentável. Permite a formulação de objetivos de médio e longo prazo que conciliam uma visão coletiva com a organização racional de recursos. Além disso, ajuda a otimizar os orçamentos municipais, orientando investimentos em infraestrutura e serviços, equilibrando as demandas de crescimento com as necessidades ambientais mais urgentes, e cria condições para a colaboração entre governos locais, setor privado e sociedade civil [18]. Contudo, as grandes distâncias entre os municípios e a capital do estado tornam-nos carentes de recursos técnicos e de conhecimento sobre sua própria biodiversidade.

A cidade de Manaus está em constante expansão territorial, principalmente por ser um dos centros urbanos da região Norte com maior índice de desenvolvimento econômico. Esse fator atrai a migração de pessoas de diversas partes do país e do interior do estado, provocando alteração no espaço físico urbano por meio da ocupação do solo [19]. O processo de urbanização nas últimas décadas acarretou artificialidade aos centros urbanos, causando prejuízos à qualidade de vida de seus habitantes.

Sabe-se que as árvores estão diretamente relacionadas à qualidade de vida da população. Portanto, a implantação planejada da arborização urbana é essencial, pois contribui com objetivos de ornamentação, estética, melhoria do microclima e diminuição da poluição. Para isso, a escolha da espécie é determinante, devendo-se evitar as de porte muito elevado ou raízes volumosas, bem como as que apresentam frutos grandes ou fragilidade em decorrência de ventos fortes. Em contrapartida, a maioria das espécies nativas pode ser utilizada em praças, parques e avenidas. No caso do plantio em calçadas sob fiação elétrica, deve-se optar por espécies que não ultrapassem 10 m de altura na fase adulta.

A implantação de diversidade de espécies na arborização urbana resulta em melhorias na qualidade ambiental e contribui para a sobrevivência da flora e fauna, elementos essenciais do ecossistema urbano.

Ao revisar o estado de conservação da flora nativa brasileira, observa-se um quadro delicado, constituído por poucos fragmentos em virtude da exploração histórica. Nesse sentido, o plantio de espécies nativas é fundamental para a recomposição da flora e, conseqüentemente, para a conservação da fauna [20].

18.4. Composição florística e atributos ecológicos das espécies nativas para arborização urbana

O levantamento listou 98 espécies arbóreas nativas distribuídas em 33 famílias botânicas. A família Fabaceae apresentou a maior representatividade, com 15 espécies, seguida por Malvaceae (10), Rubiaceae (7), Lauraceae (4) e Annonaceae (4). A análise da adequação para o plantio indicou que 71,3% das espécies são recomendadas para espaços abertos, como parques e praças, 25,7% são apropriadas para calçadas e 3% apresentaram ausência, exigindo revisão. Em relação ao porte, predominam espécies de médio porte (93,1%), com menor participação de espécies de grande porte (6,9%). A persistência das folhas é caracterizada pela alta proporção de espécies perenifólias (88,1%), seguidas pelas semicaducifólias (8,9%) e apenas 1% de caducifólias.

Os parâmetros ecológicos e morfológicos reforçam a utilidade prática da listagem. A densidade da madeira concentrou-se em classes média (37,6%) e baixa (33,7%), enquanto 25,7% das espécies apresentaram madeira de alta densidade, característica que amplia a resistência estrutural em ambientes urbanos. Quanto às síndromes de dispersão, 93,1% das espécies são zoocóricas, evidenciando a relação direta entre essas árvores e a manutenção da fauna dispersora. As dispersões anemocórica, autocórica e hidrocórica apareceram em proporções reduzidas. A fenologia mostrou maior concentração da floração e frutificação no período seco, favorecendo a oferta de recursos para polinizadores e dispersores nesse intervalo. Em relação ao status de conservação, 50,5% das espécies não estão ameaçadas, 35,6% são vulneráveis, 12,9% estão em categoria de ameaça e 1% em risco elevado, o que reforça o papel da arborização urbana como instrumento integrante de conservação. Além disso, apenas 14 espécies registradas são frutíferas, mas seu uso em áreas urbanas é estratégico por unir valor ecológico e social, ampliando a interação da população com a flora regional.

Tabela 18.1 – Famílias e espécies nativas sugeridas para uso em arborização urbana nos municípios do estado do Amazonas - Lista aberta com atributos ecológicos, morfológicos, fenológicos, reprodutivos e de adequação de plantio às cidades.

Família/Espécie	Nome popular	UF	AM (m)	DAP (cm)	AP	DM	TexF	PF	R	EFI	EFr	D	DP	SC
Anisophylleaceae														
<i>Anisophyllea manausensis</i> Pires & W.A.Rodrigues	-----		14	20	EA	Al	A	Ps	NA	Set-Out	Abr-Mar	Zoo	Al	NA
Annonaceae														
<i>Bocagopsis multiflora</i> (Mart.) R.E.Fr.	Envira-surucucu	Dm	13	30	EA	Me	L	Ps	NA	Jun-Set	Ago-Out	Zoo	Al	NA
<i>Duguetia quitarensis</i> Benth.	Envira surucucu	Dm	11	20	EA	Al	L	Ps	NA	Abr-Jul	Out	Zoo	Al	VU
<i>Ephedranthus amazonicus</i> R.E.Fr.	Envira-taia	Ds	10 m	15	EA	Al	A	Ps	NA	Abr-Jul	Jul-Set	Zoo	Al	VU
<i>Xylopia benthami</i> R.E.Fr.	Imbiriba	Dm	9	15	EA	Al	L	Ps	Ps	Mai	Jun-Set	Zoo	Al	VU
Apocynaceae														
<i>Amelania acida</i> Aubl.	Pepino-do-mato	Dm	9	6	C	Bx	A	Ps	AP	Jul-Ago	Ago-Set	Zoo	Al	NA
<i>Couma macrocarpa</i> Barb.Rodr.	Sorva	Ds	10	40	EA	Me	L	Ps	NA	Jul-Ago	Ago-Set	Zoo	Md	VU
<i>Couma utilis</i> Muell.Arg	Sorva, Sorvinha	Ds	10m	23cm	EA	Me	L	Ps	AP	Abr-Mai	Out-Nov	Zoo	Bx	VU
<i>Lacmellea arborescens</i> (Müll.Arg.) Markgr.	Tucujá	Dm	8	14	EA	Al	A	Ps	NA	Jun-Jul	Mai-Jun	Zoo	Al	AM
Aptandraceae														
<i>Chaunochiton keppleri</i> (Sagot ex Engl.) Ducke	Pau-vermelho	Ds	12	20	EA	Me	L	Ps	NA	Jul-Nov	Jul-Set	Ane	Al	NA
Arecaceae														
<i>Elais oleifera</i> (Kunth) Cortés	Caiaué	Dm	7	35	EA	----	L	Ps	NA	Set-Dez	Jan-Jul	Zoo	Al	VU
<i>Manicaria saccifera</i> Gaertn	Bussú	Dm	8 m	28 cm	EA	Me	L	Ps	NA	Jan	Fev	Zoo	Bx	NA
Bignoniaceae														
<i>Handroanthus barbatus</i> (E.Mey.) Mattos	Capitari	Dm	7	30	EA	Me	L	C	NA	Abr	Abr	Zoo	Al	AM
<i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D.Don.	Caroba/Pará-pará	Dm	20	40	EA	Bx	L	Ps	NA	Mar	Abr	Zoo	Bx	AM

(continua)

(continuação)

Família/Espécie	Nome popular	UF	AM (m)	DAP (cm)	AP	DM	TexF	PF	R	EFI	EFr	D	DP	SC
Bixaceae														
<i>Cochlospermum orinocense</i> (Kunth) Steud.	Sumaúma- brava, Periquiteira	Dm	10	17	EA	Bx	A	Sc	A	Jul-Ago	Ago-Set	Zoo	Al	VU
Chrysobalanaceae														
<i>Aciaa edulis</i> Prance	Castanha-de- cutia	Dm	13	25	EA	Al	A	Ps	NA	Fev-Mar	Fev-Ago	Zoo	Md	NA
<i>Aciaa longipendula</i> (Pilg.) Sothers & Prance	Castanha-de- Galinha	Dm	9 m	15 cm	C	Me	A	Ps	NA	Out	Nov-Dez	Zoo	Bx	VU
<i>Exellodendron coriaceum</i> (Benth.) Prance	Guaranara	Ds	7	5	C	Al	A	Ps	AP	Out-Nov	Jan-Mar	Zoo	Al	NA
<i>Hirtella rodriguesii</i> Prance.	-----		10	15	EA	Al	A	Ps	NA	Set-Out	Dez	Zoo	Al	AL
<i>Parinari excelsa</i> Sabine	Uchirana	Dm	12	25	EA	Me	A	Ps	NA	Ago-Set	Dez	Zoo	Al	NA
Clusiaceae														
<i>Clusia insignis</i> Mart.	Cebolão	Ds	8 m	18 cm	EA	Bx	L	Ps	NA	Mai	Jul	Zoo	Bx	VU
<i>Clusia nemorosa</i> G.Mey	Ceboleira, Orelha-de-burro	Ds	7	5	C	-----	L	Ps	AP	Jan-fev	Mai	Zoo	Al	VU
<i>Platonia insignis</i> Mart.	Bacuri	Ds	10	25	EA	Al	L	Ps	NA	Out-Dez	Out-Nov	Zoo	Al	VU
<i>Symphonia globulifera</i> L.f.	Anani	Dm	15	35	EA	Me	L	Ps	NA	Mai-jul	Dez-Jan	Zoo	Al	NA
Cordiaceae														
<i>Cordia goeldiana</i> Huber	Freijó	Dm	17	35	EA	Me	L	Ps	NA	Set-Dez	Nov-Jan	Ane	Bx	AM
Dichapetalaceae														
<i>Tapura lanceolata</i> (Ducke) Rizzini	Pau-de-bicho	Dm	10	25	EA	Bx	A	Ps	NA	Abr-Mai	Jun-Jul	Zoo	Al	NA
Euphorbiaceae														
<i>Hevea brasiliensis</i> (Willd. ex A.Juss.) Müll.Arg.	Seringueira	Dm	15	28	EA	Bx	A	Sc	NA	Jul-Ago	Abr-Mai	Aut	Bx	AM

(continua)

(continuação)

Família/Espécie	Nome popular	UF	AM (m)	DAP (cm)	AP	DM	TexF	PF	R	EFI	EFr	D	DP	SC
<i>Hevea camporum</i> Ducke	Seringa-vermelha	Dm	8	5	C	Bx	A	Sc	AP	Fev-Mai	Jun-Ago	Aut	Al	VU
<i>Mabea speciosa</i> Müll.Arg.	'Taquari		7	5	C	Me	A	Ps	AP	Set-Nov	Dez-Jan	Zoo	Al	VU
<i>Mabea subvestitis</i> Pax & K.Hoffm.	'Taquari	Dm	7	6	C	Bx	A	Ps	AP	Mai-Set	Jun-Dez	Zoo	Al	NA
Fabaceae														
<i>Aldina heterophylla</i> Spruce ex Benth.	Macucu-de- paca	Dm	15	40	EA	Al	L	Ps	NA	Jan-Ago	Abr-Jun	Zoo	Md	NA
<i>Campsiandra laurifolia</i> Benth.	Acapurana	Dm	20	30	EA	Me	A	Ps	NA	Jul-Out	Jan-Jul	Zoo	Bx	AM
<i>Cenostigma tocanthinum</i> Ducke	Pau-pretinho	Dm	10	18	C	Al	A	Ps	AP	Ago-Out	Out-Dez	Zoo	Bx	NA
<i>Citoria fairchildiana</i> R.A.Howard	Palheteira, sombreiro	Dm	9	30	EA	Me	L	Ps	AP	Dez	Dez	Zoo	Al	VU
<i>Cynometra baulinifolia</i> Benth	Jutairana	Dm	9m	28 cm	EA	Al	L	Ps	AP	Mar	Out	Zoo	Md	NA
<i>Dialium guianense</i> (Aubl.) Sandwith	Jutaí-pororoca	Dm	12	40	EA	Al	L	Ps	NA	Jun-Jul	Set	Zoo	Al	NA
<i>Dimorphandra pennigera</i> Tul.	Faveira	Dm	10	25	EA	Al	L	Os	NA	Jan-Fev	Mar-Jun	Zoo	Bx	AM
<i>Heterostemon mimosoides</i> Desf.	Auari	Ds	10	25	EA	Bx	L	Sc	NA	Out-Nov	Nov	Zoo	Al	NA
<i>Monopteryx inipae</i> W.A. Rodrigues ex C.S.Carvalho, H.C.Lima & D.B.O.S.Cardoso	-----	Dm	8	18	EA	Me	L	Ps	NA	Set	Set-Dez	Zoo	Al	NA
<i>Ormosia costulata</i> (Miq.) Kleinhoonte	Tento	Ds	12	30	EA	Me	L	Ps	NA	Jan-Mar	Abr-Mai	Zoo	Al	NA
<i>Parkia cachimboensis</i> H.C.Hopkins	Balsamo-do-cerrado	Ds	7	6	C	Me	A	Sc	Ap	Mai-Jun	Set-Nov	Zoo	Al	VU
<i>Parkia discolor</i> Spruce ex Benth.	Visgueiro-do-igapó	Ds	20	41	EA	Me	L	Sc	NA	Nov-Dez	Dez	Zoo	Bx	VU
<i>Schizobolium paralyba</i> var. <i>amazonicum</i> (Huber ex Ducke) Barneby	Paricá	Dm	30	48	EA	Bx	L	Os	NA	Jul	Set	Zoo	Bxl	NA

(continua)

(continuação)

Família/Espécie	Nome popular	UF	AM (m)	DAP (cm)	AP	DM	TexF	PF	R	EF1	EFr	D	DP	SC
<i>Stryphnodendron pulcherrimum</i> (Willd.) Hochr.	Camuzé	Dm	18	22	EA	Bx	L	Ps	NA	Out-Nov	Jan-Fev	Zoo	Bx	AM
<i>Taralea oppositifolia</i> Aubl.	Cumarurana, Cumaru-rosea	Dm	20	35	EA	Al	A	Ps	NA	Out-Nov	Nov-Dez	Zoo	Al	NA
Humiriaceae														
<i>Humiria balsamifera</i> (Aubl.) A.St.-Hil.	Umiri	Dm	8	20	Ap	Al	A	Ps	Ap	Set-Out	Out-Nov	Zoo	Md	NA
Lamiaceae														
<i>Vitex cymosa</i> Bertero ex Spreng	Tarumã	Dm	10 m	15	EA	Me	A	Ps	NA	Set-Nov	Nov-Jan	Zoo	Al	NA
Lauraceae														
<i>Aniba anellata</i> (Kunth) Mez	Casca preciosa	Dm	12	10	EA	Al	A	Ps	NA	Jun-Jul	Out-Nov	Zoo	Bx	VU
<i>Aniba rosodora</i> Ducke	Pau-rosa		20	35	EA	Bx	L	Ps	NA	Out-Fev	Dez-Jul	Zoo	Bx	AM
<i>Ocotea amazonica</i> (Meisn.) Mez.	Louro-preto	Dm	10	15	EA	Bx	L	Ps	NA	Mai-Jul	Set-Out	Zoo	Al	NA
<i>Ocotea guianensis</i> Aubl.	Louro-cedinha	Dm	10	18	EA	Bx	L	Ps	Ap	Jan-Abr	Mai-Jul	Zoo	Bx	NA
Lecythidaceae														
<i>Eschweilera rankiniae</i> S.A.Mori.	Matamatá - vermelho	Dm	25	35	EA	Me	L	Ps	AP	Out	Nov	Zoo	Al	NA
<i>Leythia retusa</i> Spruce ex O.Berg	Castanha-jarana	Dm	9	18	EA	Bx	A	Ps	AP	Nov-Dez	Abr-Mai	Zoo	Al	NA
<i>Leythia zabucajo</i> Aubl.	Castanha-sapucaia	Dm	22	33	EA	Al	A	Sc	NA	Ago-Dez	Mar-Ago	Zoo	Al	VU
Malpighiaceae														
<i>Byrsonima chrysophylla</i> Kunth.	Muruci-da- campina	Ds	7	15	C	Bx	L	Ps	Ap	Jan-Fev	Mai-Ago	Zoo	Bx	NA
Malvaceae														
<i>Apelha petoumo</i> Aubl.	Pente-de- macaco	Dm	12	22	EA	Bx	A	Sc	NA	Set-Out	Jun-Set	Zoo	Al	NA

(continua)

(continuação)

Família/Espécie	Nome popular	UF	AM (m)	DAP (cm)	AP	DM	TexF	PF	R	EFI	EFr	D	DP	SC
<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	Sumatúma	Dm	9	28	EA	Al	A	Ps	NA	Fev-Mai	Set-Out	Zoo	Me	VU
<i>Huberodendron srietenoides</i> (Gleason) Ducke.	Enbira-bero	Dm	25	40	EA	Al	A	Ps	NA	Mar-Abr	Mai-Jun	Zoo	Al	AM
<i>Leubetopsis duckeana</i> Burret	Açoita-cavalo	Dm	10	25	EA	Me	A	Ps	NA	Fev-Jun	Jul-Nov	Zoo	Md	VU
<i>Matisia cordata</i> (Bonpl. & Bonpl) Kunth.	Sapota-do-Solimões	Dm	18	40	EA	Me	L	Ps	NA	Set-Nov	Fev-Mai	Zoo	Bx	NA
<i>Pachira aquatica</i> Aubl.	Mungubarana	Ds	10	30	C	Me	L	Ps	NA	Set-Nov	Abr-Jun	Zoo	Bx	VU
<i>Pseudobombax munguba</i> (Mart.) Dugand	Munguba	Dm	15	25	EA	Bx	L	Ps	NA	Jun-Ago	Set-Out	Zoo	Al	VU
<i>Scleronema grandiflorum</i> Huber	Cardeiro	Dm	24	35	EA	Me	A	Ps	NA	Jun-Jul	Out-Set	Zoo	AL	AM
<i>Theobroma mariae</i> (Mart.) K.Schum.	Cacau-jacaré	Dm	8 m	7	C	Bx	A	Ps	AP	Out-Nov	Fev-Mar	Zoo	Al	NA
<i>Theobroma speciosum</i> Willd. ex Spreng.	Cacauí	Dm	8 m	20 cm	C	Bx	A	Ps	AP	Ago-Out	Fev-Abr	Zoo	Bx	VU
Melastomataceae														
<i>Ballisia grossularioides</i> (L.) Triana	Goiaba-de-anta	Dm	9	20	EA	Me	A	Sc	NA	Fev-Mar	Ago-Set	Zoo	Al	VU
Meliaceae														
<i>Carapa guianensis</i> Aubl.	Andiroba	Dm	18	40	EA	Al	L	Ps	NA	Fev-Mar	Mar-Abr	Zoo	Bx	AM
<i>Srietenia macrophylla</i> King	Mogno	Dm	25	50	EA	Me	L	Ps	NA	Nov-Jan	Set	Ane	Bx	AM
Moraceae														
<i>Brosimum parinarioides</i> subsp. <i>parinarioides</i> Ducke	Amapá-roxo	Dm	15	25	EA	Me	A	Ps	NA	Set	Out	Zoo	Al	VU
<i>Helicostylis tomentosa</i> (Poepp. & Endl.) Rusby	Inharé-da-folha-peluda	Dm	10	10	EA	Bx	L	Ps	AP	Jan-Fev	Ago-Set	Zoo	Md	VU

(continua)

(continuação)

Família/Espécie	Nome popular	UF	AM (m)	DAP (cm)	AP	DM	TexF	PF	R	EF1	EFr	D	DP	SC
<i>Ficus maxima</i> Mill.	Gameleira-branca	Dm	10	35	AP	Bx	L	Ps	NA	Out	Out-Nov	Zoo	Al	NA
<i>Trymatococcus amazonicus</i> Poepp. & Endl.	Páima	Dm	9	18	EA	Bx	L	Ps	NA	Mar-Set	Jan-Out	Zoo	Al	VU
Myristicaceae														
<i>Iryanthera campinae</i> W.A.Rodrigues	-----	Dm	7	12	C	Me	A	Ps	AP	Jul	Set	Zoo	AL	VU
<i>Iryanthera elliptica</i> Ducke	Ucuuba-pumã	Dm	10	23	EA	Me	A	Ps	NA	Mai-Set	Jun-Dez	Zoo	AL	NA
<i>Iryanthera juruensis</i> Warb.	Ucuuba- punã	Dm	15 m	45 cm	EA	Me	L	Ps	NA	Out	Nov	Zoo	Bx	NA
Ochnaceae														
<i>Oouratea discophora</i> Ducke	Pimenta-de-lontra	Dm	12	10	EA	Bx	A	Ps	NA	Mar-Out	Abr-Nov	Zoo	Al	VU
Polygonaceae														
<i>Coccoloba giganteifolia</i> Melo, Cid Ferreira & Gribel	Coccoloba-folha-grande	Dm	13	40	C	Bx	A	Ps	AP	Jul-Ago	Set	Zoo	Al	NA
<i>Triplaris weigeltiana</i> (Rehb.) Kuntze	Tachi-vermelho	Dm	13	25	EA	Me	A	Ps	NA	Mai-Ago	Jul-Set	Ane	Al	VU
Quinaceae														
<i>Lacmnia grandifolia</i> Ducke	Moela-de-mutum	Dm	10	35	EA	Al	A	Ps	NA	Abr-Mai	Jul-Set	Zoo	Al	NA
Rhabdodendraceae														
<i>Rhabdodendron amazonicum</i> (Spruce ex Benth.) Huber	Batiputá	Ds	7 m	20 cm	C	Al	L	Ps	AP	Ago-Dez	Mar-Ago	Zoo	Bx	NA
Rubiaceae														
<i>Calyophyllum spruceanum</i> (Benth.) Hook.f. ex K.Schum.	Mulateiro-da-várzea	Dm	20	30	EA	Me	L	Ps	NA	Jun-Jul	Out-Nov	Ane a Hid	Al	NA
<i>Durioa duckei</i> Huber	Puruí-preto	Ds	8	5	C	Bx	L	Ps	NA	Jan	Mai-Jun	Zoo	Md	VU

(continua)

(continuação)

Família/Espécie	Nome popular	UF	AM (m)	DAP (cm)	AP	DM	TexF	PF	R	EFI	EFr	D	DP	SC
<i>Duroia sacifera</i> (Mart.) Hook.f. ex K.Schum.	Cabeça-de-urubu	Dm	10	8	AP	Me	A	Ps	AP	Mar-Jan	Abr-Mai	Zoo	Al	NA
<i>Ixertia hypoleuca</i> Benth.	Jambo-da-mata	Dm	7	9	C	Bx	A	Ps	AP	Mar-Set	Nov-Jan	Zoo	Al	NA
<i>Kerianthera preclara</i> J.H.Kirkbr.	Rabo-de-arara da folha-grande	Dm	9 m	35 cm	C	Me	A	Ps	NA	Jan	Fev	Zoo	Bx	NA
<i>Palicourea nitidella</i> (Müll.Arg.) Standl.		Dm	6	5	C	Bx	L	Ps	AP	Abr-Mai	Jun-Jul	Zoo	Al	VU
<i>Warszewiczia cocinea</i> (Vahl) Klotzsch	Rabo-de-arara	Dm	7 m	15 cm	C	Me	A	Ps	AP	Jul	Ago	Zoo	Bx	NA
Rutaceae														
<i>Hortia longifolia</i> Spruce ex Engl.	-----	Ds	13	27	EA	Al	A	Ps	NA	Jun-Jul	Ago-Out	Zoo	Al	NA
Sapindaceae														
<i>Matayba arborescens</i> (Aubl.) Radlk	Breu de leite	Dm	7	11	C	Al	A	Ps	AP	Out-Set	Nov-Dez	Zoo	Al	NA
<i>Matayba opaca</i> Radlk.	Breu-de-tucano	Dm	12	15	EA	Me	A	Ps	NA	Fev-Mar	Jun-Jul	Zoo	Al	NA
Sapotaceae														
<i>Lucuma manaosensis</i> (Aubrév. & Pellegr.) Swenson	Cutibiribá-da- folha-peluda	Dm	15	30	EA	Me	A	Ps	NA	Set	Dez-Jan	Zoo	Al	NA
<i>Pradosia schomburgkiana</i> (A.DC.) Cronquist subsp. <i>schomburgkiana</i>	Casca-doce	Ds	10	25	EA	Bx	A	Ps	NA	Jan-Fev	Mar	Zoo	Al	VU
Simaroubaceae														
<i>Picrolemma sprucei</i> Hook.f.	Caferana	Dm	7	13	C	Bx	A	Ps	AP	Mai-Abr	Jun-Jul	Zoo	Al	NA

(continua)

(continuação)

Família/Espécie	Nome popular	UF	AM (m)	DAP (cm)	AP	DM	TexF	PF	R	EFi	EFr	D	DP	SC
<i>Simaba cedron</i> Planch.	Pau-pra-tudo	Ds	9	10	C	Bx	A	Ps	AP	Mai-Nov	Dez-Jul	Zoo	Al	NA
<i>Simarouba amara</i> Aubl.	Marupá, Tamanqueira	Ds	18	30	EA	Bx	L	Ps	NA	Jul-Ago	Set-Out	Zoo	Al	VU
Urticaceae														
<i>Pourouma cerropifolia</i> Mart.	Mapati	Dm	10	18	C	Bx	A	SC	AP	Jul-Ago	Set-Nov	Zoo	Md	NA
Vochysiaceae														
<i>Vochysia biloba</i> Ducke	-----	Ds	12	22	EA	Me	A	Ps	NA	Nov	Jan	Zoo	Bx	VU
<i>Vochysia ferruginea</i> Mart.	Mandioqueira	Dm	9	15	EA	Bx	A	Ps	NA	Mar-Ago	Abr-Set	Zoo	Al	VU
<i>Vochysia vismifolia</i> Spruce ex Warm	Sapatinho-amarelo	Dm	21	33	EA	Me	A	Ps	NA	Out	Out	Zoo	Al	NA

Fonte: Autor.

UF: Unidades Fitoecológicas: **Dm:** Floresta Ombrófila Densa Montana; **Ds:** Floresta Ombrófila Densa Submontana; **AM:** Altura média em metros; **DAP:** Diâmetro na altura do peito; **AP:** Adequada para plantio em (C) calçadas e em (EA) espaços abertos; **DM:** Densidade da madeira: **Bx:** Baixa; **Me:** Média e **Al:** Alta; **TF:** Textura de folha: **A:** Áspera e **L:** Lisa; **PF:** Persistência das folhas: **Os:** Perenifólia; **C:** Caducifólia e **Sc:** Semicaducifólia; **R:** Adequação às calçadas: **AP:** Apropriada para o plantio e **NA:** Não apropriada; **EFi:** Época de florescimento; **EFr:** Época de frutificação; **D:** Tipo de dispersão: **Zoo:** zoocórica; **Ane:** Anemocórica; **Aut:** Autocórica; **Hid:** Hidrocórica; **DP:** Dificuldade de produção em viveiro: **Bx:** Baixa; **Md:** Média; **Al:** Alta; **SC:** Status de conservação, segundo IUCN: **NA:** Não ameaçada; **VU:** Vulnerável; **AM:** Ameaçada.

A caracterização das espécies evidencia seu potencial de uso em diferentes contextos da arborização urbana. A predominância de espécies de porte médio e perenifólias favorece a implantação em vias públicas, garantindo sombra constante e menor impacto da queda de folhas sobre a infraestrutura urbana. As espécies de grande porte e de madeira mais densa são adequadas para áreas abertas, como praças e parques, onde o espaço disponível permite o pleno desenvolvimento da copa e do sistema radicular. A elevada proporção de espécies zoocóricas amplia os benefícios ecológicos ao atrair a fauna dispersora e manter interações essenciais nos ambientes urbanos. A presença de espécies vulneráveis e ameaçadas reforça a necessidade de incorporá-las aos projetos, pois além de atender às demandas de conforto térmico e paisagismo, sua utilização contribui para estratégias de conservação da flora amazônica. O reduzido número de espécies frutíferas, embora limitado, pode ser aproveitado em áreas específicas, agregando valor social e promovendo maior aproximação da população com a biodiversidade regional.

18.5. Considerações finais

Os processos de urbanização, além de formas construídas e espaços produzidos, vão configurando objetivamente as cidades. Pesquisando vários trabalhos a respeito de urbanização no estado do Amazonas, durante elaboração deste relatório, foi possível concluir que, apesar de existirem vários projetos urbanísticos, na prática há uma grande carência de atividades referentes ao assunto, principalmente a respeito de espécies nativas que podem ser utilizadas em áreas urbanas fragmentadas das cidades da região.

O relatório acima mencionado apresenta uma lista de cem espécies nativas, muitas das quais são provavelmente desconhecidas até mesmo pelos próprios habitantes locais quanto ao seu potencial de uso, seja em processos de urbanização ou em áreas fragmentadas. Tal desconhecimento decorre, principalmente, da falta de acesso às informações adequadas sobre essas espécies. E assim, visando a utilização dessas plantas, e sabendo das diversas dificuldades, como as grandes distâncias entre os municípios, a falta de apoio dos órgãos gestores, isso nos leva a ser criativos no sentido de superar esses entraves, contribuindo dessa forma para o conhecimento e o uso adequado de nossas espécies.

Dentro desse contexto, é importante mostrar que a arborização urbana, quer seja natural ou inserida pelo homem, constitui fator de grande relevância ambiental mediante as funções ecológicas e reguladoras ligadas diretamente ao bem-estar dos que vivem nesta região, tão rica e admirada por todos que a visitam.

18.6. Referências

- [1] Lombardo MA. A cidade e o meio ambiente. São Paulo: Nobel; 1990.
- [2] Morellato LPC, Leitão Filho HF. Ecologia e preservação de uma floresta tropical urbana: reserva de Santa Genebra. Campinas: Editora da UNICAMP; 1995.
- [3] Mendonça F, Anjos L. Ecologia urbana. São Paulo: Contexto; 2005.
- [4] Costa LA. Fragmentação florestal e conservação da biodiversidade. Rev Bras Ecol. 2001; 3(1):20-8.

- [5] Salatino A. Árvores urbanas e qualidade de vida. *Biotemas*. 2001;14(2):51-8.
- [6] Laurance WF. Reflections on the tropical deforestation crisis. *Biol Conserv*. 1999;91(2-3):109-17.
- [7] Dirzo R, Raven PH. Global state of biodiversity and loss. *Annu Rev Environ Resour*. 2003;28:137-67.
- [8] Mittermeier RA, Robles Gil P, Hoffmann M, Pilgrim J, Brooks T, Mittermeier CG, et al. Hotspots revisited: Earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions. Washington: CEMEX; 2003.
- [9] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Indicadores de desenvolvimento sustentável: Brasil 2016. Rio de Janeiro: IBGE; 2016.
- [10] Prance GT, Johnson DM. Plant collections in the Serra do Aracá, Amazonas. *Brittonia*. 1991;43(1):15-38.
- [11] Ferreira CAC. Fitossociologia da vegetação arbórea no Parque Estadual da Serra do Aracá, Barcelos-AM [dissertação]. Manaus (AM): INPA; 2009.
- [12] Vicentini A. A vegetação ao longo de um gradiente edáfico no Parque Nacional do Jaú, Amazonas [tese]. Manaus (AM): INPA; 2004.
- [13] Ferreira CAC, Souza J, Ramos JF. Levantamento florístico da trilha botânica da Cachoeira da Onça, Manaus AM. *Acta Amaz*. 2001;31(3):405-14.
- [14] Hamaguchi O. Estudos florísticos da Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Tupé, Manaus-AM [dissertação]. Manaus (AM): UFAM; 2009.
- [15] Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). Indicadores de sustentabilidade em áreas urbanas: relatório técnico. Brasília: Embrapa; 2017.
- [16] Castro AAJF. Arborização urbana em Manaus: avaliação e desafios. *Rev Geogr Amaz*. 2013;7(2):34-47.
- [17] Ribeiro JELS, Hopkins MJG, Vicentini A, Sothers CA, Costa MAS, Brito JM, et al. Flora da Reserva Ducke: guia de identificação das plantas vasculares de uma floresta de terra-firme na Amazônia Central. Manaus: INPA; 1999.
- [18] Ferreira CAC. Variação florística e fisionômica da vegetação de transição campina, campinarana e floresta de terra firme. *Acta Amaz*. 1997;27(3):243-58.
- [19] Ferreira CAC, Ramos JF. Guia das arbóreas e arbustivas do Campus do INPA. Manaus: INPA; 1993.
- [20] Ferreira CAC, Ramos JF, Santos JUM. Guia de bolso da flora amazônica no Bosque da Ciência. Manaus: INPA; 2013.
- [21] Prefeitura de Manaus. Plano Diretor de Arborização Urbana de Manaus – PDAU. Manaus: SEMMAS; 2016.
- [22] Ferreira CAC. Estudos fitossociológicos da Reserva Biológica de Campina INPA/SUFRAMA. Manaus: INPA; 1997.

Capítulo 19

CARACTERIZAÇÃO FLORÍSTICA DO PARÁ E INDICAÇÃO DE ESPÉCIES NATIVAS POTENCIAIS PARA ARBORIZAÇÃO URBANA

Por Rafael de Paiva Salomão, Nelson A. Rosa (in memoriam), Amanda Vilhena Bezerra Kurisaka, Vitória Regina Souza de Abreu e Silva e Vanessa Gomes de Sousa

19.1. Destaques deste capítulo

1. O foco da arborização urbana em Belém e demais cidades amazônicas é garantir conforto térmico, priorizando sombras densas para reduzir calor e alta umidade, enquanto estética e valor cultural assumem papel secundário;
2. Observa-se pouca diversidade e ausência de planejamento técnico, de modo que intervenções empíricas geram alta densidade de poucas espécies e incompatibilidade entre espécie e local de plantio;
3. O inventário urbano registrou 78 espécies; das 10 mais abundantes, apenas duas são nativas da Amazônia.
O Manual Municipal recomenda 85 espécies (46 amazônicas e 39 exóticas), influenciando também cidades do interior;
4. Das 151 espécies propostas para o paisagismo urbano, 89 são indicadas para vias públicas e 54 para áreas verdes, incluindo 37 espécies de grande porte apropriadas para praças e parques;
5. Entre os atributos ornamentais e funcionais, 32 espécies são consideradas extremamente belas, 49 muito belas e 70 ornamentais; 26 apresentam flores perfumadas e 15 oferecem sombra abundante, combinando valor estético e desempenho térmico.

19.2. Introdução

Uma árvore ornamental é aquela que se destaca por apresentar características como bela floração ou folhagem, porte imponente, tronco e casca diferenciados, ramificações elegantes ou flores perfumadas, entre outras qualidades. Para uso urbano, além dessas particularidades, a espécie deve possuir atributos que garantam seu desenvolvimento adequado e a manutenção de sua saúde e estética na cidade.

O uso urbano deve ser compreendido, basicamente, em duas modalidades: em vias públicas (ruas e avenidas) ou em áreas verdes públicas (praças e parques). As características ideais (desejáveis)

das espécies variam conforme a finalidade do projeto, já que arborizar uma rua exige diferentes análises das espécies, em relação ao que se busca em praças, áreas verdes ou parques. A arborização em vias públicas sob rede elétrica é, ainda, mais restritiva em relação às características da espécie adequada, pois os custos de poda são elevados e, muitas vezes, o manejo inadequado causa prejuízos estéticos à paisagem e compromete o conforto da população.

A árvore, como elemento central das áreas verdes, contribui para a melhoria do microclima ao reduzir as chamadas ‘ilhas de calor’, oriundas das intensas atividades humanas nas grandes cidades, agindo efetivamente contra a poluição sonora, atmosférica e visual, exercendo um papel altamente significativo na melhoria da qualidade de vida dos cidadãos no espaço urbano dos municípios.

A arborização urbana pode ser definida como sendo toda a cobertura vegetal existente dentro das cidades presente no sistema viário e nos espaços públicos e privados, incluindo os jardins, quintais, praças, parques, canteiros em vias de circulação, áreas preservadas, dentre outras formas.

A vegetação dentro do espaço urbano pode ser encontrada em sua forma herbácea, arbustiva e, principalmente, arbórea. Dessa forma, o conceito de arborização urbana abrange a vegetação de cidades urbanas, podendo ser natural ou cultivada [1]. No Brasil, a arborização urbana é uma prática relativamente nova, tendo em vista que as primeiras iniciativas datam pouco mais de 120 anos. Por muito tempo, a arborização foi praticada de forma informal e, raramente, embasada em critérios técnico-científicos [2]. Historicamente, o processo de urbanização ocorreu de forma acelerada e desordenada, acarretando consequências nos processos naturais de elementos como o solo, a temperatura ambiente, a fauna e a flora. Assim, a arborização urbana aparece como um fator que se inter-relaciona com estes elementos, tornando-se um componente indispensável para a melhoria da qualidade de vida [3].

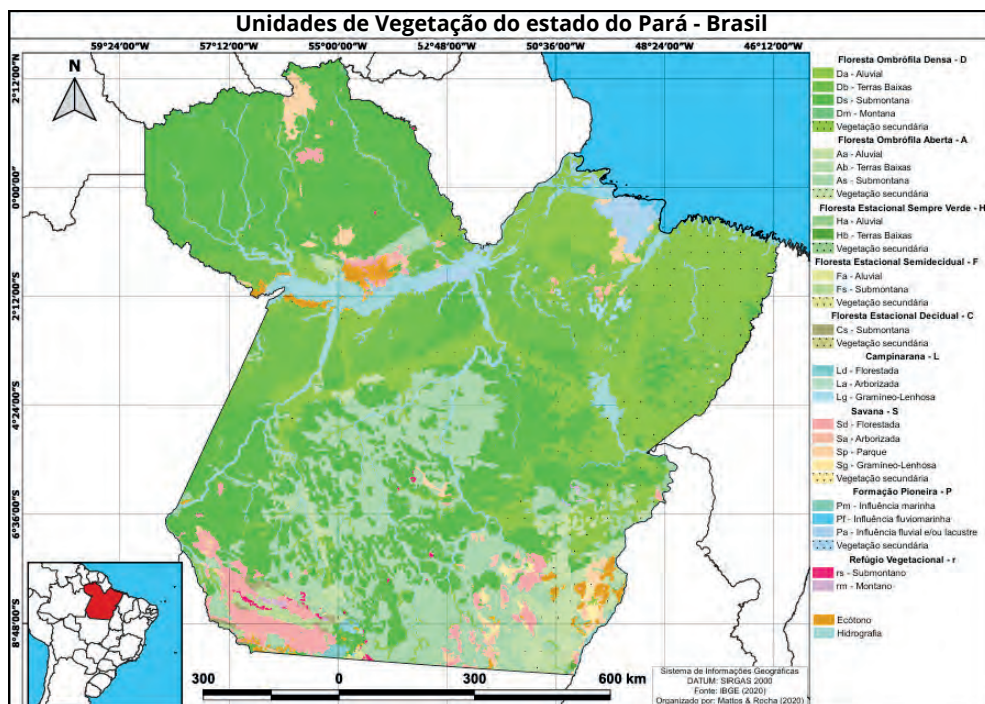
Atualmente, observa-se, na maior parte das cidades amazônicas brasileiras, a ausência de orientação para o manejo da arborização presente no perímetro urbano, onde são realizadas intervenções sem planejamento técnico e carentes de conhecimento necessário, além da falta de criatividade ao se propor ‘novas espécies’. Consequentemente, resultam ambientes urbanos desestruturados, com alta densidade de indivíduos e pouca diversidade de espécies, além de incompatibilidade entre a espécie e o local de plantio [1]. O planejamento deve considerar o contexto ambiental da cidade, priorizando o cultivo de espécies nativas que ressaltem a identidade do bioma local. Dessa forma, a fauna urbana será atraída, contribuindo para a polinização das plantas e favorecendo o fluxo gênico entre elas [4].

Diversos autores destacam que, atualmente, não existem estudos que adotem uma visão mais ampla, integrando o contexto nacional da arborização urbana. A maioria das pesquisas concentra-se no levantamento da arborização em nível local, abrangendo bairros, conjuntos de bairros ou a área urbana de um município [5].

Burle Marx viajou por todo o Brasil coletando plantas e tornou-se também um profundo conhecedor da biogeografia, incorporando novos conhecimentos como referências e parâmetros em seus projetos [6]. “Não posso fazer um jardim em Manaus como faria em Curitiba”, dizia. Embora algumas plantas possam se desenvolver em ambas as cidades, ele sempre considerava as condições bioclimáticas locais, não apenas para garantir o crescimento adequado das espécies, mas também para criar

microclimas mais confortáveis para os usuários. O estado do Pará tem uma ampla variedade de unidades fitogeográficas, sendo predominantes as florestas ombrófilas equatoriais (Figura 1).

Figura 19.1 – Unidades fitogeográficas do estado do Pará.



Fonte: Mattos e Rocha; IBGE.

As cidades localizadas na região amazônica, como Belém, no estado do Pará, estão sujeitas a uma insolação intensa durante praticamente todos os dias do ano. Como consequência, os dias são muito quentes, com temperaturas elevadas e elevada umidade relativa, ocasionando grande desconforto térmico, sobretudo nas grandes metrópoles. Assim sendo, o plantio de árvores nas vias públicas e praças é de fundamental importância para atenuar os efeitos dessas temperaturas elevadas durante praticamente todo o ano.

A principal função da arborização urbana nessa região, sobretudo nas metrópoles com altas densidades populacionais, é propiciar conforto térmico às pessoas; secundariamente, os aspectos estético, cultural e paisagístico das espécies empregadas devem ser também considerados. Consequentemente, a forma e a densidade da copa das árvores selecionadas para o paisagismo urbano em cidades localizadas na faixa equatorial constituem uma das características mais importantes a serem analisadas, pois influenciam diretamente o sucesso do objetivo final: proporcionar conforto térmico à população e embelezar a cidade.

A arborização urbana, em comparação com os biomas Amazônia e Mata Atlântica, recebeu a mesma intensidade de estudos florísticos [7–9]. No entanto, cresce o interesse em conhecer, preservar e divulgar as florestas urbanas [10,11], que geralmente correspondem a fragmento florestal situada dentro ou próximo a uma zona urbana. Alguns países, como Estados Unidos e Canadá, aplicam essa expressão para designar a arborização urbana de uma cidade, assim como o Brasil, mais recentemente.

19.3. Arborização urbana em Belém

As altas densidades populacionais, como as observadas na região metropolitana de Belém, têm provocado sérias alterações na composição florística e no funcionamento de processos ecossistêmicos em áreas urbanas [12]. Além disso, poucos estudos florísticos têm analisado a composição de espécies em áreas verdes urbanas no Brasil [13]. Em inventário da arborização urbana de Belém, foram registradas 78 espécies, sendo 53% nativas da região amazônica e 47% exóticas [14]. Porém, em relação ao número total de árvores, cerca de 96% são exóticas. A mangueira (*Mangifera indica*) tem grande número de indivíduos na cidade, com altura média de 12,4 m, muitas vezes chegando a 30 m. Considerando essa dimensão, os transtornos e os custos com podas constantes tornam-se significativos. As deformações das copas das mangueiras, em Belém, começam em razão do conflito com a rede elétrica, visto que 82,4% das árvores estão plantadas sob a fiação [14].

O caso de Belém é observado em diversas cidades do Pará, onde a composição florística varia, mas persistem os quantitativos elevados de árvores de poucas espécies, predominantemente exóticas. A maioria das plantas arbóreas cultivadas em ruas, avenidas, praças e jardins das cidades são de espécies trazidas de outros países, apesar de a flora local contar com centenas de espécies de grande beleza e qualidade paisagística ainda pouco utilizadas. Acredita-se que mais de 80% das árvores cultivadas nas ruas das cidades brasileiras são da flora exótica [15].

19.4. Espécies arbóreas amazônicas apropriadas ao uso urbano no Pará

Quais são as espécies arbóreas ornamentais, originárias do bioma Amazônia, que poderiam ser plantadas no ambiente urbano das cidades amazônicas, sobretudo no Pará? Para identificar essas espécies realizou-se uma busca na literatura especializada, além de considerar indicações baseadas na experiência de campo da equipe de pesquisadores e técnicos da Coordenadoria de Botânica do Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG/CBO), instituição centenária de pesquisa científica, vinculada ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, com sede em Belém.

Na primeira etapa, foram identificadas 331 espécies, que foram compiladas em um banco de dados juntamente com uma breve caracterização dendrológica e fitogeográfica, além da respectiva referência bibliográfica. Cerca de 45,6% desse total foram classificadas como potencialmente ornamentais e aptas para o plantio nas cidades paraenses e, também, amazônicas. A classificação taxonômica dessas espécies foi atualizada de acordo com APG IV (2016), através de consulta na plataforma The Taxonomic Name Resolution Service – TNRS, iPlant Collaborative, Version 4.0 (<http://tnrs.iplantcollaborative.org>) e REFLORA Flora e Funga do Brasil (<https://reflora.jbrj.gov.br/>).

O conhecimento sobre parte da riqueza de espécies arbóreas amazônicas que podem ser utilizadas no paisagismo urbano ainda é limitado, e a escassez de trabalhos que difundam essas informações torna seu uso muito restrito, tanto no Pará quanto na Amazônia e no Brasil. Para minimizar, ainda que parcialmente, essa lacuna, o Apêndice 1 apresenta 151 espécies, com nomes científicos e populares, acompanhadas de uma breve descrição da árvore, da área de ocorrência na Amazônia, da amplitude em altura e da indicação de uso em vias públicas ou áreas verdes. Também são destacados atributos de beleza e perfume das flores, além das respectivas fontes bibliográficas consultadas [16–19].

Tabela 19.1 – Relação das espécies arbóreas amazônicas com ocorrência no Pará e com potencial ornamental para uso urbano em vias públicas e áreas verdes (espécies com altura em negrito são consideradas de grande porte).

Família / Espécie	Nome popular	Altura (m)	Área de ocorrência	Descrição sucinta	Vias	Áreas verdes	Obs.
Anacardiaceae							
<i>Tapirira obtusa</i> (Benth.) J.D.Mitch.	Fruto-de-pombo	8-12	PA até SP e MG	Altura de 8-12 m, dotada de copa globosa, apresentando sombra e características ornamentais; uma das dificuldades: produz anualmente pouca semente. Ocorre no Pará até São Paulo e Minas Gerais na floresta latifoliada semidecídua.	X		OR; SA
Annonaceae							
<i>Bocageopsis multiflora</i> (Mart.) R.E.Fr.	Envira-preta	8-12	Amazônia em matas de terra firme	Altura de 8-12 m, dotada de copa piramidal. Tronco ereto e cilíndrico, de 20-30 cm de diâmetro, revestido por casca fibrosa com pequenos sulcos longitudinais. Flores pediceladas de coloração creme. Fruto drupa globosa, glabra e lisa, de cor alaranja ou amarela, muito procurado pelos pássaros. A árvore é bastante ornamental, principalmente pela forma da copa e beleza da folhagem, podendo ser usada com sucesso no paisagismo em geral. Floresce predominantemente durante os meses de julho-setembro. Os frutos amadurecem a partir de setembro.	X		OR; FP
<i>Xylopia frutescens</i> Aubl.	Pau-de-embira	4-8	Amazônia e Guianas	Altura de 4-8 m, dotada de copa alongada e ramos horizontais muito característicos, de copa semelhante à das coníferas, podendo ser utilizada para o paisagismo.	X		OR; RE
Apocynaceae							
<i>Ambelania acida</i> Aubl.	Pepino-do-mato	4-8	Amazônia, estuário até as Guianas	Planta lactescente de 4-8 m de altura, podendo também se apresentar como pequeno arbusto ou arvoreta. Flores tubulosas de cor branca ou creme. A árvore possui qualidades ornamentais que recomendam para o paisagismo. Característica da mata secundária da região amazônica (estados do Pará e Amazonas). Floresce durante os meses agosto-outubro. Os frutos amadurecem a partir de novembro.	X		FP; MB; RE

(continua)

(continuação)

Família / Espécie	Nome popular	Altura (m)	Área de ocorrência	Descrição sucinta	Vias	Áreas verdes	Obs.
<i>Aspidosperma discolor</i> A.DC.	Carapanaúba	15-25	Amazônia até sertão baiano, GO e Triângulo Mineiro	Altura de 15-25 m, com tronco sulcado e retilíneo de 40-60 cm de diâmetro. A árvore é ornamental pela forma incomum de seu tronco, prestando-se muito bem para o paisagismo. Planta indiferente às condições físicas do solo, característica da Floresta Amazônica de terra firme. É também encontrada, porém em menor frequência, na floresta semidecídua do Brasil Central, e na mata alta inundável da região Amazônica. Floresce nos meses de setembro-outubro. Os frutos amadurecem em agosto-setembro.		X	OR; FP
<i>Spongiosperma grandiflorum</i> (Huber) Zarucchi	Angélica-do-igapó	4-6	Amazônia	Arvoreta ornamental; folhas oval-lanceoladas, pecioladas, grandes, 13-18 cm de comprimento e 5-6 cm de largura; flores grandes, de um branco puro, cheirosas; frutos elípticos, 7 cm de comprimento e 3,5 cm de diâmetro, de gosto muito desagradável; látex abundante.	X		OR; RE

Aquifoliaceae

<i>Ilex affinis</i> Gardner	Caá-chiri	4-8	Amazônia, GO, MT e MS	Altura de 4-8 m, dotada de copa alongada e densa. Possui flores brancas suavemente perfumadas. Possui qualidades ornamentais que recomendam para arborização urbana.	X		OR; RE

Araliaceae

<i>Dendropanax cuneatus</i> (DC.) Decne. & Planch.	Maria-mole	6-14	Amazônia até MG, RJ, SP e MS	Com altura de 6-14 m, a árvore é bastante ornamental, podendo ser empregada com sucesso no paisagismo, principalmente na arborização de ruas estreitas.	X		MB
<i>Dichymopanax morototoni</i> (Aubl.) Decne. & Planch.	Morototó	20-30	Amazônia até RS	Altura de 20-30 m, árvore extremamente elegante e pode ser empregada no paisagismo, principalmente na arborização de praças e grandes jardins. Ocorre na região amazônica até o Rio Grande do Sul, em várias formações florestais.		X	EB

(continua)

(continuação)

Família / Espécie	Nome popular	Altura (m)	Área de ocorrência	Descrição sucinta	Vias	Áreas verdes	Obs.
Bignoniaceae							
<i>Cybisax antisyphilitica</i> (Mart.) Mart.	Ipê-mirim	6-12	Amazônia até RS	Altura de 6-12 m, a árvore pelo porte e forma incomum da copa, é ótima para paisagismo, principalmente arborização de ruas estreitas. Ocorre na região amazônica até o Rio Grande do Sul, em várias formações florestais, particularmente no Cerrado.	X		MB
<i>Handroanthus barbatus</i> (E.Mey.) Mattos	Ipê-da-várzea	6-12	Amazônia	Árvore ornamental pequena ou mediana, comum nos igapós e nas margens de rios; flores roxas; as sementes fornecem óleo secativo.	X		MB
<i>Handroanthus impatiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	Pau-d'arco/ Ipê- roxo	8-12	Amazônia, PI e CE até MG, GO e SP	Altura de 8-12 m no interior da floresta), com tronco de 60-90 cm de diâmetro. A árvore é extremamente ornamental quando em floração, prestando-se admiravelmente bem para o paisagismo em geral. É uma das espécies de ipê-roxo mais cultivada para arborização urbana nas cidades do Centro-Oeste do país. Planta decídua durante o inverno, heliófila, característica das florestas semidecídua e pluvial. Apresenta ampla dispersão, porém descontínua em toda sua área de distribuição. Ocorre tanto no interior da floresta primária densa, como nas formações abertas secundárias. Floresce durante os meses de maio-agosto com a árvore totalmente despida da folhagem. Os frutos amadurecem a partir de meados de setembro até outubro.	X		EB
<i>Handroanthus incanus</i> (A.H.Gentry) S.O.Grose	Ipê da folha amarela	15-30	Amazônia	Árvore grande com ampla copa, da mata de terra firme. Belíssima quando totalmente coberta de flores amarelas; folhas caducas.		X	MB
<i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S.O.Grose	Pau-d'arco/ Ipê- amarelo	8-20	Amazônia	Altura de 8-20 m no interior da floresta), árvore extremamente bela quando em flor, o que é facilmente notada na Floresta Amazônica durante sobrevoos. Ocorre muito frequentemente na região amazônica.	X		EB

(continua)

(continuação)

Família / Espécie	Nome popular	Altura (m)	Área de ocorrência	Descrição sucinta	Vias	Áreas verdes	Obs.
<i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D.Don	Parapará	20-30	Amazônia	Altura de 20-30 m, árvore ornamental principalmente quando em flor, podendo ser usada no paisagismo em geral. É muito empregada na arborização urbana e rural no norte do país. Ocorre na região amazônica, na mata alta de terra firme.		X	MB
<i>Tabebuia aurea</i> (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore	Caroba-do-campo	12-20	Amazônia, Nordeste até SP e MS	Altura de 12-20 m, árvore extremamente ornamental, podendo ser empregada em arborização e paisagismo. Ocorre na região amazônica e Nordeste até São Paulo e Mato Grosso do Sul, no Cerrado, na Caatinga e no Pantanal Mato-Grossense.		X	EB

Calophyllaceae

<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess.	Jacareúba	20-30	Amazônia até o Norte de Santa Catarina	Altura de 20-30 m, com tronco de 40-60 cm de diâmetro. Árvore bastante ornamental, podendo ser empregada no paisagismo em geral. Característica e exclusiva das florestas pluviais localizadas sobre solos úmidos e brejosos. Dispersão ampla, porém descontínua. É capaz de crescer virtualmente dentro da água até em áreas de mangue. Floresce durante os meses de setembro-novembro.		X	OR; FP

Chrysobalanaceae

<i>Couepia parauensis</i> (Mart. & Zucc.) Benth.	Tucuribá		Amazônia	Árvore ornamental de folhas coriáceas, ovais-oblongas, luzidias; flores dispostas em panículas solitárias, terminais; fruto oblongo, lenhoso, de 3 cm.			MB

Clusiaceae

<i>Clusia grandiflora</i> Splitg.	Flor-de-ovo	8-12	Amazônia	Árvore de pequeno a médio porte, copa globosa e densa, 8-12 m de altura, nativa da floresta tropical úmida da Amazônia, folhas grossas verde-clara e brilhantes, flores solitárias e esbranquiçadas, características ornamentais incomuns, apropriada para arborização urbana.	X		EB; SA

(continua)

(continuação)

Família / Espécie	Nome popular	Altura (m)	Área de ocorrência	Descrição sucinta	Vias	Áreas verdes	Obs.
Combretaceae							
<i>Terminalia parvifolia</i> (Ducke) Gere & Boatwr.	Carará	15-30	Amazônia	Árvore mediana a grande, ornamental, bastante ramificada, da mata de terra firme; ramos novos ferrugíneo-pubescentes; folhas membranáceas congestas no ápice dos ramos; flores esverdeadas com estames brancos em inflorescências longo pedunculadas na axila das folhas; frutos drupas glabras, frequentemente achatadas nos lados, estriadas longitudinalmente.		X	OR; FP
Cordiaceae							
<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Cham.	Louro-amarelo	6-15	Amazônia, MA, MT e MS	Altura de 6-15 m, dotada de copa alongada densa. A árvore é muito ornamental, principalmente quando em flor, podendo ser empregada com sucesso na arborização paisagística.	X		EB; SA
<i>Cordia goeldiana</i> Huber	Freijó	10-20	Pará, Amazônia	Altura de 10-20 m, ornamental principalmente quando em flor, pode ser empregada com sucesso no paisagismo em geral. Ocorre na região Amazônica, principalmente no estado do Pará.		X	MB
Euphorbiaceae							
<i>Maprounea guianensis</i> Aubl.	Marmelinho-do-campo	4-12	Amazônia, Mata Atlântica, Cerrado e na mata semidecídua	Altura de 4-12 m, dotada de copa globosa e densa muito característica. Em algumas regiões do Cerrado do Brasil Central se apresenta como simples arbusto ou arvoreta. Inflorescências em espigas axilares e terminais, com poucas flores unissexuais de cor amarelo-creme. A árvore é fornecedora de boa sombra e com atributos ornamentais, podendo ser empregada na arborização. Floresce durante os meses de agosto-setembro. Os frutos amadurecem logo em seguida, em setembro-outubro.	X		OR; SA

(continua)

(continuação)

Família / Espécie	Nome popular	Altura (m)	Área de ocorrência	Descrição sucinta	Vias	Áreas verdes	Obs.
Fabaceae							
<i>Senegalia polyphylla</i> DC.	Manjoleiro	15-20	Amazônia até o PR	Árvore espinhenta, de 15-20 m de altura, com tronco de 40-60 cm de diâmetro. A árvore possui copa frondosa, proporcionando boa sombra, além de ser ornamental quando em flor. Pode ser empregada com sucesso na arborização urbana e rural. Floresce durante os meses de dezembro-março. A maturação dos frutos ocorre no período agosto-setembro com a planta quase totalmente despida de sua folhagem.		X	MB; FP; SA
<i>Andira inermis</i> (Wright) DC.	Andirá-uchí	5-20	AM, PA, MT e MS, nas matas ciliares	Altura de 5-20 m, dotada de copa globosa e densa. Tronco ereto e cilíndrico, com casca um pouco rugosa, de 40-70 cm de diâmetro. Inflorescências em panículas tomentosas terminais, de 15-25 cm de comprimento, com flores de cor violeta. A árvore é produtora de ótima sombra e muito ornamental quando em flor. Característica e exclusiva das matas ciliares do Pantanal Mato-Grossense e da região Amazônica, onde apresenta frequência por vezes elevada.	X		MB; FP; SA
<i>Andira surinamensis</i> (Bondt) Pulle	Andirá-uchí	10-14	PA, AM e AC	Árvore mediana, pequena ou muito grande e que desenvolve, quando isolada no campo, larguíssima copa muito frondosa; flores violáceas.		X	FP; MB
<i>Hydrochorea elegans</i> M.V.B.Souares, Iganci & M.P.Morim		20-30	América Central e Norte da América do Sul	Árvore de dossel e ornamental. Tronco circular, base pouco canelada. Casca viva com poros brancos e exsudação transparente. Folha com pubescência velutinoso e duas glândulas no pecíolo. Foliólulo com pequeno tufo de pelos na base.		X	OR; FP
<i>Bauhinia bombaciflora</i> Ducke		4-6	Pará	Árvore pequena, notável pelas flores enormes, um tanto parecidas com as do “mamorana”, <i>Pachira aquatica</i> (L.) Schum. Ocorre na mata pequena e capoeira velha das imediações da Cachoeira Itaboca, no Rio Tocantins (Pará).	X		EB; FP; RE

(continua)

(continuação)

Família / Espécie	Nome popular	Altura (m)	Área de ocorrência	Descrição sucinta	Vias	Áreas verdes	Obs.
<i>Bonditchia nitida</i> Benth.	Sucupira	20-30	PA, AM e RO	Árvore grande, às vezes muito alta (porém com copa relativamente pequena) na mata, outras vezes em indivíduos pequenos no capoeirão da terra firme. As flores aparecem logo depois da época das maiores chuvas, em Belém e Óbidos geralmente em maio, nos indivíduos grandes só em julho; estres despem-se então de quase toda sua folhagem e oferecem magnífico aspecto. PA: Belém, Gurupá, Almeirim, Santarém, Faro, Juruti, Óbidos, baixo e médio Trombetas, e a região das estradas ao Oeste da volta do Xingu. RO: Porto Velho (Rio Madeira). AM: Manaus.		X	EB; FP
<i>Brownea grandiceps</i> Jacq.	Rosa-da-mata	6-8	Amazônia	Altura de 6-8 m, com tronco de 20-30 cm de diâmetro. A árvore é extremamente ornamental, principalmente quando em flor, podendo ser usada com sucesso no paisagismo em geral. Seu único inconveniente é apresentar lento crescimento. É muito curiosa a formação de ramos e folhas novas: forma-se um tufo de folhas de cor rosa-arroxeadas com pontuações irregulares de cor vinho, que muitas vezes é confundido com inflorescência.	X		OR; FP; RE
<i>Calliandra surinamensis</i> Benth.	Balão chinês	3-5	Amazônia	Arvoreta nativa da Amazônia, muito cultivada; folhas compostas; flores brancas, estames com base avermelhada, muito utilizada na ornamentação de jardins e praças de Belém e Manaus.	X		OR; FP; RE
<i>Calliandra trinervia</i> Benth.		5-10	PA, AM, Peru e Colômbia	Árvore pequena ou quase mediana, ornamental. Mata úmida da vizinhança de riachos. Pará: nos seringais dos lugares Montanha e Francês no médio Tapajós, e na margem do Rio Mapuera (alto Trombetas). Amazonas: Rio Negro (Manaus e Serras do Jacamim acima de Santa Isabel), Rio Marmelos (afluente do Madeira), e Rio Solimões até a fronteira.	X		OR; FP; RE
<i>Campsiandra comosa</i> var. <i>laurifolia</i> (Benth.) Cowan	Manaiara	10-15	Pará	Árvore comuníssima nas margens de todos os rios e lagos do Pará e Amazonas, principalmente daquelas cujas águas não sejam excessivamente turvas, e muito típica para o paisagismo graças às suas abundantíssimas flores róseas e grandes vagens planas, luzidias.		X	EB

(continua)

(continuação)

Família / Espécie	Nome popular	Altura (m)	Área de ocorrência	Descrição sucinta	Vias	Áreas verdes	Obs.
<i>Casvia fastuosa</i> Benth.	Marimari-da-mata	10-15	PA, AM, AC	Árvore mediana ornamental da mata primária ou secundária em terreno argiloso, frequentemente encontrada em “taperas” (sítios abandonados); em Belém, algumas vezes cultivada em virtude de suas flores amareladas, que formam cachos pendentes de aspecto lindo. Madeira com cerne avermelhado, mole.		X	EB
<i>Casvia grandis</i> L.f.	Marimari-grande	15-20	Amazônia	Árvore ornamental de 15-20m de altura; flores abundantes, róseas, raras vezes brancacentas. A espécie é altamente ornamental, aproveitada para ruas e parques, assim como para jardins. Ocorre no Pará e no Amazonas, principalmente ao longo do Rio Amazonas e do Tocantins. América tropical e Antilhas, porém em muitos lugares (no Sul do Brasil, por exemplo) só cultivada.		X	EB
<i>Casvia leiandra</i> Benth.	Mari-mari	4-8	Amazônia, principalmente no Pará e Amazonas	Altura de 4-8 m, dotada de copa ampla, porém muito rala, tronco geralmente tortuoso. A árvore é extremamente ornamental quando em flor, podendo ser usada com sucesso na arborização paisagística.	X		EB; RE
<i>Casvia rubriflora</i> Ducke		10-15	Pará	Desta bela espécie de tamanho mediano, notável pelas flores cor de sangue, só foram encontrados poucos indivíduos. Pará: arredores da cachoeira Maranhãozinho do Rio Tapajós, na mata em parte secundária à margem da estrada (terra firme baixa).		X	EB
<i>Casvia spruceana</i> Benth.	Marimari-da-terra-firme	10-30	Amazonas, Pará, Guiana, Acre	Árvore que às vezes se eleva até cerca de 30 metros, bonita quando bem coberta de flores amarelas; frutos não comestíveis. Pará: mata secundária ou em parte secundária da terra firme de Óbidos e Oriximiná.		X	EB
<i>Cenosiigma macrophyllum</i> Tul.	Canela-de-veado	6-16	PA, RO, MT e TO	Altura de 6-16 m, dotada de copa alongada ou piramidal, folíolos brilhantes e totalmente glabros, bastante ornamental quando em flor, podendo ser usado com sucesso na arborização urbana, o que já vem sendo feito nos estados do Norte.	X		EB

(continua)

(continuação)

Família / Espécie	Nome popular	Altura (m)	Área de ocorrência	Descrição sucinta	Vias	Áreas verdes	Obs.
<i>Cenostigma tocantinum</i> Ducke	Pau-preto	4-20	Amazônia	Altura de 4-20 m, dotada de copa ampla e frondosa, tronco tortuoso e provido de caneluras. Flores amarelas. Bastante ornamental, tanto pela beleza de floração como pelo tronco tortuoso e canelado, podendo ser usado com sucesso na arborização paisagística.	X		EB
<i>Chamaecrista apoucaúia</i> (Aubl.) H.S.Irwin & Barneby	Coração-de- negro	10-20	PA, MA, CE até RJ e MG	Árvore grande ornamental, de casca dura quase preta; flores dispostas em racemos curtos, plurifloros, solitários ou fasciculados.		X	EB
<i>Chamaecrista xinguensis</i> (Ducke) H.S.Irwin & Barneby	Coração-de- negro	4-6	Amazônia	Semelhante às formas de folíolos pequenos e multijugados da <i>Cassia apoucaúia</i> , da qual se distingue por ter de 6 a 10 pares de folíolos. Árvore pequena e ornamental. Vegeta de preferência nos terrenos argilosos.	X		EB; RE
<i>Clathrotripsis nitida</i> (Benth.) Harms	Acapú do igapó	6-8	Pará e Amazonas	Árvore pequena, com abundantes flores brancas, perfumosas, ornadas de uma mancha violácea; madeira de troncos bem desenvolvidos com um pequeno cerne pardo-escuro. Igapós e beiras inundadas de lagos e de rios no Centro e Norte da Amazônia. Pará: Lago Faro.	X		EB; RE
<i>Clitoria fairchildiana</i> R.A.Howard	Palheteira	6-12	AM, PA, MA e TO	Altura de 6-12 m, proporciona ótima sombra, além de apresentar características ornamentais. É ótima para arborização urbana e rural. Ocorre no Amazonas, Pará, Maranhão e Tocantins na Floresta Pluvial Amazônica.	X		EB; SA
<i>Dalbergia spruceana</i> (Benth.) Benth.	Jacarandá-do- pará	20-30	Amazônia	Árvore grande e muito ornamental, de folhas compostas de 7-11 folíolos ovais, coriáceas, glabros, saliente-nervados na página inferior; flores lilases com estrias violáceas, dispostas em panículas axilares ou subterminais. A madeira é explorada comercialmente. Habita as matas secas, não muito altas, da Amazônia.		X	MB
<i>Dicymbe corymbosa</i> Benth.		4-8	Amazônia, caatingas do Rio Uaupés	Árvore pequena de flores vistosas brancas com bractéolas ebrúneas, frequente nas caatingas do Rio Uaupés e provavelmente em formações análogas, em duas localidades do Sudoeste da Guiana.	X		MB; RE

(continua)

(continuação)

Família / Espécie	Nome popular	Altura (m)	Área de ocorrência	Descrição sucinta	Vias	Áreas verdes	Obs.
<i>Dimorphantha campinarum</i> Ducke		4-6	Amazônia	Árvore de porte pequeno e com flores alaranjadas.	X		MB; RE
<i>Dimorphantha caudata</i> Ducke	Fava- maçaroca	20-30	Amazônia	Árvore grande e belíssima da mata de terra firme.		X	MB
<i>Dimorphantha macrostachya</i> subsp. <i>glabrifolia</i> (Ducke) M.F.Silva	Faveira-atanã	20-30	Pará	Árvore grande e bela que floresce em compridas espigas vermelhas; na mata de terra firme úmida e em igapós, em solos de areia branca com húmus negro, frequentemente na vizinhança de riachinhos de água preta.		X	MB
<i>Dimorphantha mollis</i> Benth.	Faveira	8-14	PA, GO, MT, MG, SP e MS	Altura de 8-14 m, apresenta qualidades ornamentais que a recomendam para o paisagismo. Ocorre no Pará, Goiás, Minas Gerais, São Paulo e Mato Grosso do Sul, no Cerrado.	X		MB
<i>Dimorphantha urubensis</i> Ducke		20-30	Amazônia	Árvore grande e bela que floresce em compridas espigas vermelhas.		X	MB
<i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Willd.	Cumaru	20-30	Pará e Amazonas	Árvore bonita com casca bastante lisa, na mata primária às vezes com mais de 30m de altura; na mata secundária e em culturas mais baixa. Madeira pardo-amarelado-escura; flores fragrantíssimas.		X	MB
<i>Dussia grandiflora</i> Ducke		15-20	Pará	Árvore ornamental com flores vistosas, brancas e grandes vagens aveludadas de cor pardo-avermelhada. Ocorre no Pará: frequente na argila vermelha do Tocantins. Comuns na argila vermelha da estrada de Altamira ao Oeste da volta do Xingu.		X	MB
<i>Enterolobium schomburgkii</i> (Benth.) Benth.	Fava-de-rosca	30-40	Amazônia e Guianas	Árvore ornamental muito grande, às vezes atingindo 40 m de altura e considerável diâmetro; os frutos ("fava enroscada") são comestíveis para macacos.		X	MB
<i>Eperua bijuga</i> Benth.	Muirapiranga	6-8	Amazônia	Árvore pequena ou mediana com grandes e lindas flores róseo-purpúreas. A forma típica habita igapós e margens de rios menores na região do estuário paraense.	X		MB; RE

(continua)

(continuação)

Família / Espécie	Nome popular	Altura (m)	Área de ocorrência	Descrição sucinta	Vias	Áreas verdes	Obs.
<i>Eperua rubiginosa</i> Miq.	Apazeiro	6-9	Amazonas, Amapá e Pará	Árvore pequena ou mediana, de aspecto característico graças aos pedúnculos compridos e ornamentais em que pendem as flores (púrpuras) e as vagens; fornece, na Guiana britânica, uma parte da apreciada madeira de construção de nome “wallaba”.	X		MB; RE
<i>Erythrina fusca</i> Lour.	Assicurana	até 20	Amazônia, América tropical	Árvore de até 20 m de altura e ornamental; boa para quebra-ventos. É útil para tratamento de doenças hepáticas, mas perigosa por ser venenosa, admite-se que produz narcose.	X		MB
<i>Erythrina iliei</i> Harms	Mulungu	10-15	Pará e Amazonas	Árvore mediana, aculeada, com belas flores alaranjado-vermelhas quando em estado desfolhado. Pará: Altamira (médio Xingu) e Pimentel (médio Tapajós), em capoeirões e mata menos fechada, em solo de argila fértil, parte sul do estado do Amazonas.		X	MB
<i>Pterocarpus dubius</i> (Kunth) Spreng. -	Mututi	4-8	Pará	Árvore pequena ou mediana, neste caso com tronco grosso: muito bonita quando coberta de flores cor de ouro mate, o que sucede na primeira metade da estação chuvosa. Ocorre nas margens alagadas de rios. Pará: Xingu (Vitória, Altamira), Tapajós, baixo Trombetas.	X		MB; RE
<i>Heterostemon mimosoides</i> Desf.	Aiari	4-8	Pará, Amazonas, Guiana, Colômbia e Venezuela	Árvore pequena ou, quando em terreno muito rochoso, arbusto. É provavelmente a leguminosa mais bela da América, com folhagem elegante e abundantes flores belíssimas, cujas sépalas são, como estames, cor-de-rosa.	X		EB; RE
<i>Hydrochorea corymbosa</i> (Rich.) Barneby & J.W.Grimes	Faveira	4-8	Amazônia	Árvore ornamental baixa e de copa larga, comum por toda Amazônia brasileira em igapós e margens de lagos e rios lentos, de águas pobres de sedimento.	X		OR; RE
<i>Inga amazonica</i> L. Cardenas	Ingá		Pará e Amazonas	Espécie bonita, largamente distribuída desde a vizinhança do Atlântico até o alto Rio Negro, em várias formas, todas em matas secundárias não inundáveis. Típica no Pará: Vigia, Santarém, Óbidos e Faro, no Amazonas.			MB

(continua)

(continuação)

Família / Espécie	Nome popular	Altura (m)	Área de ocorrência	Descrição sucinta	Vias	Áreas verdes	Obs.
<i>Inga calantha</i> Ducke		10-15	Pará	Uma das espécies mais bonitas. Ocorre no Pará: médio Tapajós, nos lugares Francês e Santa Cruz, em capoeiras velhas de terras altas.	X		EB
<i>Inga capitata</i> Desv.	Ingá-costela	8-15	Pará e Amazonas	Espécie bonita, com estames muito desenvolvidos, às vezes avermelhados no ápice. Vagem em arco (forma de costela), com até 20 cm de comprimento, bastante espessa, com suturas largas, porém planas; polpa copiosa, bem doce.	X		MB
<i>Inga chrysantha</i> Ducke	Ingai	4-6	Amazônia	Árvore pequena da mata de terra firme do Rio Tarumá, perto de Manaus, com um só exemplar observado. É uma das poucas espécies que têm flores amarelas.	X		OR; RE
<i>Inga grandiflora</i> Ducke	Ingá	4-6	Pará	Árvore pequena da mata virgem da terra firme silicosa e humosa; notável pelo grande tamanho das flores. Ocorre no Pará: Belém, Santo Antônio do Prata (Estrada de Ferro de Bragança) e Gurupá.	X		OR; RE
<i>Inga heterophylla</i> Willd.	Ingá-chichi	4-8	PA, AM, CE, Guiana, Bolívia, Peru, Colômbia	“Ingá chichi” ou “ingá chichica” são nomes aplicados à todas as espécies com folhas e frutos pequenos e com pouca polpa. Frequente no capoeirão de terra firme, arenosa como argilosa, por todas as regiões do estado do Pará.	X		OR; RE
<i>Inga microcalyx</i> Benth.	Ingá-pau	10-15	Pará	É uma das poucas espécies arbóreas cujas flores têm perfume forte. Ocorre no Pará: Obidos e Santarém; beiras de rios e lagos de água limpa e capoeiras úmidas.		X	OR; FP
<i>Inga panurensis</i> Benth.	Ingá	10-15	Amazônia	O tipo foi coletado por Spruce nas caatingas do Rio Uaupés (Amazonas). Uma forma bastante parecida é encontrada no capoeirão das terras arenosas ao redor de Manaus; ornamental, ela é notável pelo forte perfume das flores.		X	OR; FP
<i>Inga pilosula</i> (Rich.) J.F.Macbr.	Ingá-da-flor-amarela	8-12	Pará e Mato Grosso do Norte	É, além da <i>Inga vetivera</i> , a única espécie amazônica comum, com flores amarelas; habita praias, capoeirões e orlas da mata em terreno arenoso, raramente na argila. Frequente no estado do Pará.	X		OR

(continua)

(continuação)

Família / Espécie	Nome popular	Altura (m)	Área de ocorrência	Descrição sucinta	Vias	Áreas verdes	Obs.
<i>Inga pulcherrima</i> Ducke	Ingá		Amazônia, Acre	Árvore belíssima que habita a mata de terra firme do território do Acre: Rio Acre, Seringal Iracema (Decke); Boca do Macaean (Krukoff).			EB
<i>Inga semilata</i> (Vell.) C.Mart.	Ingá-mirim	5-15	Todo o Brasil	Altura de 5-15 m, tronco mais ou menos liso, flores tubulares brancas perfumadas. Bastante ornamental quando em flor, podendo ser usada na arborização urbana. É a espécie de ingá mais amplamente dispersa pelo território brasileiro.	X		OR; FP
<i>Lonchocarpus sericeus</i> (Poir.) DC.	Imburana	4-20	Amazônia, Baixo Amazonas, Leste e Oeste do Brasil	Altura de 4-20 m, dotada de copa arredondada. Tronco ereto e cilíndrico, folhas compostas imparipenadas. Inflorescência em pseudorrácimos axilares. É ornamental principalmente quando em flor, podendo ser usada com sucesso na arborização urbana.	X		OR
<i>Machaerium acutifolium</i> Vogel	Jacarandá-do- campo	8-10	Amazônia até SP e MS	Altura de 8-10 m, apresenta características ornamentais que a recomendam para o paisagismo, principalmente para ruas estreitas. Ocorre na região amazônica até São Paulo e Mato Grosso do Sul, principalmente no Cerrado.	X		OR
<i>Macarobium bifolium</i> (Aubl.) Pers.	Iperana	5-10	Amazônia, principal- mente no Pará e Guianas	Altura de 5-15 m, dotada de copa arredondada e densa. Inflorescências em racemos axilares e terminais, isolados ou em grupos de 2-5, com flores perfumadas de cor branca. A casca apresenta valor medicinal. Planta decídua, cófita até heliófila, seletiva higrófila, secundária, característica e exclusiva de matas ciliares e de várzeas inundáveis onde é bastante frequente, porém com dispersão mais ou menos descontínua.	X		OR; FP
<i>Macarobium multijugum</i> (DC.) Benth.		4-8	Amazônia e Guiana	Árvore pequena e ornamental; folhas compostas. Ocorre na Guiana e na Amazônia.	X		OR; RE
<i>Zygia ramiflora</i> (Benth.) Barneby & J.W.Grimes	Ingarana		Amazônia, Baixo Trombetas, Pará	A espécie mais bonita de “ingarana”, com flores róseas e folíolos pequenos e numerosos. Ocorre no Rio Cuminá, Baixo Trombetas, Pará.			MB

(continua)

(continuação)

Família / Espécie	Nome popular	Altura (m)	Área de ocorrência	Descrição sucinta	Vias	Áreas verdes	Obs.
<i>Martiodendron excelsum</i> (Benth.) Gleason	Tapioqueira	8-12	Amazônia	Árvore em geral de porte mediano; vagens relativamente pequenas, verdes. Uma das espécies características da mata marginal do Rio Branco, de Vista Alegre e Caracará até o alto curso.	X		OR
<i>Mimosa schomburgkii</i> Benth.	Jurema	4-6	Amazônia, Guiana e Honduras	Árvore pequena, inerte das margens inundáveis do alto Rio Branco (AC), abundante nos arredores de Boa Vista; notável entre as espécies congêneres pela boa madeira e pelo cheiro agradável das folhas. Também encontrada em Manaus (boca do igarapé de São Vicente), porém evidentemente cultivada. Guiana; Honduras.	X		OR; RE
<i>Mora parauensis</i> (Ducke) Ducke	Pracuíba-branca	20-30	Amazônia	Árvore grande, sustentada por poderosas sapopemas, flores em espigas brancas, com cheiro forte e agradável.		X	OR
<i>Ormosia continibai</i> Ducke	Buiussú	20-30	Pará e Amapá	Árvore muito grande de porte bonito e que se destaca em meio às outras pelo verde muito escuro de suas grandes folhas; flores de um bonito violeta saturado. As sementes, de grande tamanho, são vermelho pardacento, com exceção do hilo, que é preto.		X	OR
<i>Ormosia excelisa</i> Benth.	Tento-amarelo	20-40	Amazônia	Árvore muito alta; folhas alternas, imparipinadas, compostas de 15-19 folíolos oblongos, luzidios na página superior, glabros e verde-pálidos na página inferior; flores liláceas, aromáticas, com pétalas roxas; fruto vagem, com sementes pretas e vermelhas. A árvore é muito ornamental.		X	FP; MB
<i>Ormosia grandiflora</i> (Tul.) Rudd	Tento	20-30	Pará e Amazonas	Árvore grande e ornamental que se distingue pelas folhas trifolioladas, flores lilás e sementes globosas vermelhas. Pará: Santa Júlia (no limite ocidental do estado), na mata dos contrafortes orientais da Serra de Parintins em lugares pantanosos. Amazonas.		X	OR
<i>Ormosia paraensis</i> Ducke	Tento	10-15	Pará	Árvore ornamental geralmente mediana, raramente pequena ou grande; flores das menores do gênero, apenas 9 mm de comprimento, pétalas nigrovioláceas, legume com 1-3 sementes bicolores. É a árvore de “tento” mais comum no estado do Pará.		X	OR

(continua)

(continuação)

Família / Espécie	Nome popular	Altura (m)	Área de ocorrência	Descrição sucinta	Vias	Áreas verdes	Obs.
<i>Parkia discolor</i> Benth.	Jipóuba	4-10	Amazônia	Árvore ornamental pequena e de larga copa. Vegeta de preferência nas praias arenosas e lodosas dos rios da Amazônia.	X		OR
<i>Parkia igneiflora</i> Ducke	Arara-tucupi	4-8	Amazônia	Árvore que raramente passa de altura mediana, notável por sua forma muito delgada que nas outras espécies, e muito ornamental pelo aspecto elegante da folhagem e pela cor viva dos volumosos capítulos floríferos.	X		OR; RE
<i>Parkia pendula</i> (Willd.) Walp.	Visgueiro	20-30	Amazônia, Sul da BA e Norte do ES	Altura de 20-30 m, com tronco dotado de sapopemas basais de 80-100 cm de diâmetro. As inflorescências e posteriormente os frutos ficam pendurados na copa e sustentados por longos pedúnculos. A árvore é muito ornamental, principalmente pelo aspecto curioso das inflorescências, podendo ser empregada com sucesso no paisagismo, principalmente para arborização de praças públicas, parques e grandes avenidas. Planta perenifólia, mesófila ou heliófila, característica da floresta alta de terra firme da região amazônica e da mata pluvial atlântica. Floresce durante os meses de agosto-outubro. Os frutos amadurecem nos meses de dezembro-março, entretanto permanecem por mais alguns meses pendurados na árvore.		X	MB
<i>Parkia platycephala</i> Benth.	Fava-do- cerrado	4-9	Amazônia	Árvore ornamental de altura quando muito mediana, com flores em capítulos purpúreos suspensos em pedúnculos filiformes.	X		OR; RE
<i>Parkia ullei</i> (Harms) Kuhlman.	Paricá	30-40	Pará, Amazonas, Guianas	Árvore grande, às vezes muito alta, das matas de terra firme mais ou menos arenosa, com flores cheirosas em pequenos capítulos brancos e que logo se tornam amarelados; dá mais na vista quando coberta de grandes vagens avermelhadas.		X	OR; FP
<i>Parkia velutina</i> Benoist	Fava-peluda	20-30	Amazônia	Árvore das mais belas, com flores grandes, flores púrpuras e vagens comprimadas, deiscentes, aveludadas.		X	EB
<i>Hydrochorea elegant</i> (Ducke) M.V.B. Soares, Iganci & M.P. Morim	Mapuxiqui branco	20-30	Amazônia	Árvore grande de porte elegante, com casca de cor ferrugínea, lisa, porém marcada com as cicatrizes das folhas.		X	MB

(continua)

(continuação)

Família / Espécie	Nome popular	Altura (m)	Área de ocorrência	Descrição sucinta	Vias	Áreas verdes	Obs.
<i>Pithecellobium roseum</i> (Vahl) Barneby & J.W. Grimes		6-10	Amazônia, Rio Negro e Rio Solimões	Árvore pequena; flores no tronco e nos ramos, róseas. Amazonas: mata de terra firme do Rio Negro (de Santa Isabel para cima, inclusive o Uaupés) e da parte ocidental do Solimões (São Paulo de Olivença). Guiana holandesa.	X		OR
<i>Platymenia reticulata</i> Benth.	Pau-de-candeia	6-12	AP até GO, MT, MG, MS e SP	Altura de 6-12 m, árvore ornamental, empregada em paisagismo, principalmente para arborização de ruas. Ocorre do Amapá até Goiás, Mato Grosso, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul e São Paulo, no Cerrado e Campo Cerrado.	X		OR
<i>Schizolobium parabyba</i> var. <i>amazonicum</i> (Huber ex Ducke) Barneby	Paricá	20-30	Pará, Amazonas, Peru e Colômbia	Árvore grande da mata primária e secundária de terra firme e várzea alta; de crescimento excessivamente rápido; quando nova, o tronco é bonito, bem verde e as folhas são enormes e elegantes, porém nos indivíduos velhos a casca fica esbranquiçada.		X	MB
<i>Tachigali goeldiana</i> (Huber) L.G.Silva & H.C.Lima	Tachizeiro		Pará e Amazonas	Esta bela espécie foi até agora encontrada em duas áreas distantes uma da outra, sendo em ambas abundante. Pará: médio Rio Capim, árvore muito comum nas margens, de preferência em terreno acidatado. Amazonas: Rio Negro.			MB
<i>Senna alata</i> (L.) Roxb.	Matapasto grande	até 4	Amazônia até o RJ, MG, GO e MT	Árvoreta ornamental de até 4 m de altura; ramos vigorosos; com larga distribuição geográfica no continente americano, assim como na África e na Ásia.	X		OR; RE
<i>Senna multiyuga</i> (Rich.) H.S.Irwin & Barneby	Pingo-de-ouro	6-10	Amazônia	Árvore bonita, pequena ou mediana, da mata secundária (capoeira), de preferência em terra argilosa. Frequente em toda a Amazônia. Altura de 6-10 m, extremamente ornamental, principalmente durante seu longo período de florescimento. É largamente empregada na arborização de ruas, parques e jardins na região Sudeste do país pelo pequeno porte e forma estreita da copa.	X		OR; RE

(continua)

(continuação)

Família / Espécie	Nome popular	Altura (m)	Área de ocorrência	Descrição sucinta	Vias	Áreas verdes	Obs.
<i>Senna reticulata</i> (Willd.) H.S.Irwin & Barneby	Matapasto grande	4-6	Amazônia, Equador, Guiana, Peru, Colômbia, América Central	Árvore ornamental pequena, muito comum nos campos de várzea da Amazônia inteira.	X		OR; RE
<i>Stryphnodendron adstringens</i> (Mart.) Coville	Barbatimão- verdadeiro	4-5	Pará até SP e MS	Altura de 4-5 m, a árvore é bastante ornamental, principalmente pela forma da copa e delicadeza da folhagem; empregada na arborização de ruas estreitas. Ocorre no Pará até São Paulo e Mato Grosso do Sul, no Cerrado.	X		OR; RE
<i>Stryphnodendron pulcherrimum</i> (Willd.) Hochr.	Caubi	4-8	Amazônia e Sul da Bahia	Altura de 4-8 m, dotada de copa ampla, baixa e achatada. As flores são apícolas. A árvore é bastante ornamental quando em floração, podendo ser empregada com sucesso na arborização paisagística.	X		OR; RE
<i>Snartzia ingaeifolia</i> Ducke	Coração-de- negro	15-30	Amazônia, Manaus	Árvore ornamental às vezes muito grande, com belo cerne pardo- escuro. Amazonas: mata de terra firme de Manaus, bastante rara.		X	OR
<i>Snartzia recana</i> Poepp.		10-15	Pará	Notável pelo tamanho das brácteas. Árvore média (única vista) da mata de terra firme baixa argilosa do médio Tapajós, lugar Francês (Pará).		X	OR
<i>Snartzia ulai</i> Harms	Gerimum	20-30	Amazônia, Manaus	Árvore acima de mediana, com bonitas folhas douradas na face inferior. Mata de terra firme da Amazônia, geralmente em lugares úmidos, nos arredores de Manaus (bastante frequente).		X	MB
<i>Tachigali paniculata</i> Aubl.	Tachi	4-8	Pará	Única árvore de tachi (gênero <i>Tachigali</i>) sem formigas; árvore ornamental pequena com flores de cor laranja. Margem do Rio Mapuera (Irombetas), Pará.	X		OR; RE
<i>Taralea oppositifolia</i> Aubl.		20-40	Pará	Árvore muito grande, de notável beleza quando florida; flores abundantíssimas, de cálice branco e pétalas violáceo saturado, com perfume fortíssimo que lembra o do jasmim. Médio Tapajós, Pará.		X	EB; FP

(continua)

(continuação)

Família / Espécie	Nome popular	Altura (m)	Área de ocorrência	Descrição sucinta	Vias	Áreas verdes	Obs.
<i>Valairea erythrocarpa</i> (Ducke) Ducke	Fava-bolacha	20-40	Pará	Árvore muito grande e ornamental em estágio frutífero (despida da folhagem) com copa toda aberta de vagens purpúreas que a tornam visível até à grande distância; habita a mata alta dos morros do médio Tapajós, no estado do Pará.		X	MB
<i>Viouacapoua americana</i> Aubl.	Acapu	10-20	Pará	Árvore não muito grande, com folhagem escura e na primeira metade do inverno com flores muito ornamentais cor de ouro velho em ricas inflorescências eretas e terminais que de longe atraem a atenção, conhecidíssima no Pará.		X	MB
<i>Zornia diphylla</i> (L.) Pers.	Alfafa-do-campo	6-10	Amazônia	Árvore ornamental com folhas e brácteas pequenas. É a leguminosa mais comum da Amazônia, por toda parte abundante em beiras de estradas, terrenos abertos secos, praias e campos firmes.	X		OR
<i>Zygia inaequalis</i> (Willd.) Pittier	Ingá-jarandeua	6-12	Pará	Flores róseas ou brancas. Ocorre no Pará: Rio Tocantins entre Baião e Alcobaca.	X		OR
<i>Zygia latifolia</i> (L.) Fawc. & Rendle	Ingarana	3-6	Pará	Árvore ornamental pequena ou arbusto; estames brancos com ápice róseo. Ocorre no Pará: frequente nas margens inundadas do Rio Pará e nas ilhas do estuário (região de Breves).	X		OR; RE

Humiriaceae

<i>Humiria balsamifera</i> Aubl.	Umiri-de-cheiro	20-30	Brasil e Guianas	Árvore ornamental alta; folhas dísticas oblongo-lanceoladas; flores dispostas em cimeira corimbosas. Madeira de cerne duro, denso, vermelho e homogêneo; exsuda óleo abundante, que constitui um bálsamo muito procurado, o qual submetido à ação do fogo, torna-se uma espécie de resina usada na medicina indígena.		X	OR; FP

Lamiaceae

<i>Viex cymosa</i> Bertero ex Spreng.	Jaramantaia	10-20	Amazônia e Brasil Central até SP e MS	Altura de 10-20 m, dotada de copa globosa e muito frondosa. Tronco curto e cilíndrico; folhas compostas palmadas; inflorescências em cimeiras axilares, com flores violetas. Muito ornamental quando em flor e fornecedora de ótima sombra.		X	MB; SA

(continua)

(continuação)

Família / Espécie	Nome popular	Altura (m)	Área de ocorrência	Descrição sucinta	Vias	Áreas verdes	Obs.
Lauraceae							
<i>Nectandra reiculata</i> Mez.	Catinga-de- negro	15-20	Amazônia até RS	Altura de 15-20 m, árvore ornamental, principalmente pela coloração ferrugínea da folhagem que se acentua antes do florescimento. Pode ser empregada com sucesso na arborização em geral.		X	MB
<i>Ocotea guianensis</i> Aubl.	Louro-prata	10 -15	Amazônia	Árvore ornamental mediana com ramos angulosos e sulcados, ocasional na mata de terra firme; folhas glabras, luzidias na face superior; na inferior é recoberta de pelos curtos e sedosos, dando-lhes aparência prateada; flores amarelas; madeira branca e mole.		X	OR
Lecythidaceae							
<i>Couroupita guianensis</i> Aubl.	Castanha-de- macaco	8-15	Amazônia, mata inundável	Árvore frondosa, copa densa e globosa, 8-15 m de altura, nativa da mata inundável da Amazônia, folhas agrupadas na extremidade dos ramos, flores vistosas muito perfumadas, árvore muito curiosa e ornamental, indicada na arborização urbana. A árvore em florescimento é um dos mais belos espetáculos da natureza, com o tronco virtualmente enchendo-se de flores. É excelente para o paisagismo em geral. Seu único inconveniente é o grande tamanho dos frutos, que podem causar acidentes.	X		MB; SA
<i>Gustavia augusta</i> L.	Jeniparana	6-10	Amazônia	Altura de 6-10 m, a árvore é extremamente ornamental, principalmente pela delicadeza e perfume de suas flores. Pode ser empregada com sucesso no paisagismo em geral.	X		MB; RE
<i>Lecythis lurida</i> (Miers) S.A.Mori	Jarana	12-18	Amazônia, ES, MG e Sul da BA	Altura de 12-18 m, bastante ornamental quer pela forma umbelada de sua copa, quer pela folhagem brilhante, o que a torna ótima para o paisagismo em geral.		X	MB
Malpighiaceae							
<i>Byrsonima spicata</i> (Cav.) DC.	Pau-de- curtume		Amazônia até SP e MT	Árvore ornamental; folhas elípticas, pubescentes na página inferior, luzidias na página superior; flores amarelas, dispostas em racemos axilares; fruto amarelo, comestível. A casca é adstringente e usada na indústria do curtume e farmacêutica. Frutos adstringentes e antidiisenterícos. Fornece matéria corante.			OR; FP

(continua)

(continuação)

Família / Espécie	Nome popular	Altura (m)	Área de ocorrência	Descrição sucinta	Vias	Áreas verdes	Obs.
<i>Spachea lacteovens</i> (Ducke) R.F.Almeida & M.Pell. _	Lanterneira	10-12	Amazônia, Baixo Tapajós	Árvore de 10-12 m de altura, nativa da região amazônica brasileira, na mata de várzea alta, apresenta dispersão bastante restrita, encontrada apenas no Baixo Tapajós. Folhas simples, membranáceas. Flores amarelas, dispostas em longos cachos pendentes.	X		OR; RE
Malvaceae							
<i>Céiba samauima</i> (Mart. & Zucc.) K.Schum.	Paineira- barriguda	5-25	Amazônia e Pantanal Mato- Grossense	Altura de 5-25 m; dotada de copa alongada. A árvore possui qualidades ornamentais, apesar de não possuir florescimento exuberante como as demais espécies deste gênero.		X	EB
<i>Gnaphalium ulmifolia</i> Lam.	Periquiteira	8-16	Amazônia até o PR	Altura de 8-16 m, apresenta bela copa que proporciona ótima sombra, podendo ser utilizada com sucesso no paisagismo em geral. Ocorre em quase todo o país, desde a Amazônia até o Paraná.	X		MB; SA
<i>Lachnea grandiflora</i> Mart.	Mutamba- preta	6-14	Amazônia até SP, MG, GO e MS	Altura de 6-14 m, possui copa piramidal densa e pode ser incluída na arborização urbana. Ocorre da Amazônia até São Paulo, Minas Gerais, Goiás e Mato Grosso do Sul.	X		OR
<i>Pachira aquatica</i> Aubl.	Mamorana	6-14	Amazônia; Brasil	Altura de 6-14 m, árvore que produz muita sombra, que é aproveitada em muitas cidades brasileiras para arborização urbana. Seu único inconveniente são os frutos enormes, que podem causar acidentes quando caem inteiras.	X		OR; SA
<i>Pseudobombax ellipticum</i> (Kunth) Dugand	Pincel-de- barba	15-25	Amazônia	Árvore ornamental, de 15-25 m de altura, folhas grandes, flores solitárias, ramifica-se próximo ao solo, modelo de crescimento quase horizontal.		X	OR
<i>Sterculia striata</i> A. St.-Hil. & Naudin	Sapucaia	8-14	Amazônia até PI, GO, MT, MG	Altura de 8-14 m, proporciona ótima sombra e é bastante ornamental, podendo ser usada no paisagismo em geral. Ocorre na região amazônica até o Piauí, Goiás, Mato Grosso, Minas Gerais.	X		MB; SA

(continua)

(continuação)

Família / Espécie	Nome popular	Altura (m)	Área de ocorrência	Descrição sucinta	Vias	Áreas verdes	Obs.
Melastomataceae							
<i>Miconia minutiflora</i> (Bonpl.) DC.	Sapateiro	4-6	América Central até o Sudeste brasileiro	Árvore ornamental pequena. Rara. Campinarana.	X		OR; RE
Myristicaceae							
<i>Virola sebifera</i> Aubl.	Ucuúba- vermelha	8-16	PA até SP	Altura de 8-16 m, árvore extremamente ornamental pela forma piramidal característica de sua copa de coloração ferrugínea, recomendada para paisagismo principalmente na arborização de ruas. Ocorre no Pará até São Paulo e na floresta semidecídua de altitude.	X		EB
Primulaceae							
<i>Myrsine guianensis</i> (Aubl.) Kuntze	Capororoca	4-8	PA, MA, PI até MG e SP	Altura de 4-8 m, recomendada para o paisagismo em geral, é particularmente útil para arborização de ruas estreitas. Ocorre no Pará, Maranhão, Piauí até Minas Gerais e São Paulo, na floresta semidecídua e no Cerrado.	X		OR; RE
Rubiaceae							
<i>Centarea hexandra</i> (Jacq.) K.Schum.	Quina-do- pará	4-5	Amazônia até SP	Altura de 4-5 m, dotada de copa globosa muito característica. Tronco curto e tortuoso; folhas simples opostas e cruzadas, membranáceas, com nervuras proeminentes; flores tubulosas de cor rosa. Árvore muito ornamental quando em flor.	X		MB; RE

(continua)

(continuação)

Família / Espécie	Nome popular	Altura (m)	Área de ocorrência	Descrição sucinta	Vias	Áreas verdes	Obs.
<i>Iserlia hypoleuca</i> Benth.	Rabo-de-arara	6-12	Amazônia	Altura de 6-12 m, dotada de copa piramidal ou alongada. Tronco ereto e ramificado, revestido por casca fina e um pouco áspera. Inflorescências em cimeiras paucifloras terminais, com flores tubulosas de cor vermelho-vivo muito ornamental. Fruto cápsula globosa, tardiamente deiscente, contendo muitas sementes polidríco-irregulares. A árvore é bastante ornamental quando em flor, podendo ser usada com sucesso no paisagismo em geral. Planta pioneira rústica e de crescimento bastante rápido. Característica e exclusiva da floresta pluvial amazônica.	X		MB
<i>Palicourea guianensis</i> Aubl.		4-8	Amazônia, México e Caribe	Árvore ou arvoreta ornamental. Ritidoma levemente fissurado. Casca viva bege; alburno bege. Folha grandes, coriáceas e glabras. Nervura central saliente em ambas as faces, amareladas. Frequente em todos os ambientes.	X		OR; RE
<i>Rosenbergiodendron fornosum</i> (Jacq.) Fagerl.	Angélica	até 4	Amazônia	Arvoreta de até 4 m de altura, casca lisa, muito cultivada em toda a Amazônia; folhas simples; flores brancas, aromáticas, semelhantes a estrelas, de onde provém seu nome vulgar; fruto baga elipsóide. É usada principalmente como ornamental pela beleza de suas flores em forma de estrela.	X		OR; RE
<i>Warenegitzia vocinea</i> (Vahl) Klotzsch	Musendra-da-mata	4-8	Amazônia, principalmente no MT e AM	Altura de 4-8 m, dotada de copa esparsa e irregular. Tronco tortuoso e mais ou menos cilíndrico, de 15-25 cm de diâmetro. Inflorescências em cimeiras paniculadas, compostas de flores pequenas de cor amarelada. A árvore é extremamente ornamental quando em flor, podendo ser usada com sucesso no paisagismo em geral. Planta perenifolia, heliófila ou de luz difusa, seletiva higrófila, característica e exclusiva da floresta pluvial amazônica.	X		EB; RE

Rutaceae

<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	Tamanqueira	6-12	Todo o Brasil	Altura de 6-12 m, árvore muito ornamental, principalmente pela forma e densidade da copa, proporciona boa sombra, principalmente na arborização urbana. Ocorre na mata pluvial da encosta Atlântica e na Amazônia.	X		MB; SA

(continua)

(continuação)

Família / Espécie	Nome popular	Altura (m)	Área de ocorrência	Descrição sucinta	Vias	Áreas verdes	Obs.
Salicaceae							
<i>Casuarina decandra</i> Jacq.	Cafezeiro-do- mato	4-10	Todo o Brasil	Altura de 4-10 m; dotada de copa alongada, com extremidades dos ramos novos puberulentos. Pelo pequeno porte e rápido crescimento, é apropriada para arborização urbana. Ocorre em o todo Brasil, em várias formações florestais.	X		EB; SA
<i>Casuarina rupestris</i> Eichler		4-7	Amazônia	Altura de 4-7 m; dotada de copa piramidal, com a ponta dos ramos brancotomentosa; a árvore é bastante ornamental, principalmente quando em flor, podendo ser usada na arborização de ruas estreitas e sob redes elétricas.	X		EB; RE
<i>Casuarina sylvestris</i> Sw.	Guacatunga	4-6	Todo o Brasil	Altura de 4-6 m, porte elegante e pequeno, é ótima para arborização de ruas estreitas e sob redes elétricas. Ocorre em todo território brasileiro, em quase todas as formações florestais.	X		EB; RE
Sapindaceae							
<i>Allophylus edulis</i> (A.St.-Hil., A.Juss. & Cambess.) Radlk.	Fruta-de- pombo	6-10	Amazônia ao CE, MS, MG, BA, RJ até RS	Altura de 6-10 m, com tronco de 20-30 cm de diâmetro. A árvore é bastante ornamental, podendo ser empregada com sucesso na arborização de ruas e praças. É bastante disseminada pela avifauna. As flores são melíferas, florescendo durante os meses de setembro-novembro. Os frutos amadurecem em novembro-dezembro.	X		FP; MB
<i>Sapindus saponaria</i> L.	Sabonete-de- soldado	5-9	Amazônia até GO e MG	Altura de 5-9 m, ornamental, principalmente pela sua copa globosa e perenifolia, podendo ser empregada no paisagismo em geral. É uma das espécies mais cultivadas para a arborização de ruas das cidades brasileiras.	X		OR; RE; SA
Sapotaceae							
<i>Pouteria torta</i> (Mart.) Radlk.	Abiurana	8-14	Amazônia até RJ	Altura de 8-14 m, apresenta características ornamentais que a tornam aproveitável para arborização em geral. Ocorre na região amazônica até o Rio de Janeiro.	X		OR

(continua)

(continuação)

Família / Espécie	Nome popular	Altura (m)	Área de ocorrência	Descrição sucinta	Vias	Áreas verdes	Obs.
Simaroubaceae							
<i>Simaba guianensis</i> Aubl.	Cajurana	até 5	Amazônia e Guiana	Árvore ornamental pequena (até 5 m de altura); folhas compostas, flores verde-amareladas, brácteas e fasciculadas, dispostas em panículas axilares; fruto drupa oblonga, pequena, comestível e medicinal.	X		OR; RE
Urticaceae							
<i>Cecropia concolor</i> Willd.	Embaúba-prata	6-10	Amazônia, Bolívia, Peru	Árvore de capoeira com bela folhagem. Bacia Amazônica Central e Oriental, até Bolívia e Sul da Amazônia Peruana.	X		EB
Verbenaceae							
<i>Petrea pubescens</i> Turcz.	Petreia	7-12	Amazônia	Árvore de 7-12 m de altura, pouco ramificada, de copa arredondada, folhagem perenifólia, nativa da região amazônica, folhas concentradas no ápice dos ramos, inflorescências afixadas abaixo da inserção das folhas; árvore com características ornamentais.	X		OR
Vochysiaceae							
<i>Erisma uncinatum</i> Warm.	Quarubarana	7-18	Amazônia	Altura de 7-18 m, dotada de copa globosa ampla, com ramos angulosos e revestidos por tomentos de cor cinza. Folhas simples, inteiras, opostas ou alternadas descolores, de bordos lisos, com nervuras bem visíveis em ambas as faces.	X		MB
<i>Qualea acuminata</i> Spruce ex Warm.	Quaruba-da-várzea	10-30	Amazônia	Árvore ornamental de porte mediano até grande; flores aromáticas, botões agudos de 15-23 mm de comprimento, flor com uma pétala branca perfumada, com uma mancha vermelha na base, e na faixa central amarela; fruto cápsula rugosa, com cerca de 3 cm de comprimento antes da maturação. Floresce de setembro a fevereiro.		X	OR; FP

(continua)

(continuação)

Família / Espécie	Nome popular	Altura (m)	Área de ocorrência	Descrição sucinta	Vias	Áreas verdes	Obs.
<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	Pau-terra	7-12	Amazônia até SP, MG, GO e MS	Altura de 7-12 m, possui características ornamentais que a tornam interessante para o paisagismo em geral apesar de seu lento crescimento. Ocorre na Amazônia até São Paulo, Minas Gerais, Goiás e Mato Grosso do Sul, no Cerrado.	X		OR
<i>Vochysia guianensis</i> Aubl.	Quarubatinga	20-30	Amazônia	Árvore grande e ornamental, casca pilosa, esfolhosa; inflorescência terminal, axilar, densiflora, cilíndrica ou subpiramidal, parcialmente pilosa; pétalas desiguais, ovoides, ápice ciliado; anteras subclavadas; ovário glabro; fruto cápsula, semente oblonga.		X	OR
<i>Vochysia inundata</i> Ducke	Quaruba-da- várzea	10-30	Pará	Árvore ornamental mediana ou muito grande; folhas grandes, até 21 cm de comprimento e 9 cm de largura; inflorescência por vezes excedendo a 40 cm.		X	OR
<i>Vochysia maxima</i> Ducke	Quaruba- fissurada	20-30	Pará	Árvore ornamental grande, casca longitudinalmente sulcada; ramos delgados; inflorescência terminal e axilar subpuberulenta; flores amarelo-alaranjadas, pétalas longas do mesmo comprimento dos estames.		X	OR
<i>Vochysia surinamensis</i> Stafleu	Quaruba-rosa	20-30	AP, AM, PA, RS, MT, RO	Árvore grande, ornamental. Tronco cilíndrico. Pode ocorrer em área de influência da mata com a caatinga e na mata de várzea baixa com cipó em solo areno-argiloso. Os frutos, quando secos, apresentam coloração creme. Flores amarelas.		X	OR

Obs.: OR: ornamental; MB: muito bela; EB: extremamente bela; FP: flores perfumadas; AS: sombra abundante; RE: ruas estreitas.
Fonte: [15-23].

19.5. Principais atributos das árvores ornamentais para uso urbano

A riqueza de espécies arbóreas amazônicas que podem ser utilizadas no paisagismo urbano é praticamente desconhecida, mesmo sendo notável, como será demonstrado a seguir, envolvendo espécies arbóreas extremamente belas, seja pelo porte, floração, folhagem, textura do tronco e sapos-pemas, seja pelo perfume de suas flores, ou seja, pelos seus atributos naturais. Em relação aos atributos artificiais, ou seja, atribuídos às árvores pela humanidade, destacam-se o valor cultural e legal.

19.6. Porte da árvore adulta

A altura é uma das características mais importantes da espécie arbórea ornamental para uso urbano, se não a mais importante. O porte da espécie arbórea adequada a determinados ambientes urbanos é de fundamental importância. Além da altura total da árvore adulta, devem ser considerados a altura do fuste (que vai do piso à primeira ramificação) e os diâmetros do tronco e da copa; estas dimensões definem o porte da árvore. Um ponto que deve ser levado em conta na escolha das espécies é que a mesma árvore pode apresentar formas diferentes de crescimento. Quando em floresta ou em maciços, desenvolve-se em altura em busca de luz. Já quando isolada, em praças, parques, quintais, áreas verdes e vias urbanas, por não enfrentar competição, cresce menos em altura e forma uma copa mais aberta e densa.

Figura 19.2 – Exemplos de árvores com relação ao porte usadas em: a) Ruas e avenidas, pau-preto (*Cenostigma tocantinum*); b) Ruas estreitas, ipê-amarelo (*Handroanthus* sp.) e c) Praças e parques de Belém, guajará (*Chrysophyllum venezuelanense*).



Fonte: Autores.

Neste trabalho, foram consideradas para a arborização de vias e calçadas (Figura 2a) as espécies cuja altura apresenta limite inferior de até 9 m, podendo o limite superior variar até 12 m, uma vez que, conforme mencionado no parágrafo anterior, a espécie plantada de forma isolada tende a não atingir grande porte. Considerando, então, este pressuposto, no Apêndice 1 encontram-se relacionadas 89 espécies adequadas a estes ambientes assinaladas na coluna “Vias”. Com relação à arborização de vias estreitas (Figura 2b), o planejador deve ser mais restritivo com

relação à altura total da árvore, não devendo selecionar espécies com altura superior a 10 m. Considerando esse limite, foram selecionadas 44 espécies caracterizadas sucintamente no Apêndice 1, na coluna “Obs” (RE – rua estreita).

As árvores de grande porte são indicadas para plantio em praças e parques (Figura 2c) pois a amplitude do espaço permite o pleno desenvolvimento de sua copa e a apreciação da árvore em sua beleza plena. Consequentemente, não existem restrições quanto ao porte da espécie. Nestes locais pode-se plantar tanto as espécies das vias, como aquelas de grande porte. Essas, encontram-se descritas na coluna “Áreas Verdes”, totalizando 54 espécies.

As árvores de grande porte, que impressionam em razão da grande altura (entre 15 e 40 m) e diâmetros elevados (raramente inferiores a 1,0 m, podendo chegar a 2-3 m) totalizaram um total de 37 espécies que se encontram descritas no Apêndice 1, na coluna Altura (m), em negrito; são aquelas espécies com limite inferior da amplitude em altura igual ou superior a 15 m e limite superior até 40 m.

19.7. Forma da copa

Na faixa equatorial amazônica as temperaturas médias diárias são elevadas, assim como a insolação e a umidade relativa do ar. Dessa forma, as espécies empregadas na arborização urbana têm, acima de quaisquer outros atributos (estéticos, paisagísticos, supridores da avifauna, entre outros), proporcionar conforto térmico à população. Necessariamente, a conformação e o volume da copa são importantes na escolha das espécies a serem plantadas.

Adaptando-se a classificação de Puttemans [24], pode-se exemplificar esquematicamente os seguintes tipos de forma específica da árvore:

- a) **Capitata Esférica:** possui fuste bem definido e copa arredondada, globosa, como por exemplo o oiti (*Moquilea tomentosa*) – Figura 3a.
- b) **Capitata Umbeliforme:** os galhos tendem a formar um arco ou a forma de um guarda-chuva, como por exemplo o visgueiro (*Parkia pendula*) – Figura 3b.
- c) **Capitata Ovoides:** exemplares de jambeiro vermelho e rosa, respectivamente *Syzygium jambos* e *Syzygium malaccense*.
- d) **Capitata Corimbiforme:** a copa tem uma forma de taça, comum em algumas espécies de embaúbas, p. ex. *Cecropia sciadophylla*.
- e) **Cônica:** a árvore apresenta-se em forma típica de um cone; é a forma comum entre as coníferas onde o exemplo mais conhecido é a árvore de Natal (*Araucaria heterophylla*) e o pau-de-mastro (*Polyalthia longifolia* – Annonaceae), originário da Malásia e com ampla distribuição em Belém; da Amazônia, o carará ou cuiarana folha miúda (*Terminalia parvifolia*) é o exemplo marcante e pode ser usado também como árvore de Natal.
- f) **Cilíndrica ou Coluniforme:** apresenta-se com galhos desde a base até o ápice da árvore. O exemplo típico são os ciprestes, muito empregados em associações com gramados, sobretudo nas regiões Sul e Sudeste do país. Como representantes desta forma, cita-se também a maioria das palmeiras; todavia, existem restrições a respeito.
- g) **Pendente:** os galhos e as folhas tendem a ficar para baixo; o exemplo mais típico é o chorão (*Salix* spp.) que é muito empregado em associações com lagos.

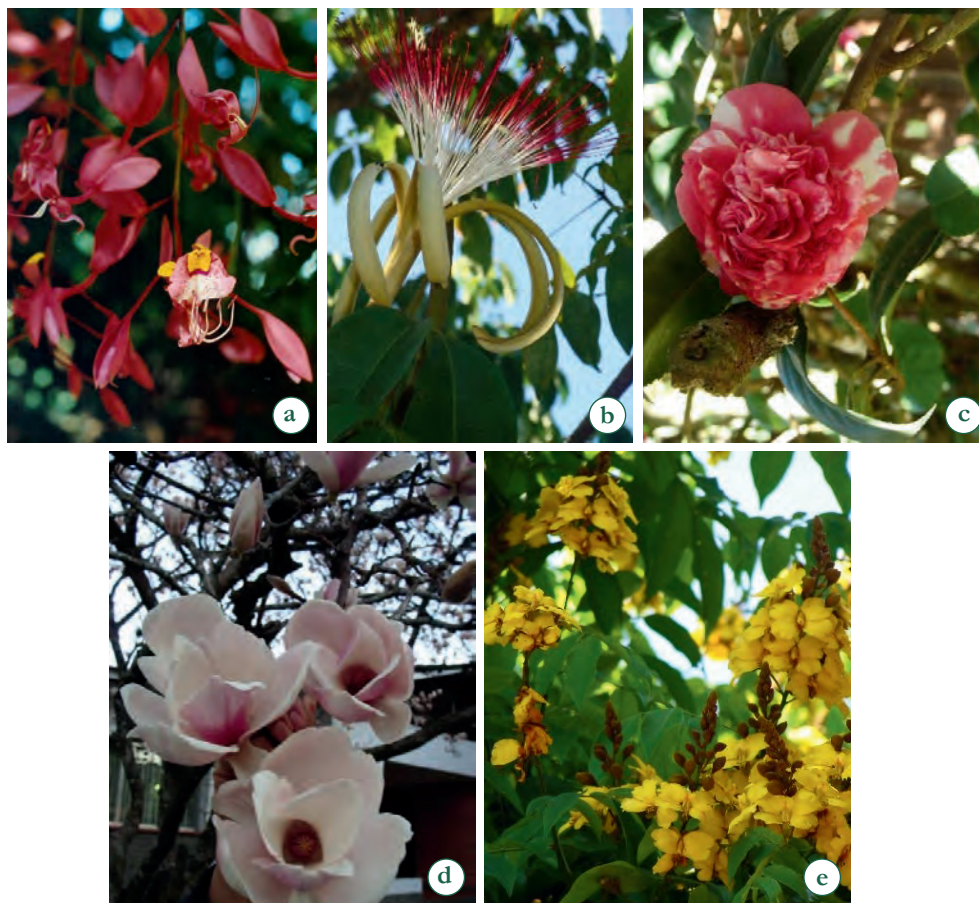
Considerando o conforto térmico proporcionado pela folhagem de sua copa, foram relacionadas 15 espécies com a característica de apresentar sombra abundante (Tabela 1, coluna Obs., SA: sombra abundante). Dentre estas, quatro foram classificadas como extremamente belas, cinco como muito belas e três como ornamentais, além de duas que exalam perfume de suas flores.

À distância, a árvore chama a atenção principalmente pelo porte, mas, à medida que se observa mais de perto, outras características passam a se destacar e a enriquecer seu valor ornamental. A beleza das árvores está associada geralmente a sua floração, seguido da folhagem, os frutos, o caule, as adaptações morfológicas, como p. ex. as sapopemas e pelo perfume exalado, além, naturalmente, do porte.

19.8. Floração

As flores constituem o mais refinado ornamento de uma árvore (Figura 3), embora nem todas possuam flores ornamentais. Em muitas espécies essas flores são pequenas, em outras ficam ocultas pelas folhas ou aparecem por pouco tempo. No Brasil, incluindo a Amazônia, há tantas árvores floríferas que, se desejar, poderá sempre haver uma florescendo durante os 12 meses do ano.

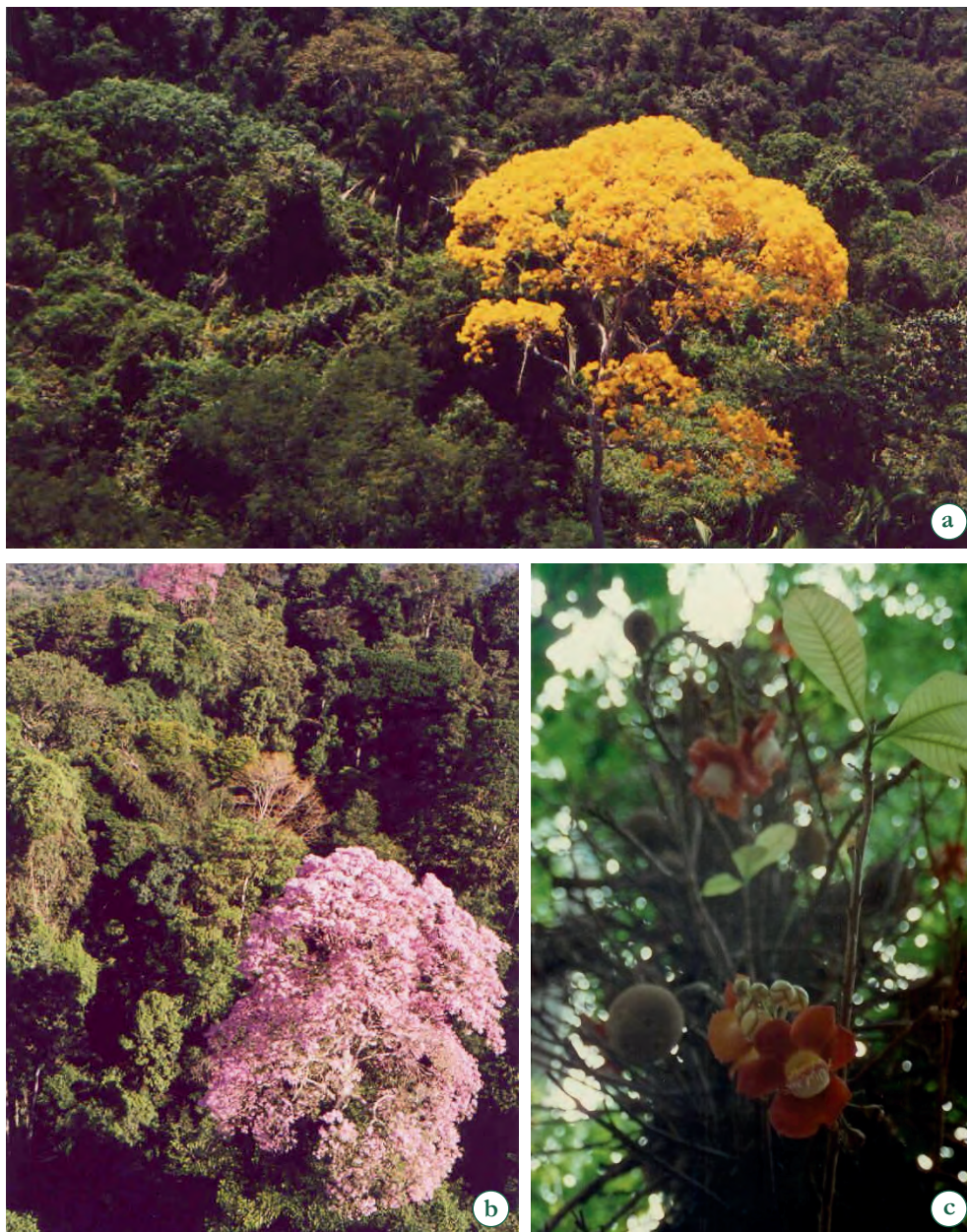
Figura 19.3 – Belas flores de a) *Amberestia nobilis*; b) *Pachira aquatica* (mamorana); c) *Brownea grandiceps* (rosa da mata); d) Espécie de Guttiferae e e) *Cenostigma tocantinum* (pau-preto).



Fonte: Autores.

A castanha-de-macaco (*Couroupita guianensis*), árvore amazônica de grande porte, produz flores vermelhas com fundo esbranquiçado, que aparecem quando os frutos do ano anterior ainda estão pendurados nos galhos; o ipê-amarelo (*Handroanthus serratifolius*) e o ipê-roxo (*Handroanthus impetiginosus*) mostram sua belíssima florada entre agosto e outubro; um mês antes perdem completamente suas folhas, seus cachos dourados ou roxos florescem, porém duram pouco (Figura 4).

Figura 19.4 – a) A belíssima floração do ipê-amarelo (*Handroanthus serratifolius*); b) Floração do ipê-roxo (*Handroanthus impetiginosus*) nos domínios da floresta tropical de terra firme da Amazônia – ambas as espécies são emergentes e podem apresentar troncos com diâmetros superiores a 100 cm e alturas entre 30-40 metros e c) Flor de castanha-de-macaco (*Couroupita guianensis*).



Fonte: Autores.

As flores podem aparecer em panículas grandes ou pequenas, em racemos, em umbelas, ou ainda solitárias, normalmente permanecendo nas pontas dos ramos. Mas, em algumas espécies de cacau (*Theobroma* spp.), brotam flores diretamente do caule (cauliflora) na sombra intensa da floresta; enquanto outras espécies produzem flores em panículas invertidas penduradas no fim de pedúnculos, com até um metro de comprimento [25].

A beleza de uma árvore pode ser classificada, de acordo com a percepção de quem a descreve, em três categorias: extremamente bela, muito bela ou ornamental. Foram identificadas 32 espécies como extremamente belas, das quais 19 indicadas para arborização de vias e 11 para áreas verdes (Tabela 1, coluna Obs., EB: extremamente bela). Outras 51 espécies foram classificadas como muito belas (MB), sendo 23 recomendadas para áreas verdes e 24 para vias públicas. Além disso, 30 espécies foram classificadas como ornamentais (OR) no Apêndice 1.

Adolpho Ducke, considerado o maior estudioso da flora amazônica, produziu trabalhos que permanecem como referência para a Botânica na região. Em seus registros, destacou *Heterostemon mimosoides* ('aiari') como a leguminosa (Fabaceae) mais bela da Amazônia [16]. Já *Brownea grandiceps* ('rosa da mata') é apontada como uma espécie de extrema beleza [15] (Figura 3).

19.9. Folhagem

Como mencionado anteriormente, à distância a árvore se destaca principalmente pelo porte, mas, à medida que se observa mais de perto, outras características ganham relevância e enriquecem seu valor ornamental. Pode-se então notar a beleza das folhas, com suas diferentes cores e texturas. Além da beleza, são responsáveis por oferecer sombras densas ou filtradas, de extremo conforto térmico, sobretudo na Amazônia. As folhas são classificadas como simples quando apresentam apenas uma lâmina em cada pecíolo; compostas são aquelas que possuem vários folíolos ao longo da nervura principal ou em torno de um único pecíolo; as que apresentam fendas ao longo das bordas são denominadas de lobadas.

Essas peculiaridades das folhas trazem consequências práticas quanto ao sombreamento: em alguns casos as do tipo simples produzem sombras densas, e as compostas e lobadas, sombras salpicadas. O tamanho e o formato das folhas também contribuem para o valor ornamental das árvores. Algumas espécies de embaúbas, como a *Cecropia hololeuca*, e a *Acacia holoserica* apresentam tons prateados de grande beleza. Já na maçaranduba (*Manilkara elata*), o surgimento das folhas novas resulta em uma copa de coloração amarelada, de destaque paisagístico (Figura 5b).

Algumas espécies, como o *Ficus gomelleira*, tem ampla distribuição no Brasil e ocorre também na Amazônia. Apresenta a lâmina foliar da face superior de cor verde-escura e na face inferior o verde-claro [26]; esta característica confere um valor paisagístico interessante e desejado em projetos de arborização urbana.

A dimensão das folhas pode variar na natureza: existem espécies com folhas muito grandes, como por exemplo a *Coccoloba* sp., natural da Amazônia, cujas folhas chegam a medir 2,5 m de comprimento por 1,4 m de largura descoberta e descrita pelo pesquisador Carlos Alberto Cid Ferreira, do Instituto de Pesquisa da Amazônia – INPA [17], enquanto outras espécies apresentam folhas pequenas.

Figura 19.5 – a) Os tons de prata apresentados pelas folhas lobadas de algumas espécies de embaúbas (*Cecropia hololeuca*) é de rara beleza e b) O tom amarelado das folhas novas da maçaranduba (*Manilkara elata*) são muito ornamentais.



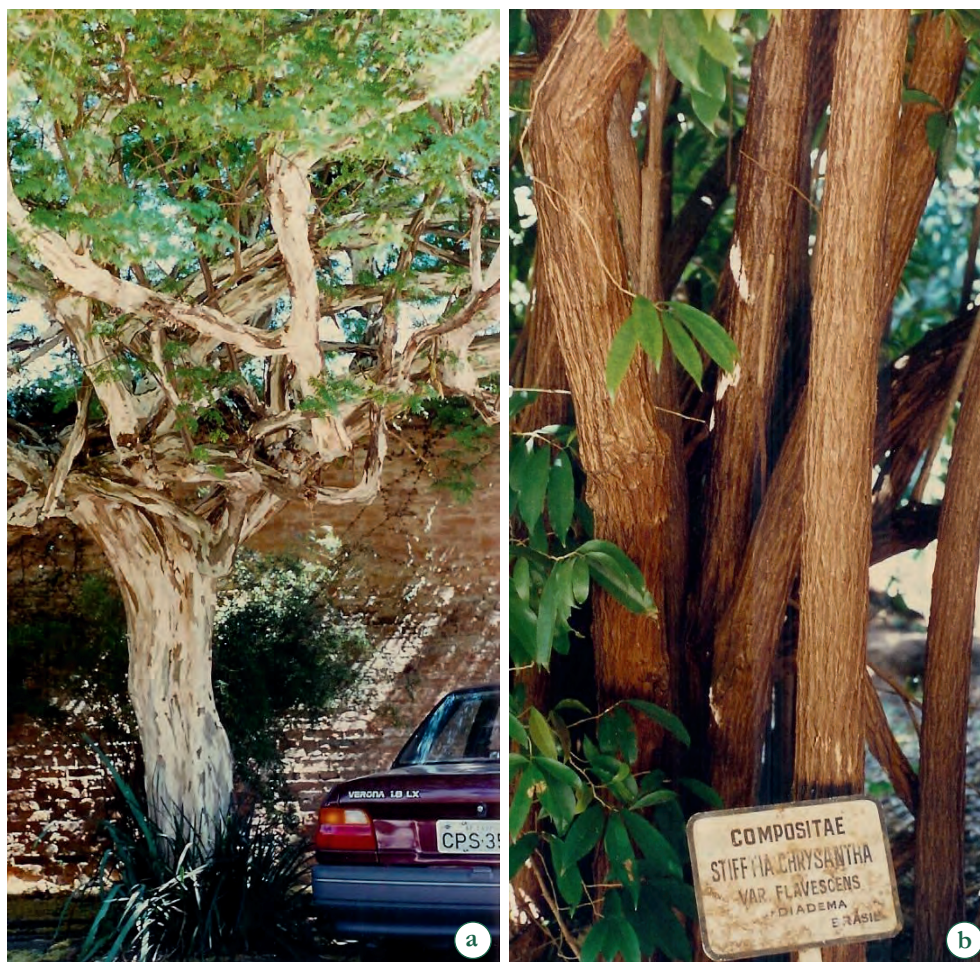
Fonte: Autores.

Seis espécies destacam-se pela folhagem altamente ornamental: *Cecropia concolor*, *Lecythis lurida*, *Nectandra reticulata*, *Parkia igneiflora*, *Swartzia ulei* e *Stryphnodendron adstringens*. Dessas, quatro são indicadas para plantio em vias públicas e duas para áreas verdes (Tabela 1).

19.10. Textura do tronco e sapopemas

Se as folhas valorizam as árvores pela delicadeza de sua textura, os troncos destacam-se pelo aspecto rústico, mas de grande beleza. Algumas espécies apresentam cascas sulcadas, formando linhas harmoniosas; outras descamam de maneira irregular, produzindo efeitos matizados. Espécies como o tararé (*Pithecolobium tortum*) e a *Stiffia chrysantha*, entre outras, destacam-se justamente por essa característica (Figura 6). No pau-brasil (*Paubrasilia echinata*), a beleza do tronco está no aspecto mosqueado, em que o descascamento revela partes da madeira cor de brasa. De forma semelhante, o pau-ferro (*Libidibia ferrea*) apresenta tronco com aparência marmorizada. Essa valorização do tronco é especialmente visível em árvores de copa alta ou em espécies que perdem suas folhas no inverno, deixando grande parte do tronco à mostra.

Figura 19.6 – Aspectos da beleza dos troncos de algumas espécies que justificaria sua escolha em função dessa característica: a) Tararé (*Pithecolobium tortum*); e b) *Stiffia chrysantha*.



Fonte: Autores.

Não se pode dissociar o porte da árvore do desenvolvimento do sistema radicular. Espécies como a palheteira (*Clitoria fairchildiana*), o flamboyant (*Delonix regia*) e o benjamimzeiro (*Ficus microcarpa*), entre outras, possuem raízes superficiais e vigorosas, que podem causar problemas quando plantadas em vias públicas ou canteiros estreitos. Por esse motivo, essas espécies são mais adequadas para praças e parques.

Entretanto, o fato de as raízes ficarem aparentes em algumas espécies nem sempre reflete uma característica natural da planta, mas sim uma reação a impedimentos do terreno ou à má formação da muda no viveiro. A atrofia ou ausência da raiz pivotante foi apontada como fator determinante na queda acidental de mangueiras em Belém [27].

Árvores gigantesas, como a samaúma (*Ceiba pentandra*), apresentam sapopemas (raízes tabulares que afloram junto à base do tronco) que lhes conferem um aspecto de vitalidade e mistério e que demoram anos até se formarem. Todavia, só podem ser aproveitadas em locais amplos, como praças e parques (Figura 7). Várias outras espécies amazônicas apresentam sapopemas com destaque, como a *Mora paraensis* (pracuúba branca) e a *Parkia pendula* (visgueiro) – Tabela 1.

Figura 19.7 – a–c) Exemplos de samaúma (*Ceiba pentandra*) com sapopemas, que são raízes tabulares que afloram junto à base do tronco e lhes conferem um aspecto de vitalidade e mistério.



Fonte: Autores.

19.11. Perfume

As flores com perfume são a minoria, mas existem algumas que podem ser percebidas até de bem longe pelo odor forte e agradável que exalam, como a *Inga odoratissima* [16]. Foram selecionadas 26 espécies com flores perfumadas relacionadas no Apêndice 1 (coluna Obs., FP: flores perfumadas), sendo 10 para uso em vias, e as demais 14, em áreas verdes.

19.12. Valor cultural e/ou local

Ao longo da história da ocupação humana diversas espécies arbóreas foram introduzidas pelos diferentes povos nas regiões colonizadas. Os portugueses e holandeses, ao perceberem a semelhança do nosso clima com os das regiões tropicais da África, Ásia e Oceania, foram os primeiros a introduzir árvores no Brasil, como as mangueiras, figueiras, ciprestes e flamboyants. Nos séculos seguintes, os imigrantes de diversos países começaram a chegar ao país e cultivar espécies, principalmente da Ásia e Europa [28].

Posteriormente, também da Oceania, foi introduzida no país a espécie mais cultivada no mundo atualmente, o eucalipto (*Eucalyptus* spp., família Myrtaceae), que se adapta às mais variadas condições ambientais, tanto de precipitação quanto de temperatura [29]. Originárias da Austrália, as primeiras espécies foram introduzidas no Brasil em 1868, nos estados do Rio Grande do Sul e Rio de Janeiro [30]. Algumas delas possuem grande valor ornamental, como o eucalipto-azul (*Eucalyptus cinerea*).

Diversas árvores se destacam na cultura paisagística étnica das diferentes regiões do Brasil. Os plátanos (*Platanus* spp.) dos italianos, o cipreste (*Cupressus* spp.) dos portugueses, a noqueira-de-iguapé (*Aleurites mollucanus*) dos açorianos, os pinheiros (*Pinus* spp.) dos alemães e asiáticos, os flamboyants (*Delonix* spp.) de Madagascar, os alfeneiros do Japão, as figueiras (*Ficus* spp.) da Índia, as casuarinas (*Casuarina* spp.) da Austrália, as tamareiras (*Phoenix* spp.) das Ilhas Canárias,

as cicas (*Cyca* spp.) da Indonésia e, nacionalmente, o cinamomo (*Melia azedarach*) dos gaúchos, as mangueiras (*Mangifera* spp.) dos belenenses e o pau-brasil dos brasileiros [31]. Como destacado textualmente, “todas elas possuem alguma razão cultural para o seu uso, seja para produzir sombra, alimento, utensílios ou simplesmente embelezar a paisagem, e, talvez, remeter às tradições de sua terra de origem”.

Muitas vezes, a tradição leva ao estabelecimento de mecanismos institucionais que visam preservar determinada espécie e incentivar seu plantio, resultando na criação de leis específicas. Assim, além da tradição cultural, há também proteção legal e institucional. No caso do pau-brasil (*Pau-brasilia echinata*), trata-se da espécie mais intimamente ligada à história do Brasil desde o período do descobrimento (Figura 8). No Pará, especialmente em Belém, as mangueiras (*Mangifera* spp.) fazem parte inseparável da paisagem urbana, a ponto de a cidade ser reconhecida nacionalmente como a “cidade das mangueiras”, sendo a espécie protegida por leis municipais, mesmo se tratando de uma árvore exótica, originária da Ásia (Ceilão, Índia e Malásia) (Figura 8).

Figura 19.8 – a) Exemplares de mangueiras (*Mangifera* spp.) plantadas em ruas de Belém, muitas vezes formando alamedas e b) Exemplar de pau-brasil (*Pau-brasilia echinata*) plantado na Embrapa Amazônia Oriental, também em Belém.



Fonte: Autores.

19.13. Considerações finais

Do total de 151 espécies apresentadas com uso atual e potencial no paisagismo urbano das cidades paraenses e, também daquelas situadas na faixa equatorial, podendo ter o uso também estendido às demais cidades brasileiras, 89 são adequadas às vias urbanas (calçadas, ruas e avenidas com canteiros centrais), sendo que 43 espécies são indicadas para o plantio em ruas estreitas. As demais 54 são adequadas para o plantio nas áreas verdes como praças e parques – oito espécies não foram classificadas por não se dispor de informações da altura da árvore adulta.

Fundamentalmente, a beleza é a qualidade mais desejada em uma árvore para uso em projetos paisagísticos. Essa beleza pode se revelar através das flores e inflorescências (com ou sem perfume); das folhagens em suas diversas texturas e tons; da forma e matizes dos troncos; das estruturas radiculares, como as ‘misteriosas’ e vigorosas sapopemas e, também, pelo porte – sobretudo das grandes árvores.

Entre as 151 espécies analisadas, 32 foram consideradas como de extrema beleza, 49 como muito belas e 70 como ornamentais; com flores perfumadas foram identificadas 26 espécies arbóreas. Consideradas como de conformação de copa, que propiciam sombra abundante, foram selecionadas 15 espécies. Com troncos matizados e de forma atípica foram relacionadas seis espécies e, com sapopemas, foram destacadas outras três. As árvores de grande porte, que impressionam graças à grande altura (entre 15 e 40 m) e diâmetros elevados (raramente inferiores a 1,0 m, podendo chegar a 2-3 m) perfizeram um total de 37 espécies.

Além disso, diversas espécies, entre as 151 analisadas, apresentam múltiplos atributos: três combinam extrema beleza e flores perfumadas; quatro, extrema beleza e sombra abundante; seis, muito belas e flores perfumadas; duas, muito belas, flores perfumadas e sombra abundante; cinco, muito belas e sombra abundante; dezessete, ornamentais e flores perfumadas; e quatro, ornamentais e sombra abundante. Essas espécies podem ser utilizadas tanto em vias públicas, incluindo ruas estreitas, quanto em praças e parques.

19.14. Agradecimentos

Nélson Araújo Rosa (1949–2024), botânico autodidata paraense, dedicou quase cinco décadas ao estudo da flora amazônica. Trabalhou no IPEAN/CPATU/Embrapa e no Museu Goeldi, integrando grandes programas de inventários florísticos como RADAM, Flora Amazônica e Carajás. Com memória prodigiosa e vasto conhecimento de campo, realizou 5.741 coletas registradas em herbários, publicou 35 artigos e auxiliou na descrição de novas espécies, entre elas o **Pinheiro-da-Amazônia** (*Retrophyllum piresii*), sua descoberta mais emblemática.

Homenageado com diplomas, medalhas e espécies que levam seu nome, “seu” Nélson foi respeitado pela precisão científica e admirado pela humildade e generosidade. Seu legado é o de um verdadeiro **cientista da Amazônia**, que mesmo sem formação acadêmica formal conquistou reconhecimento nacional e internacional.

19.15. Referências

- [1] Gonçalves LM, Silva T, Oliveira R, Ribeiro M. Arborização urbana: a importância do seu planejamento para qualidade de vida nas cidades. *Ensaio Ciênc.* 2018;22(2):128-36.
- [2] Silva MC. Arborização urbana de quatro cidades do leste de Mato Grosso do Sul [dissertação]. Jataí (GO): Universidade Federal de Goiás; 2013.
- [3] Emer AA, Silva L, Cadorin DA, Mello NA. Avaliação quantitativa e qualitativa da arborização do bairro Santa Terezinha na cidade de Pato Branco (PR). *Âmbiência.* 2013;9(1):129-43.
- [4] Faria RF, Sousa VR, Miranda SC. Arborização urbana da cidade de Itapuranga, Goiás. *Rev Soc Bras Arbor Urb.* 2014;9(2):101-17.

- [5] Duarte TEP, Silva GF, Oliveira MG, Souza PR. Reflexões sobre arborização urbana: desafios a serem superados para o incremento da arborização urbana no Brasil. *Rev Agro Amb*. 2018;11(1):327-41.
- [6] Tabacow J. Universalidade de Roberto Burle Marx. *Rev Bras Hort Orn*. 1996;2(1):1-3.
- [7] Rodrigues RR, Gandolfi S, Nave AG, Aronson J, Barreto TE, Vidal CY, et al. Large-scale ecological restoration of high-diversity tropical forests in SE Brazil. *For Ecol Manage*. 2011;261(10):1605-13.
- [8] Silva KE, Martins SV, Ribeiro CAA, Santos NT, Azevedo CP, Matos FDA, et al. Floristic composition and similarity of 15 hectares in Central Amazon, Brazil. *Rev Biol Trop*. 2011;59(4):1927-38.
- [9] Joly CA, Assis MA, Bernacci LC, Tamashiro JY, Campos MCR, Gomes JAM, et al. Florística e fitossociologia em parcelas permanentes da Mata Atlântica do Sudeste do Brasil ao longo de um gradiente altitudinal. *Biota Neotrop*. 2012;12(1):125-45.
- [10] Moro MF, Westerkamp C, Araújo FS. How much importance is given to native plants in cities' treescapes? A case study in Fortaleza, Brazil. *Urban For Urban Green*. 2014;13(2):365-74.
- [11] Moro MF, Castro ASF. A checklist of plant species in the urban forestry of Fortaleza, Brazil: where are the native species in the country of megadiversity? *Urban Ecosyst*. 2015;18(1):47-71.
- [12] Anderson-Teixeira KJ, Miller AD, Mohan JE, Hudiburg TW, Duval BD, De Lucia EH. Altered dynamics of forest recovery under a changing climate. *Glob Change Biol*. 2013;19(7):2001-21.
- [13] Ogata R, Gomes EPC. Estrutura e composição da vegetação no Parque CEMUCAM, Cotia, SP. *Hoehnea*. 2006;33:371-84.
- [14] Brasil HMS. Caracterização da arborização urbana: o caso de Belém. Belém: FCAP, Serviço de Documentação e Informação; 1995.
- [15] Lorenzi H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Vol. 3. 2ª ed. Nova Odessa: Editora Plantarum; 2016.
- [16] Ducke A. Notas sobre a flora neotrópica – II: As Leguminosas da Amazônia Brasileira. *Bol Téc Inst Agron Norte*. 1949;18:3-248.
- [17] Ribeiro JELS, Hopkins MJG, Vicentini A, Sothers CA, Costa MAS, Brito JM, et al. Flora da Reserva Ducke: guia de identificação das plantas vasculares de uma floresta de terra-firme na Amazônia Central. Manaus: INPA; 1999.
- [18] Silva MF, Lisboa PLB, Lisboa RCL. Nomes vulgares de plantas amazônicas. Belém: INPA; 1997.
- [19] Silva MF, Souza LAG, Carreira LMM. Nomes populares das leguminosas do Brasil. Manaus: EDUA/INPA/FAPEAM; 2004.
- [20] Lorenzi H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Vol. 2. 5ª ed. Nova Odessa: Editora Plantarum; 2016.
- [21] Corrêa MP. Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal; 1969-78. 3 v.
- [22] Corrêa MP. Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas. Rio de Janeiro: Imprensa Nacional; 1926-52. 3 v.
- [23] Lorenzi H, Mello Filho LE. As plantas tropicais de Burle Marx. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora; 2001.
- [24] Puttemans A. As árvores em relação a architectura paisagista. *Rev Florestal*. 1930;2(1):36-9.

- [25] Knowles OH. Flores de cipós do Trombetas. Oriximiná: Mineração Rio do Norte; 1988.
- [26] Carauta JPP, Diaz BE. Figueiras no Brasil. Rio de Janeiro: Editora UFRJ; 2002.
- [27] Calzavara BBG, Morais VHF. O problema da queda acidental de mangueiras em Belém. Belém: Instituto de Pesquisa e Experimentação Agronômica do Norte-IPEAN (Embrapa Amazônia Oriental); 1969.
- [28] Backes P, Irgang B. Árvores cultivadas do Sul do Brasil: guia de identificação e interesse paisagístico das principais espécies exóticas. Porto Alegre: Gráfica Serafinense; 2004.
- [29] Sharma J. Development of biotechnological tools for the genetic improvement of selected elite clones of *Eucalyptus tereticornis* Sm. [dissertation]. Patiala: Thapar Institute of Engineering and Technology; 2006.
- [30] Silveira RLA. Evaluation of the nutritional status of *Eucalyptus*: visual and foliar diagnosis and their interpretation. In: Gonçalves JLM, Benedetti V, editors. Forest nutrition and fertilization. Piracicaba: IPEF; 2004. p. 85-111.
- [31] Backes P, Irgang B. Árvores cultivadas do Sul do Brasil: guia de identificação e interesse paisagístico das principais espécies exóticas. Porto Alegre: Gráfica Serafinense; 2004.

Capítulo 20

CARACTERIZAÇÃO FLORÍSTICA DE RONDÔNIA E INDICAÇÃO DE ESPÉCIES NATIVAS POTENCIAIS PARA ARBORIZAÇÃO URBANA

Por Ronaldo Oliveira dos Santos, Rubiene Neto Soares, Alana Carine Sobrinho Soares da Costa, Glenda Kely de Araújo Santana, Clodoaldo Marques da Costa, Patrick de Castro Cantuária, Salustiano Vilar da Costa Neto e Breno Marques da Silva e Silva

20.1. Destaques deste capítulo

1. O processo de ocupação de Rondônia ocorreu com rápida expansão informal, que remove cobertura vegetal e dificulta a arborização planejada;
2. O planejamento da arborização deve considerar a autoecologia, o espaço e o manejo das espécies, para garantir a entrega de serviços ecossistêmicos e retorno econômico superior;
3. Faltam informações a respeito das espécies usadas na arborização das cidades. Porém, os poucos dados informam que há grande proporção de uso de espécies exóticas;
4. Devem ser usados critérios de seleção seguros para a arborização, bem como considerar a tecnologia de sementes para a produção das mudas;
5. A realização de pesquisas, o fortalecimento de viveiros e o uso de sensoriamento remoto são caminhos úteis para a implementação da arborização urbana.

20.2. Introdução

Neste capítulo, o foco está na contextualização de forma objetiva e sucinta de como aconteceu o processo de urbanização do estado de Rondônia e como essa transformação desencadeou para a formação dos municípios. As compreensões sobre a forma de como as cidades surgiram e se organizaram traduzem o desenho urbanístico no âmbito da maneira que o planejamento da arborização foi idealizado nesses espaços urbanos.

Além disso, foi abordada a importância de um bom planejamento das florestas urbanas, especialmente dentro do contexto da problemática ambiental, pois é notório o quanto o crescimento das cidades em todas as partes do mundo vem ocasionando efeitos negativos para a saúde do planeta e de seus moradores. Atualmente, esse crescimento representa um enorme desafio para a gestão pública, a iniciativa privada e as pessoas conciliarem a floresta urbana com expansão da urbanização.

A escolha de árvores nativas para áreas verdes urbanas é essencial para garantir sustentabilidade, beleza e segurança nas cidades. Elas se adaptam melhor ao clima local, exigem menos

manutenção e ajudam a preservar a biodiversidade. Por essas razões, com base na literatura sobre a ocorrência de espécies nativas da região amazônica e em listas de inventários realizados na arborização viária no próprio estado de Rondônia são apresentadas informações sobre seis espécies arbóreas nativas com potencial para serem inseridas na paisagem urbana das cidades na Amazônia brasileira. Ressalta-se que as sugestões dessas espécies florestais são apenas embasadas em orientações e indicações técnicas sobre o comportamento ecológico da planta a ser introduzida, pois conforme se discute ao longo deste capítulo, há limitações técnicas sobre as informações de natureza silviculturais da flora local que precisam ser aprofundadas para um melhor planejamento da inserção dessas plantas no ambiente urbano.

20.3. O processo de urbanização em Rondônia

A concepção do território adotada na presente abordagem baseia-se na vertente do dinamismo socioeconômico, ambiental e cultural, especialmente nas relações sociais de diferentes processos históricos da colonização em Rondônia. O processo de ocupação começou de forma efetiva a partir da descoberta da borracha na segunda metade do século XIX, sendo que a comercialização desse material foi impulsionada pela Revolução Industrial e pela crescente demanda por pneus na Europa, tornando a Amazônia brasileira uma vitrine bastante cobiçada. O mercado da borracha tornou-se atividade comercial essencial para a economia brasileira na época. A busca e extração da matéria-prima, o látex, extraído da seringueira (*Hevea brasiliensis*), foi o motivo da movimentação da economia e a migração para a região amazônica [1].

Foi no período do ciclo da borracha que iniciaram a construção das primeiras estradas de ferro, o que levou ao aparecimento de diversos adensamentos populacionais ao longo das ferrovias. A partir desses primeiros aglomerados, surgiram vilas, que posteriormente se transformaram em cidades, sendo que Porto Velho e Guajará-Mirim foram os primeiros municípios a se consolidarem. Também nesse período se efetivou a criação de uma rota estratégica que fizesse uma ligação terrestre da fronteira oeste com o restante do Brasil, a BR-364, uma rodovia essencial para a integração da Amazônia [1].

Com o declínio econômico do ciclo da borracha, como alternativa destacou-se a produção agrícola voltada para a agricultura familiar, impulsionada por investimentos para contornar a crise. Nesse contexto, foi criado em Rondônia pelo governo de Getúlio Vargas o primeiro programa de colonização agrícola, cuja finalidade era fixar populações camponesas na fronteira do país [2]. Todavia, a maioria das colônias agrícolas não prosperaram devido a várias razões, principalmente associadas à baixa fertilidade do solo e à falta de assistência técnica e financeira.

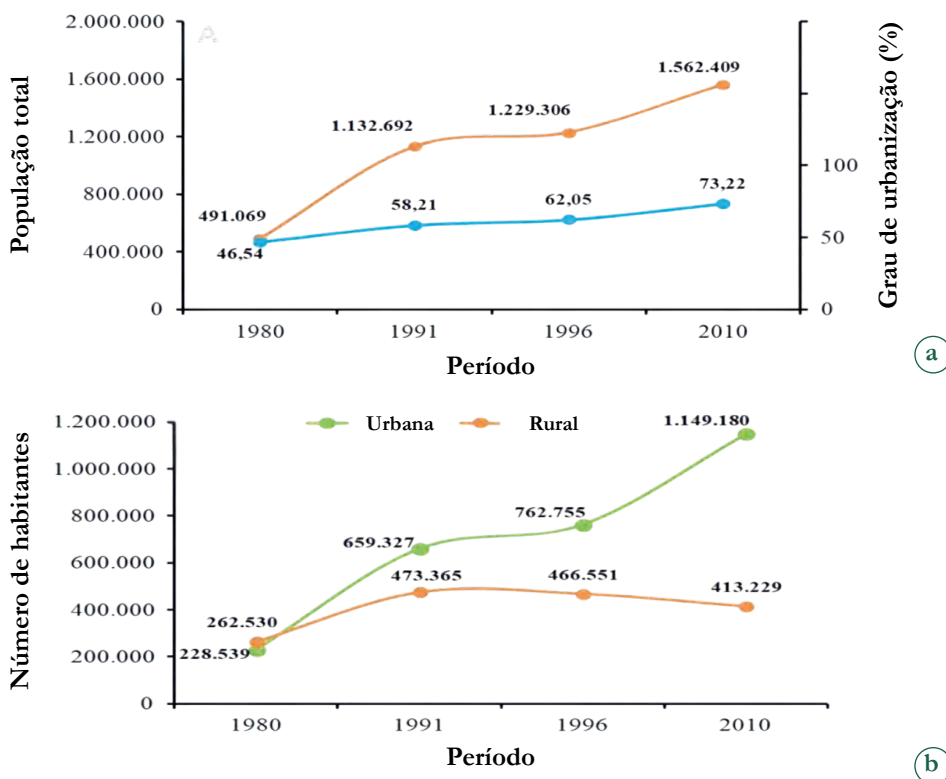
Com a interrupção da produção da borracha pela Ásia durante a Segunda Guerra Mundial, houve o retorno do interesse do mercado internacional pela borracha confeccionada no Brasil, o que levou à retomada da exportação do látex, dando início ao segundo ciclo da borracha [1]. Nesse contexto, deslocou-se novamente um grande contingente de pessoas para Rondônia em busca de terra e de trabalho. Novas vias de acesso terrestre foram construídas, a fim de facilitar a integração da Amazônia com as demais regiões brasileiras. Durante esse período, a economia local passaria por uma série de transformações, especialmente a partir do interesse estatal pela região.

A partir da criação dos projetos de colonização agrícola (1970-1984), Rondônia passou a receber um grande fluxo migratório, o que levou o estado a ter a maior taxa de crescimento das últimas décadas. Diante disso, entende-se que o processo de urbanização no estado aconteceu, sobretudo, associado aos desdobramentos da vertente da integração da Amazônia, relacionado ao ciclo econômico do setor extrativista, conforme já mencionado anteriormente.

Nessa ótica, pode-se afirmar que o resultado desse processo de integração do ponto de vista socioeconômico foi o surgimento de novos núcleos urbanos. Essa expansão transformou a paisagem, pequenos lotes agrícolas rodeados pela vegetação nativa deram espaço para a modernização do modo de vida de produção tecnocientífico dominante. Em resumo, a rede urbana de Rondônia é composta, basicamente, pelos núcleos demográficos ao longo da BR-364, destacando-se além da capital Porto Velho, as cidades do centro-sul do estado em função de certo dinamismo agroindustrial [2].

No Brasil, mais de 84% da população vive em centros urbanos, e no estado de Rondônia esse percentual é superior a 72% de acordo com os dados censitários realizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) [3]. A população rondoniense cresceu consideravelmente entre os anos de 1980 e 2010, assim como houve também um aumento na taxa de urbanização nesse período (Figura 1a), sendo que, atualmente, a maioria dos habitantes reside mais nos centros urbanos em comparação ao meio rural (Figura 1b).

Figura 20.1 – a) Representação da evolução (1980-2010) do crescimento populacional do estado de Rondônia em relação ao crescimento da taxa de urbanização; b) Gráfico referente à evolução da população no meio urbano e rural do estado.



Fonte: Adaptado de dados do IBGE [3].

O aumento populacional, sobretudo com maior concentração nas cidades, está relacionado ao crescimento da atividade industrial tanto no domínio da economia formal quanto da informal, principalmente após a década de 1980 [2]. A densidade demográfica em Rondônia é de 6,65 hab./km², com uma taxa de crescimento demográfico de 1,2% ao ano. Em 2025, a população estimada do estado é de 1.751.950 habitantes [3]. O início da urbanização geralmente implica na remoção da cobertura vegetal existente para a implantação da infraestrutura das cidades. No caso da ocupação informal, esse processo acontece de forma desordenada, pois há uma configuração irregular da malha urbana com a população que ali reside. Esse conflito ocorre devido à ocupação nas áreas mais sensíveis, isto é, nos espaços onde vivem populações de baixa renda que buscam uma alternativa habitacional para viver com um mínimo de dignidade frente à baixa ou por vezes ausência da assistência estatal.

Nesse prisma, pode-se dizer que as configurações na maioria das cidades brasileiras ao longo do tempo foram se estabelecendo sem o adequado planejamento urbano, pois é evidente que houve perdas significativas da cobertura florestal por meio do processo de urbanização, sobretudo, das ocupações desordenadas, as chamadas favelas que surgem gradativamente nos grandes centros urbanos nos estados brasileiros.

O Projeto de Coberturas de Favelas no Brasil [4], por meio de imagens de satélite, confirmou que no país 4,6% do crescimento de áreas urbanizadas entre 1985 e 2020 têm características de ocupação informal. Outra informação preocupante reportada nesse estudo diz respeito ao percentual desse aumento urbanístico informal sobre os biomas, sendo que a Amazônia lidera essa expansão com 18,2% de suas áreas urbanas ocupadas por favelas. No contexto de Rondônia, a distribuição espacial da população em área urbana, embora intensa, é extremamente dispersa, fruto da polarização regional, consequência dos múltiplos projetos estatais, estruturantes e exploratórios ocorridos [5].

Estes indicadores são importantes para a compreensão das alterações territoriais e da constituição do ambiente urbano em Rondônia, que se desenrola a partir dos movimentos de ocupação regional. Assim, não é de se esperar que as cidades rondonienses apresentem uma configuração sustentável em termos de um bom planejamento da arborização das vias públicas, as denominadas áreas verdes. O mesmo pode-se dizer sobre a maioria das cidades das demais unidades federativas do país, pois a coexistência das árvores com as áreas urbanas não é fácil, sobretudo em cenários onde ocorrem ocupações informais. Em comunidades periféricas, a arborização é distinta dos demais locais da cidade. Pode haver, inclusive, diferenças em como a população se relaciona com as espécies plantadas [6].

20.4. Planejamento e benefícios dos espaços verdes urbanos

Quando se imagina a introdução de arborização no meio urbano, o primeiro elemento levado em consideração por muitos gestores é o aspecto paisagístico traduzido no embelezamento das cidades. Entretanto, além desse aspecto, é fundamental a adoção de critérios técnicos que irão auxiliar, sobretudo, na escolha das espécies a serem introduzidas, dos tratamentos silviculturais em médio e longo prazo e do local correto destinado para o plantio das espécies de acordo com suas características autoecológicas.

Ainda sobre o planejamento da arborização, muitos estudos na literatura [7-10] demonstram que a maioria das cidades brasileiras não segue uma boa diretriz de implantação de gestão de forma adequada da flora urbana. Esses estudos indicam que a administração verde de muitas cidades está alicerçada em métodos puramente empíricos, causando prejuízos de ordem financeira para o poder público, como: constantes serviços de manutenção, substituição e remoção de árvores possivelmente infectadas por pragas, inviáveis ao passeio ou em conflito com a rede de distribuição elétrica.

O planejamento da arborização urbana gera benefícios que transcendem o aspecto meramente ambiental, sendo que os ganhos de uma gestão eficiente do verde urbano geram consequentemente um retorno positivo nos diversos setores da vida em sociedade. Do ponto de vista econômico, as características estruturais e funcionais das árvores têm relação direta com o valor monetário que a planta pode fornecer anualmente. Uma árvore pequena tem potencial para gerar US\$ 44,00 por ano de retorno para cada dólar investido, enquanto uma árvore grande gera US\$ 140,00 por ano [11]. Esses resultados mostram o quanto é importante investir na silvicultura urbana, pois os benefícios produzidos pela flora compensam o custo de implantação e manejo da arborização na malha viária.

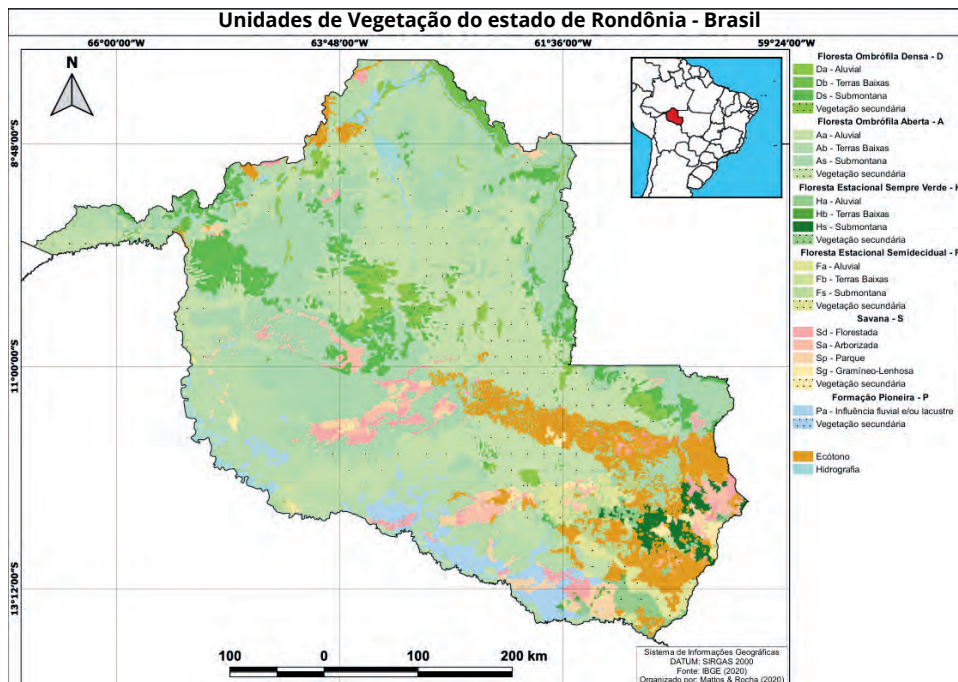
As árvores inseridas no ecossistema urbano desempenham um papel socioambiental fundamental em qualquer país ou região, contribuindo para o alcance de metas globais. Dentre os diversos benefícios que a flora urbana pode proporcionar estão: redução da poluição sonora, melhoria no conforto térmico, melhoria da saúde física e mental da população, abrigo à fauna silvestre, conservação genética de espécies nativas, infiltração das águas pluviais, corredor ecológico, sequestro e armazenamento de carbono [11-14].

Um ponto importante a ser discutido sob a ótica dos benefícios dos espaços verdes urbanos é sobre o papel desempenhado pelas espécies nativas na conservação da diversidade biológica e das relações ecológicas que mantêm com a fauna silvestre. A silvicultura urbana acaba servindo como corredor da biodiversidade por meio de fragmentos dentro da estrutura arquitetônica das cidades. Dessa forma, as árvores autóctones são interessantes na perspectiva ambiental, pois atraem a fauna a elas associadas tornando o ambiente mais agradável.

No caso da região amazônica, existe uma variedade de espécies que podem ser empregadas nos espaços urbanos. No entanto, o processo de introdução de certas plantas autóctones não é realizado, seja pela falta de obtenção de mudas no mercado regional, seja pela dificuldade de obtenção de sementes para produção de mudas ou pelo simples fato da conveniência das prefeituras das cidades brasileiras optarem por espécies exóticas em vez das nativas. Esta última premissa é corroborada por estudo recente, demonstrando que a inserção de espécies exóticas na arborização urbana é superior às de nativas nos nove estados da Amazônia Legal, revelando um grande paradoxo em relação à riqueza florística presente no bioma amazônico [10].

No contexto de Rondônia, existe uma grande diversidade das unidades fitogeográficas, com diversas espécies arbóreas nativas (Figura 2). Com base na compilação de estudos sobre a arborização urbana disponíveis na literatura desse estado, foi elaborada uma matriz florística com informações das espécies nativas mais frequentes encontradas em inventários florestais (Tabela 1). Cabe salientar que essa matriz não representa a totalidade de espécies nativas existentes no estado, uma vez que as pesquisas sobre arborização em Rondônia até o presente momento restringem-se aos estudos realizados em Cocal [15], Porto Velho [16], Ji-Paraná [17,18] e Itapuã do Oeste [19].

Figura 20.2 – Unidades fitogeográficas do estado de Rondônia.



Fonte: Mattos e Rocha; IBGE.

Tabela 20.1 – Lista da composição florística de espécies nativas inseridas na arborização urbana do estado de Rondônia; e suas descrições quanto à Família botânica; Hábito de crescimento (Arv – Arbóreo, Arb – Arbustivo, Subarb – Subarbustivo, Her – Herbácea, Palm – Palmeira); Grupo Ecológico – GE (Pi – Pioneira, Si – Secundária inicial, St – Secundária tardia, Climácica – Cl); e Dormência em sementes.

Família/Espécie	Nome popular	Hábito	GE*	Dormência**
Anacardiaceae				
<i>Anacardium occidentale</i> L.	cajeeiro	Arv	Pi	Não
Annonaceae				
<i>Annona mucosa</i> Jacq.	biribá	Arv	St	Morfológica
Arecaceae				
<i>Bactris gasipaes</i> Kunth.	pupunha	Palm	Pi	Física; morfológica
<i>Enterpe oleracea</i> Mart.	açaizeiro	Palm	Cl	Mecânica
<i>Mauritia flexuosa</i> L.f.	buritizeiro	Palm	Cl	Física
Bignoniaceae				
<i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl.) S.Grose	ipê-cascudo	Arv	St	Não
Chrysobalanaceae				
<i>Moquilea tomentosa</i> Benth.	oiti	Arv	St	Não
Euphorbiaceae				
<i>Jatropha gossypifolia</i> L.	pinhão-roxo	Arb	N.I.	N.I.

(continua)

(continuação)

Família/Espécie	Nome popular	Hábito	GE*	Dormência**
Fabaceae				
<i>Clitoria fairchildiana</i> R. A. Howard	faveira	Arv	Si	Não
<i>Inga edulis</i> Mart.	ingá-cipó	Arv	Si	Não
<i>Inga laurina</i> (Sw.) Willd.	ingá-branco	Arv	Si	Não
<i>Senna spectabilis</i> var. <i>spectabilis</i> (DC.) H. S. Irwin & Barneby	cássia-do-nordeste	Arv	Pi	Física
Lecythidaceae				
<i>Bertholletia excelsa</i> Bonpl.	castanheira	Arv	Cl	Física; Morfológica
Lythraceae				
<i>Physocalymma scaberrimum</i> Pohl	pau-de-rosas	Arv	Pi	Não
Malvaceae				
<i>Pachira aquatica</i> Aubl.	munguba	Arv	Pi	Não
<i>Theobroma cacao</i> L.	cacaueiro	Arv	Si	Não
<i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. ex Spreng.) K.Schum.	cupuaçuzeiro	Arv	Si	Não
Moraceae				
<i>Ficus citrifolia</i> Mill.	figueira-mata-pau	Arv	Pi	N.I.
Myrtaceae				
<i>Eugenia florida</i> DC.	pitanga	Arb	St	N.I.
<i>Psidium guajava</i> L.	goiabeira	Arv	Pi	Física
Sapotaceae				
<i>Pouteria caimito</i> (Ruiz & Pav.) Radlk.	abieiro	Arv	St	Não
Urticaceae				
<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul	embaúba	Arv	Pi	Não

Fonte: Autores.

Nota: N.I. – Não Identificado (nada consta na literatura existente).

* Classificação de acordo com Gandolfi, et al. [20]

**Classificação de acordo com Smith, et al. [21]

Dos 52 municípios existentes no estado, em apenas quatro são encontradas informações acerca da florística nos ambientes urbanos. Esse fato demonstra a falta de mais estudos de inventários diagnósticos nas demais cidades rondonienses, sendo que a consequência da ausência de informação acarreta sérias implicações para o gestor público na tomada de decisões no que tange ao planejamento de um Plano Diretor para as cidades. Nesse sentido, o conhecimento da flora nativa local é o primeiro passo para a garantia da sua valorização e o resgate da identidade regional, tendo em vista que muitos municípios não dão a devida importância para sua exuberante diversidade florística, restringindo a arborização urbana em uma baixa concentração de espécies, sendo em sua maioria exóticas.

Com relação ao planejamento do verde urbano, apenas a capital do estado, Porto Velho, possui instituído por meio da Lei Complementar nº 590 de 2015 o seu Plano Diretor, em que disciplina a gestão e manutenção das áreas verdes na cidade em questão. No referido instrumento normativo em seu Art. 7º, inciso I, destaca-se a preferência por espécies nativas regionais em projetos de arborização de vias e terrenos privados, com mínimo de 60% de espécies nativas, além de proibir o plantio de espécies exóticas invasoras [22].

Embora essa norma discipline um percentual considerável de espécies nativas, o que se observa na prática, em muitos casos, é o uso expressivo das árvores exóticas. Essa não observância para a inserção de espécies autóctones pode ser explicada pelo desconhecimento da legislação ambiental em vigor, seja pelos profissionais dos órgãos competentes, seja pela população, que introduz certas plantas no ambiente viário sem ter o conhecimento técnico/científico da espécie que está sendo inserida.

Do ponto de vista científico da vegetação, demonstra-se por meio desse quadro que com o acesso das informações essenciais sobre a ecologia das plantas é possível sugerir quais espécies serão inseridas no ambiente viário de acordo com seu estágio sucessional. Além disso, outro mecanismo que pode ajudar nessa escolha é o conhecimento da tecnologia das sementes, sendo uma condição de suma importância, uma vez que auxilia o viveirista no planejamento de produção de mudas para atender à demanda da arborização na cidade e no campo.

Conforme mencionado, um critério fundamental que pode ser recomendado na gestão da arborização urbana está relacionado ao grupo sucessional inerente a cada espécie vegetal. Os grupos pioneiros e secundários iniciais têm preferência para a silvicultura urbana, haja vista que espécies desses grupos apresentam rápido crescimento, produzem banco de sementes e são tolerantes à luz solar [23]. Nesse sentido, devido a essas características, o recomendável é a inserção de plantas desses grupos em que a arborização esteja em processo inicial. Todavia, as espécies dos grupos das secundárias tardias e climácicas são mais seletivas quanto aos fatores ambientais, pois apresentam crescimento lento, não toleram grandes incidências de luminosidade e necessitam de um ambiente já colonizado. Por esse motivo, são mais recomendadas em áreas que já se encontram arborizadas.

Além do critério sucessional das espécies arbóreas, o conhecimento da tecnologia da semente também é muito útil na escolha da planta para arborização urbana, principalmente no processo de produção de mudas, visto que a semente é o mecanismo mais rápido e eficiente para a difusão de novos cultivares [21].

As espécies arbóreas apresentam uma diversidade de sementes que variam significativamente tanto nos aspectos morfológicos quanto fisiológicos [24]. Essa variação morfofisiológica se reflete na qualidade de mudas produzidas em viveiros, tendo em vista que a maioria das fanerógamas apresentam padrões desuniformes de germinação fazendo-se necessário o desenvolvimento de metodologias específicas para atender às necessidades de cada espécie, principalmente quando esta apresenta o processo de dormência [25].

Na Amazônia, a germinação de grande parte das fanerógamas ainda não foi estudada e as informações quanto à dormência das sementes são insuficientes [26]. Diante disto, as informações técnicas sobre a germinação no tocante aos aspectos morfofisiológicos das sementes precisam ser conhecidas antecipadamente, a fim de se obter sucesso na qualidade de mudas produzidas, sendo que tal sucesso depende também das técnicas de produção e cultivo adotadas pelo viveirista.

Analisando a amostra das espécies descritas na Tabela 1, embora sejam nativas, nem todas são recomendadas para a arborização urbana, a exemplo da *Bertholletia excelsa*, pois é uma árvore de grande porte que apresenta fruto grande e denso que pode causar danos materiais ao patrimônio público e particular, e físico ao cidadão que porventura seja atingido pelo fruto. Desse modo, essa espécie deve ser introduzida apenas na vegetação nativa ou em florestas urbanas como os bioparques, isto é, onde não exista uma grande circulação de pessoas. Vale lembrar que outros preceitos técnicos devem ser levados em consideração no planejamento da silvicultura urbana. Critérios esses relacionados ao manejo, à fisiologia, à fitossanidade (controle de pragas) e à morfologia (copa, tronco, raízes, frutos, sementes) da espécie que será introduzida. Salienta-se também que árvores que possuem uma estatura ideal e um distanciamento correto diminuem os conflitos entre suas copas, entre as plantas e a rede elétrica [27].

Nesse contexto, todas as estratégias empregadas no planejamento da arborização devem ser fundamentadas em dados especializados que se baseiam nas possibilidades do cenário físico do local escolhido para implantação de determinadas espécies. Por essa razão, as características dos espaços públicos nortearão na definição da escolha da composição de certas plantas dentre as arbóreas, arbustivas e palmeiras.

Para exemplificar, há árvores que por possuírem copa do tipo frondosa são indicadas em praças, próximo a prédios e monumentos históricos, enquanto outras, por apresentarem atributos diferentes são indicadas para vias de circulação de veículos e pedestres. Em ambos os casos, deve-se sempre buscar um equilíbrio entre composição florística com a regularidade da paisagem urbana no que tange à adequabilidade.

Retornando aos benefícios associados à vegetação na malha urbana, o sombreamento é uma das principais funções da arborização urbana nas cidades com clima quente, pois as folhas das árvores podem controlar a radiação solar direta que chega à superfície do solo, diminuindo o calor irradiado a partir dele, e consequentemente, diminuindo a temperatura do ar próximo a ela [28]. Dessa forma, é notório o quanto o microclima urbano influencia e é influenciado pelas ações do homem, havendo a necessidade da reformulação de estratégias dos gestores públicos para que fomentem a inserção de mais variedades de plantas nativas no ambiente urbano, visando garantir um melhor conforto térmico para a própria população.

Pesquisas com simulação usando o *software* ENVI-met evidenciaram que árvores urbanas podem reduzir temperaturas da paisagem em até 2 °C durante o verão, melhorando o conforto térmico humano [29]. Com base nesse exemplo, pode-se compreender sobre a dinâmica dos serviços ecossistêmicos em escala local das cidades e avaliar melhor o papel dos espaços urbanos e da infraestrutura verde na mitigação dos efeitos das mudanças climáticas.

Por fim, abordaram-se aqui alguns dispositivos dentro do universo do planejamento da silvicultura urbana e dos benefícios que a vegetação urbana pode fornecer para a qualidade ambiental das cidades e dos habitantes. Desse modo, a compatibilização e a integração sustentável das árvores nos espaços viários são o objetivo principal da política ambiental do poder executivo municipal nas diferentes regiões do país, mas que ainda tem se tornado um grande desafio frente ao crescente dinamismo da ocupação desordenada nas grandes cidades.

Em seguida são apresentadas algumas espécies florestais nativas que têm atributos desejáveis para inserção na malha viária urbana das cidades amazônicas.

20.5. Espécies arbóreas da Amazônia com potencial para arborização urbana

20.5.1. *Jacaranda copaia* (Aubl.) D.Don, Bignoniaceae (parapará)

Árvore de grande porte, natural do bioma amazônico, podendo chegar a 45 m de altura. A copa é muito vistosa, graças às inflorescências com tonalidade azul-púrpura. Os frutos são cápsulas oblongas com margens retas, de cor castanho-escuro, medindo 6-13 cm de comprimento por 3 a 6 cm de largura [30]. As sementes são dispersas pelo vento, e possuem germinação epígea, 12 dias após a sementeira [31]. Devido à facilidade de produção de mudas, crescimento rápido e fuste retilíneo e cilíndrico, é indicada para reflorestamento [32]. Todavia, deve ser implantada no interior de parques e praças, visto que sua madeira é de baixa resistência mecânica. Soma-se a isso o fato de ser uma espécie que quando adulta atinge alturas elevadas, assim, esse parâmetro não a qualifica para os logradouros públicos.

20.5.2. *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore, Bignoniaceae (ipê-amarelo)

Árvore de ocorrência na região amazônica e no Cerrado. Espécie perenifólia ou semidecídua (decídua no Cerrado), heliófita e seletiva higrófila (seletiva xerófila no Cerrado). É considerada pioneira, com crescimento inicial muito rápido [33]. Pode atingir a altura de até 20 m, com copa vistosa e bom sombreamento. A floração é exuberante, com flores na coloração amarelo-ouro, que a tornam excelente para uso paisagístico. Frutos do tipo siliqua, deiscentes, cilíndricos, de parede delgada, medindo 14-18,5 cm de comprimento, contendo cerca de 80 sementes, rosadas, achatadas, aladas e ortodoxas. [34,35]. Pode ser cultivada em condições tanto em pleno sol quanto em sobreamento a 30%, sendo que a condição ideal das mudas serem transportadas do viveiro para o campo é em torno de 6 a 8 meses após a sementeira [35]. É importante ressaltar que não se recomenda a introdução dessa árvore perto de bueiros das cidades, uma vez que a queda de suas flores durante a estação fria pode ocasionar obstruções da passagem da água por essas galerias.

20.5.3. *Andira inermis* (W.Wright) DC, Fabaceae (angelim-de-morcego)

Árvore de grande porte, decídua e madeireira, podendo atingir até 25 metros de altura. Adapta-se a uma variedade de locais, naturalmente em vários tipos de floresta [36]. É comum em várzeas úmidas inundáveis com solos argilosos e ricos em matéria orgânica [37]. Frutos do tipo drupa [38,39] e com germinação hipógea [40] são muito apreciados pela fauna, como morcegos frugívoros [41]. É indicada para reflorestamento, sendo boa fixadora de nitrogênio, com flores e frutos ornamentais e de grande importância ambiental [42]. Tem alto valor paisagístico, devido à copa frondosa e com ótima sombra. Pode ser usada na arborização urbana em locais alagadiços, para a estabilização de margens de rios e córregos urbanos e recomposição de matas ciliares. Para a produção de mudas, as sementes podem ser semeadas logo após a coleta, em embalagens individuais com substrato organoargiloso. A emergência ocorre entre três e cinco semanas, com taxa de germinação elevada [37].

20.5.4. *Cenostigma tocantinum* Ducke, Fabaceae (pau-pretinho)

Natural do bioma amazônico, de porte mediano. Árvore perenifólia, heliófita ou de luz difusa, secundária. Flores amarelas, pediceladas ou com pelos em forma de estrela e glandular.

Legume lenhoso, de cor marrom, deiscente. O plantio deve ser feito com mudas de no mínimo 1 m de altura e práticas culturais mínimas (podas de condução) [43]. A espécie é rústica e tolera solos ácidos, tem copa ampla e frondosa, perenifolia, com sistema radicular pouco agressivo e baixa susceptibilidade ao ataque de pragas e doenças, tornando-a adequada para plantio em vias públicas [44]. Pode ser considerada para uso em locais com conflito com redes de distribuição elétrica, como canteiros centrais.

20.5.5. *Clitoria fairchildiana* R.A.Howard, Fabaceae (faveira)

Árvore decídua, heliófita, higrófito, de médio a grande porte [45]. Tem copa frondosa, gerando excelente área de sombreamento. Pertence ao grupo das secundárias iniciais [46]. As flores são violáceas em racemos pêndulos. O fruto é uma vagem estreita, marrom-clara quando madura, com quatro a 16 sementes, de germinação epígea. A semeadura pode ser realizada em substrato de areia e serragem, na proporção volumétrica 1:1, cozido por duas horas [47]. É indicada para arborização urbana em parques, jardins e estradas [48]. Salienta-se que essa essência florestal não deve ser cultivada em áreas onde exista a rede de distribuição de energia e telefonia, bem como perto de semáforos, pois devido à sua morfologia com múltiplos galhos poderá causar conflitos com esses elementos da paisagem, necessitando de maiores espaços livres ou podas frequentes.

20.5.6. *Physocalymma scaberrimum* Pohl, Lythraceae (pau-de-rosa)

Árvore nativa do bioma amazônico, de porte mediano, decídua, heliófita e pioneira. Copa alongada ou piramidal, tronco mais ou menos ereto e cilíndrico, casca rimosa e aspérrima. Inflorescências em panículas terminais de 10 a 18 cm de comprimento, com flores muito vistosas, de cor lilás. Os frutos são cápsulas deiscentes, com muitas sementes aladas pequenas [37,49], disseminadas pelo vento [50]. Devido ao médio porte e pouca exigência aos atributos edáficos [51], pode ser empregada nos mais variados locais urbanos, sendo indicada para as calçadas largas de praças e esquinas de ruas e avenidas, bem como para parques e canteiros centrais.

Todas as espécies descritas apresentam aptidão para serem introduzidas na arborização urbana. Entretanto, ainda há escassez de informações mais abrangentes, estruturadas e sistemáticas sobre as características ecológicas, taxonômicas e da tecnologia das sementes de muitas árvores nativas das diferentes fitofisionomias do bioma amazônico. Essa dificuldade de obtenção de informações ficou explícita durante a seleção das espécies aqui recomendadas, optou-se por sugerir aquelas que já tivessem pelo menos um conjunto de informações técnicas significativas no que tange à dendrologia, ecologia, morfologia do fruto, semente e plântula, assim como à produção e ao manejo de mudas.

Entende-se que essa falta de pesquisas científicas gera um empecilho para muitos programas dentro do setor florestal, os quais necessitam do conhecimento básico das espécies vegetais para desenvolverem projetos pautados na restauração florestal e arborização urbana. Para exemplificar o quão difícil é obter informações das essências florestais nativas, considera-se a dificuldade na disponibilidade de obtenção de mudas e sementes em levantamentos de viveiros na região amazônica, e aqueles que apresentam restringem-se ao baixo número de espécies nativas registradas. Em 2020, dos 27 viveiros presentes na Amazônia brasileira, 14 estão concentrados em Rondônia, sendo a maioria privados, com fins comerciais e de pequeno porte em termos de infraestrutura,

não conseguindo uma produção de mudas que atenda à demanda local [52]. Há, portanto, em Rondônia, uma dificuldade para a obtenção de mudas de espécies nativas [53]. Com relação à obtenção de sementes florestais nativas para produção de mudas, as principais dificuldades relatadas pelos viveiristas são o preço de comercialização, que não é compensador; a necessidade de funcionários treinados para coleta de sementes; e a baixa longevidade das sementes de algumas espécies, sendo necessário o armazenamento refrigerado ou a rápida comercialização [52].

20.6. Considerações finais

Tendo em vista o cenário atual sobre o efeito recíproco entre as cidades e o ambiente, há a necessidade urgente de um agir localmente por meio de um novo paradigma de desenvolvimento urbano sustentável. A ideia é que o conhecimento científico consolidado permita a adoção de medidas práticas, tanto de cunho individual quanto coletivo, que visam atenuar os efeitos adversos dos grandes centros urbanos sobre a qualidade ambiental. Nessa perspectiva, os efeitos negativos das ações humanas sobre os ecossistemas demandam atenção por parte dos governantes na forma de repensar os modelos de ocupação urbana atuais, a fim de buscar ações comprometidas com um futuro mais sustentável, sendo que o incentivo no cultivo de árvores nas cidades e no campo é o caminho ideal no alcance de metas ambientais locais e globais.

Em relação à problemática em torno das espécies nativas, a carência de informações científicas precisa ser urgentemente revista e superada. Revisar essa carência não é apenas uma questão técnica, mas um compromisso ético com o planeta e com as futuras gerações. A biodiversidade nativa é um patrimônio que precisa ser conhecido para ser protegido. Por essa razão, as estratégias para superar essa lacuna perpassam principalmente pelo fortalecimento da cadeia produtiva de mudas e sementes de árvores nativas, bem como no fomento de mais estudos científicos, tendo em vista que muitas pesquisas regionalizadas ou mesmo municipalizadas ainda precisam ser desenvolvidas para que o conhecimento da flora local possa ser ampliado e detalhado.

A escassez de informações científicas sobre espécies nativas é uma lacuna que compromete não apenas a conservação da biodiversidade, mas também o desenvolvimento sustentável e a formulação de políticas públicas eficazes. Nesse sentido, a adoção do uso da tecnologia como aliada é um dos caminhos de enfrentamento desse desafio, e esse processo ocorre por meio do uso de drones, inteligências artificiais e sensores remotos para o monitoramento e a identificação das espécies florestais. Outra opção é focar o fortalecimento de bancos de dados abertos, isto é, criar e manter plataformas acessíveis com registros de ocorrência, genética, comportamento e ameaças das espécies da flora local.

20.7. Referências

- [1] Teixeira L.S. Dinâmicas territoriais em Rondônia: conflitos fundiários no entorno do Projeto Integrado de Colonização Sidney Girão (1970-2004) [dissertação]. Porto Alegre: Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas; 2015.
- [2] Nascimento CP, Santos C, Silva M. Porto Velho: a produção do espaço urbano de Rondônia (1980/2010). *Rev Geografar*. 2012;7(1):20-52.

- [3] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Censo demográfico de Rondônia. Brasília: IBGE; 2010 [acesso 5 nov. 2021]. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?uf=11&dados=0>
- [4] Mapbiomas. Crescimento das favelas no Brasil entre 1985 e 2020 equivale a 11 Lisboas. 2021 [acesso 6 nov. 2021]. Disponível em: <https://mapbiomas.org/crescimento-das-favelas-no-brasil-entre-1985-e-2020-equivale-a-11-lisboas>
- [5] Fonseca DHC. A cidade sem terras: configuração e expansão da estrutura fundiária de Porto Velho, sob a ótica da urbanização informal e espontânea [dissertação]. Recife: Universidade Federal de Pernambuco; 2017.
- [6] Almeida JR, Barbosa CG. Diagnóstico da arborização urbana da cidade de Cacoal-RO. *Rev Soc Bras Arborização Urbana*. 2010;5(1):61-81.
- [7] Sartori RA, Martins GAC, Zaú AS, Brasil LSC. Urban afforestation and favela: a study in a community of Rio de Janeiro, Brazil. *Urban For Urban Green*. 2019;40:84-92.
- [8] Santos RO, Soares RN, Silva BMS. Compositional similarity of urban green areas in Southeastern Brazil. *Floresta Ambient*. 2019;26(2):1-9.
- [9] Vieira TA, Panagopoulos T. Urban forestry in Brazilian Amazonia. *Sustainability*. 2020;12:3235.
- [10] Santos EB, Nogueira FM, Talgatti DM. Plant species composition and the perception of the afforestation in urban public green spaces in a municipality in Eastern Brazilian Amazon. *Sustainability*. 2021;13(18):10332.
- [11] Soares ACS, Santos RO, Soares RN, Cantuaria PC, Lima RB, Silva BMS. Paradox of afforestation in cities in the Brazilian Amazon: an understanding of the composition and floristic similarity of these urban green spaces. *Urban For Urban Green*. 2021;66:127374.
- [12] Wang X, Yao J, Yu S, Miao C, Chen W, He X. Street trees in a Chinese forest city: structure, benefits and costs. *Sustainability*. 2018;10(3):674.
- [13] Song X, Chang KT, Yang L, Scheffran J. Change in environmental benefits of urban land use and its drivers in Chinese cities, 2000-2010. *Int J Environ Res Public Health*. 2016;13:535.
- [14] Sanusi R, Johnstone DM, May PB, Livesley SJ. Microclimate benefits that different street tree species provide to sidewalk pedestrians relate to differences in plant area index. *Landsc Urban Plan*. 2017;157:502-11.
- [15] Ferreira ML, Zabotto AR, Periotto F. Verde urbano. Engenheiro Coelho: Unaspress; 2021.
- [16] Santos-Júnior A, Lacerda ES, Gomes WO. Urban afforestation and shading efficiency of urban surface in residential neighborhoods in the city of Porto Velho, Rondônia State, Brazil. *Rev Soc Bras Arborização Urbana*. 2013;8(3):103-12.
- [17] Santos-Júnior A, Costa LM. Tree species used in urban afforestation of Santiago neighborhood in the city of Ji-Paraná, Rondônia State, Brazil. *Rev Soc Bras Arborização Urbana*. 2014;9(1):71-83.
- [18] Bezerra RR, Rocha VNL, Orozco MMD. Proposta de implantação de um projeto de arborização urbana em Ji-Paraná/RO. In: *Anais do V Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental*; 2014; Belo Horizonte. Belo Horizonte: IBEAS; 2014.
- [19] Rocha CLD, Freitas JF, Almeida SO, Souza ACR. Caracterização quantitativa da arborização urbana no município de Itapuã do Oeste/RO-Brasil. *Saber Cient*. 2018;7(1):1-12.
- [20] Gandolfi S, Leitão Filho HDF, Bezerra CLF. Levantamento florístico e caráter sucessional das espécies arbustivo-arbóreas de uma Floresta Mesófila Semidecídua no município de Guarulhos, SP. *Rev Bras Biol*. 1995;55(4):753-67.

- [21] Smith MT, Wang BSP, Msanga HP. Dormancy and germination. In: Vozzo JA, editor. Tropical tree seed manual. Washington, DC: USDA Forest Service; 2002. p.149-76. (Agriculture Handbook, 721).
- [22] Prefeitura do Município de Porto Velho. Lei Complementar nº 590, de 23 de dezembro de 2015. Institui o Plano Diretor de Arborização Urbana do Município de Porto Velho e dá outras providências. Porto Velho; 2015 [acesso 12 nov. 2021]. Disponível em: <https://sema.portovelho.ro.gov.br/uploads/arquivos/2018/11/27091/1541809810lei-comp-n-590-de-2312-15-institui-o-plano-diretor-de-arborizacao-urbana-1.pdf>
- [23] Alvarez IA, Oliveira UR, Mattos PP, Braz EM, Canetti A. Arborização urbana no Semiárido: espécies potenciais da Caatinga. Colombo: Embrapa Florestas; 2012. (Documentos, INFO-TECA-E).
- [24] Scalon SPQ, Mussury RM, Almeida KA, Rigoni MR. Efeito do álcool e substrato na germinação de sementes de sibipiruna (*Caesalpinia peltophoroides* Benth.) colhidas no chão e retiradas da vagem. Ciênc Agrotec. 2003;27(2):389-92.
- [25] Coelho MFB, Maia SSS, Oliveira AK, Diógenes FEP. Superação da dormência tegumentar em sementes de *Caesalpinia ferrea* Mart ex Tul. Rev Bras Ciênc Agrár. 2010;5(1):74-9.
- [26] Knopki PB. Ação de microrganismos e da alternância de temperatura na superação da dormência exógena de sementes florestais amazônicas [dissertação]. Manaus: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia; 2013.
- [27] Barbosa RP, Portela MGT, Machado RRB, Sá AS. Arborização da avenida Deputado Ulisses Guimarães, bairro Promorar, zona sul de Teresina-PI. Rev Soc Bras Arborização Urbana. 2015;10(2):78-89.
- [28] Basso JM, Corrêa RS. Arborização urbana e qualificação da paisagem. Paisagem Ambiente. 2014;(34):129-48.
- [29] Russo A, Escobedo FJ, Zerbe S. Quantifying the local-scale ecosystem services provided by urban treed streetscapes in Bolzano, Italy. Environ Sci. 2016;3:58-76.
- [30] Gurgel ESC, Santos JUM, Carvalho ACM, Bastos MNC. *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don. subsp. *spectabilis* (Mart. ex A. DC) Gentry (Bignoniaceae): aspectos morfológicos do fruto, semente, germinação e plântula. Bol Mus Para Emílio Goeldi Ciênc Nat. 2006;1(2):113-20.
- [31] Duke JA. Keys for the identification of seedlings of some prominent woody species in eight forest types in Puerto Rico. Ann Missouri Bot Gard. 1965;52(3):314-50.
- [32] Paumgartten AEA, Brasil-Neto AB, Sousa VG, Junior SB, Yared JAG. Desempenho silvicultural de *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don sob diferentes espaçamentos no oeste do estado do Pará. Sci For. 2018;46(120):701-7.
- [33] Oliveira AKM, Andrade e Perez, SCJG. Crescimento inicial de *Tabebuia aurea* sob três intensidades luminosas. Rev Soc Bras Arborização Urbana. 2011;6(2):90-103.
- [34] Lorenzi H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 7. ed. Nova Odessa: Editora Plantarum; 2016. v.1.
- [35] Zuntini AR, Lohmann LG. *Tabebuia aurea*. In: Vieira RF, Camilo J, Coradin L, editores. Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro – Região Centro-Oeste. Brasília, DF: MMA; 2016.
- [36] Téllez-Sánchez C, Herrera-Ferreira MA, Rutiaga-Quíñones JG. Anatomía, física y mecánica de la madera de *Andira inermis* (W. Wright) DC (Leguminosae). Rev Chapingo Ser Ciênc For Amb. 2009;15(1):15-21.

- [37] Lorenzi H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 5. ed. Nova Odessa: Editora Plantarum; 1998. v.2.
- [38] Pennington RT. Monograph of *Andira* (Leguminosae-Papilionoideae). Syst Bot Monogr. 2003;64:1-143.
- [39] Ferreira GC, Hopkins MJG, Secco RS. Contribuição ao conhecimento morfológico das espécies de Leguminosae comercializadas no estado do Pará como “angelim”. Acta Amaz. 2004;34(2):219-32.
- [40] Marín WA, Flores EM. *Andira inermis* (W. Wright) Kunth ex DC. In: Vozzo JA, editor. Tropical tree seed manual. Washington, DC: USDA Forest Service; 2002. p.297-9. (Agriculture Handbook, 721).
- [41] Mancina CA, Rendón JAS. Efecto de la actividad trófica de *Artibeus jamaicensis* (Mammalia: Chiroptera) sobre la dispersión de *Andira inermis* (Leguminosae). Rev Biol. 2001;15(2):81-5.
- [42] Rios MNS, Pastore Júnior F. Plantas da Amazônia: 450 espécies de uso geral. Brasília: Universidade de Brasília; 2011.
- [43] Sousa SGA, Moraes RP, Garcia LC. Pau-pretinho (*Cenostigma tocantinum* Ducke): uma espécie com potencial para arborização urbana em Manaus-AM. Embrapa Amazônia Ocidental; 2008. (Documentos, INFOTECA-E).
- [44] Carvalho JOP. Estudo comparativo do estrato de sub-bosque e ecologia de populações de *Cenostigma tocantinum* em florestas remanescentes da região da Usina Hidrelétrica Tucuruí-PA [dissertação]. Belém: Universidade Federal Rural da Amazônia; 2006.
- [45] Paula JE, Alves JLH. Madeiras nativas: anatomia, dendrologia, dendrometria, produção e uso. Brasília, DF: Fundação Mokiti Okada – MOA; 1997.
- [46] Miranda-Neto A, Martins SV, Silva KA, Lopes AT, Demolinari RA. Banco de sementes em mina de bauxita restaurada no Sudeste do Brasil. Floresta Ambient. 2017;24(1):1-11.
- [47] Cruz ED. Germinação de sementes de espécies amazônicas: palheteira (*Clitoria fairchildiana* R.A. Howard). Belém: Embrapa Amazônia Oriental; 2019. (Documentos, INFOTECA-E).
- [48] Silva BMS, Môro FV. Aspectos morfológicos do fruto, da semente e desenvolvimento pós-seminal de faveira (*Clitoria fairchildiana* R.A. Howard-Fabaceae). Rev Bras Sementes. 2008;30(2):195-201.
- [49] Cavalcanti TB, Graham S. Lythraceae. In: Lista de espécies da flora do Brasil. Rio de Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro; 2012 [acesso 14 fev. 2012]. Disponível em: <http://flora-dobrasil.jbrj.gov.br/2012/FB023480>
- [50] Camillo J, Viana FAP. *Physocalymma scaberrimum*. In: Vieira RF, Camilo J, Coradin L, editores. Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro – Região Centro-Oeste. Brasília: MMA; 2016. p.1050-5.
- [51] Pereira VS. Estudo do cega-machado (*Physocalymma scaberrimum* Pohl.) como espécies de árvore nativa para arborização urbana. In: Seminário de Iniciação Científica da UFT; 2013; Palmas. Palmas: UFT; 2013.
- [52] Ronquim C, Alvarez I, Cipriani H, Simonetti J. Avaliação dos viveiros produtores de mudas florestais nativas de Rondônia. Campinas: Embrapa Territorial; 2020. (Documentos, INFO-TECA-E).
- [53] Nunes S, Gastauer M, Cavalcante RB, Ramos SJ, Caldeira-Junior CF, Silva D, et al. Challenges and opportunities for large-scale reforestation in the Eastern Amazon using native species. For Ecol Manage. 2020;466:118120.

Capítulo 21

CARACTERIZAÇÃO FLORÍSTICA DE RORAIMA E INDICAÇÃO DE ESPÉCIES NATIVAS POTENCIAIS PARA ARBORIZAÇÃO URBANA

Por Everaldo Marques de Lima Neto e Thiago Allain Martins Siqueira Mouta

21.1. Destaques deste capítulo

1. A escolha das espécies para arborização urbana deve seguir critérios técnico-científicos, visando compatibilizar as árvores com o ambiente urbano e reduzir conflitos com a infraestrutura;
2. A utilização de espécies autóctones e endêmicas constitui uma premissa básica, pois, além de preservar a biodiversidade local, favorece a fauna, aumenta a resistência a pragas e contribui para a adaptação climática;
3. Uma lista de 100 espécies nativas de Roraima foi elaborada, categorizada por família botânica, porte, fenologia e adequação a diferentes tipos de espaços urbanos;
4. A diversidade das formações vegetacionais do estado, como floresta densa, campinaranas e savanas/lavrados, permitiu selecionar 23 espécies de ampla distribuição ecológica com potencial de adaptação ao meio urbano;
5. A identificação de espécies adequadas para ruas e avenidas resultou em 34 espécies classificadas em pequeno, médio e grande porte, considerando a compatibilidade com calçadas, canteiros e rede elétrica.

21.2. Introdução

O planejamento da arborização nas cidades de Roraima exige atenção criteriosa, e uma das etapas centrais é a definição das espécies que farão parte do paisagismo urbano. Esse processo deve partir da pergunta essencial: *O que plantar?* Para respondê-la, é necessário conhecer o patrimônio arbóreo já existente na cidade e a composição florística dos ecossistemas locais, representada pela diversidade, riqueza, dominância e abundância das espécies nativas disponíveis.

A tarefa de planejar não se restringe somente à realização de plantios, mas deve concentrar esforços no conhecimento da estrutura urbana e das espécies que serão as protagonistas do

cenário urbano. Dessa forma, para cada espécie arbórea selecionada devem-se conhecer as suas características e o comportamento no ambiente que será plantado, visando a evitar problemas futuros de incompatibilidade com as estruturas urbanas.

A utilização de espécies inadequadas tem provocado sérios gastos/custos com manutenção e reparo de equipamentos urbanos, em muitos casos, provocando riscos à vida da população [1]. No entanto, quando criteriosamente selecionadas, as espécies desempenham inúmeros benefícios de ordem ecológica, social e estética, sendo alguns deles: a regulação climática, edáfica e hidrológica; bem-estar psíquico, lazer e recreação; e a quebra de monotonia, adicionando dinamismo à estética da paisagem urbana.

O primeiro aspecto para termos a clara compreensão de prioridade na resposta de “O que plantar?”, diz respeito à origem da espécie. Então, tratamos da importância de utilizar espécies nativas, autóctones e/ou endêmicas presentes nas unidades fitoecológicas do estado de Roraima. A utilização de plantas exóticas pode ser considerada uma das maiores ameaças à conservação da biodiversidade mundial [2]. Em vários estudos realizados na arborização urbana pode-se constatar que o número de espécies exóticas é superior ao de espécies nativas [3-6]. Em Boa Vista, capital de Roraima, a arborização de calçadas não foge à regra da maioria das cidades brasileiras; aproximadamente 54% são de espécies exóticas e 46% são nativas do Brasil [7]. E, considerando somente as espécies nativas das unidades fitoecológicas do estado de Roraima, o percentual sobe para mais de 80% de espécies exóticas utilizadas na arborização das calçadas.

A utilização indiscriminada de espécies exóticas é justificada pela falta de estudos a respeito da flora nativa do Brasil, principalmente as espécies ameaçadas de extinção [8]. Além disso, o uso excessivo de espécies exóticas pode ser explicado pela adaptação às condições limitantes e restritivas do ambiente urbano, o que dificulta tanto o plantio, quanto o estabelecimento de espécies nativas [1].

O uso de espécies nativas na arborização urbana oferece inúmeras vantagens em relação às espécies exóticas. Um deles é a oferta de alimentos para a fauna nativa. Além disso, são mais resistentes às pragas locais, pois já desenvolveram defesas naturais, e suportam melhor o estresse causado por variações climáticas e edáficas, por estarem adaptadas ao clima da região.

O uso de espécies nativas preserva, sobretudo, a biodiversidade de cada localidade, respeitando os valores culturais, ambientais e a memória do ecossistema [9].

No aspecto florístico, ainda há muito a conhecer da região amazônica [10]. O estado de Roraima e diversas outras partes da Amazônia brasileira são regiões de alta biodiversidade esperada e baixo conhecimento botânico [11]. Portanto, evidencia a necessidade de incorporar espécies nativas à paisagem urbana nos municípios de Roraima, e devemos considerar essa alta riqueza e biodiversidade local. Para isso, priorizar as espécies nativas deve ser uma premissa básica na elaboração do plano de arborização dos municípios roraimenses. Precisamos, então, selecionar “o que podemos plantar” nas cidades roraimenses. Quais características das espécies são “chaves” para o potencial de utilização na arborização?

A seleção de espécies que vão compor a arborização requer inúmeras análises e testes. O objetivo de escolher espécies adequadas é garantir à árvore a mínima intervenção, resultando em seu estabelecimento de forma mais próxima à natural, respeitando suas características típicas de crescimento e desenvolvimento. Muitas vezes, nos deparamos com situações em que o comportamento e desenvolvimento de espécies em seu ambiente natural é totalmente diferente quando inseridas no ambiente urbano. Espécies que apresentam raiz pivotante em seu ambiente natural podem desenvolver raízes superficiais no meio urbano. Essa alteração ocorre em razão das condições impostas pela urbanização, como a impermeabilização e a compactação do solo, que modificam suas propriedades físico-químicas.

Neste contexto, além da seleção das espécies, é importante identificar aquelas adaptadas para um eficaz planejamento, atendendo aos objetivos da arborização no meio urbano [12]. O planejamento deve contemplar a seleção criteriosa de espécies que atendam às características desejáveis e possibilitem, quando adultas, o menor número de conflitos com instalações urbanas. Assim, a espécie poderá coexistir no espaço urbano com sua forma específica e arquitetura natural.

21.3. As características desejáveis para uma espécie compor a arborização urbana

Para garantir o sucesso da arborização é importante conhecer as características morfológicas, fisiológicas e anatômicas das espécies a serem implantadas. Na seleção de espécies para compor a arborização urbana deve-se considerar diversas características, tais como:

- A. Classificação ecológica;
- B. Hábito de crescimento;
- C. Formas estruturais da copa;
- D. Densidade da copa;
- E. Tipos de folha;
- F. Porte da árvore;
- G. Característica do tronco;
- H. Tipo de crescimento radicular;
- I. Princípios tóxicos e/ou alergênicos
- J. Tipo de floração;
- K. K. Tipo de frutificação;
- L. L. Rusticidade da espécie quanto à resistência à infestação de patógenos; e
- M. M. Origem da espécie.

O planejamento da arborização urbana consiste, de forma resumida, em escolher “a árvore certa para o lugar certo”, sem perder de vista os objetivos do planejamento e não esquecer as funções ou papel que as árvores desempenham no meio urbano [12]. A definição das espécies utilizadas deve levar em conta a necessidade de compatibilização entre o porte e a forma da árvore com o espaço físico disponível, considerando o afastamento predial, a largura das ruas e calçadas e o tipo de tráfego local [13].

O crescimento de uma árvore se refere ao acréscimo de suas dimensões (altura, diâmetro, área basal, volume). Esse crescimento é altamente variável, pois existem muitas diferenças entre espécies, bem como em árvores de mesma espécie com diferentes tamanhos ou constituição genética, ou ainda estabelecidas em diferentes tipos de habitats [14,15]. O crescimento também é dependente de diversos fatores, como: disponibilidade de nutrientes no solo, luz e água [16].

Nesse contexto, é importante considerar a classificação de grupos ecológicos das espécies. Essas classificações geralmente se baseiam em sua tolerância à luz e à sombra, dividindo-as em: espécies pioneiras (intolerantes à sombra, que demandam alta luminosidade), espécies secundárias (que se desenvolvem após as pioneiras e necessitam de condições mais sombreadas) e espécies clímax (altamente tolerantes à sombra e resistentes, que formam o estágio final de um ecossistema maduro).

Os grupos ecológicos se distinguem e influenciam em diversas características de desenvolvimento da árvore, entre elas: longevidade, tolerância à sombra, velocidade de crescimento, constituição da madeira e fuste, bifurcação, tamanho e viabilidade de sementes e tempo de vida das folhas [17,18]. Dessa forma, as espécies pioneiras tendem a ter um crescimento mais rápido, se desenvolvem constantemente em ambientes de muita luminosidade, fornecendo diversos níveis de sombreamento. Por outro lado, espécies clímax possuem crescimento lento e se desenvolvem com pouca luminosidade, possuindo copa mais densa e compacta [19].

O fato de uma espécie pertencer a um determinado grupo ecológico influencia desde a produção de mudas destinadas à arborização, até o desenvolvimento/crescimento da espécie a partir do plantio em ruas ou áreas verdes da cidade. As condições para o desempenho ideal do indivíduo arbóreo, em termos de crescimento, podem estar relacionadas às limitações de luminosidade existentes no meio urbano. O desenvolvimento de espécies de crescimento rápido têm a vantagem de atingir em pouco tempo o objetivo desejado, podendo reduzir a vulnerabilidade ao vandalismo [12]. Mas, espécies de rápido crescimento necessitam de manutenção com mais frequência. Por outro lado, espécies de desenvolvimento lento possuem a vantagem de ter um fuste (tronco) mais resistente, mas são mais suscetíveis ao vandalismo.

Em relação ao desenvolvimento e forma das árvores, em ambientes que não sofrem muita influência de fatores externos (instalações urbanas como redes de energia elétrica, postes e muros, por exemplo), as árvores tendem a crescer e tomar uma forma que obedece a uma estrutura própria de cada espécie. A forma estrutural da copa é caracterizada pela relação entre o diâmetro de copa e a sua altura, podendo se classificar em diversos tipos, tais como: cônica, globosa, colunar, elíptica, umbeliforme, caliciforme, flabeliforme, pendente e figueira [20]. Portanto, é fundamental conhecer as dimensões e o formato de copa das árvores adultas, que devem ser compatíveis com o espaço urbano disponível, considerando a convivência com as edificações e mobiliário.

A densidade, forma e hábito de copa devem ser observados para cada espécie utilizada, pois existem formatos de copas que, em virtude de suas características, tornam-se incompatíveis com a estrutura urbana [12]. A densidade e o hábito de copa geralmente estão associados ao clima do local; em cidades de clima frio, espécies com densidade de copa rala são mais

indicadas, e em cidades de clima quente, espécies com copa densa favorecem um melhor conforto térmico [12,21,22]. A densidade de copa é uma característica qualitativa relacionada à quantidade de luz solar que penetra na copa da árvore [23]. A densidade da copa é essencial para a qualidade do sombreamento, o qual é uma das principais funções proporcionadas pela arborização nas cidades [24,25].

Ao abordar o sombreamento, a forma, densidade e o hábito de copa, não se pode deixar de mencionar o tipo de folha como uma variável da espécie a ser selecionada para compor a arborização urbana. As folhas, juntamente com os ramos aéreos, formam a copa das árvores, sendo a parte vital da planta. Sua estrutura complexa é o local onde ocorrem os principais processos fisiológicos, incluindo fotossíntese, transpiração, respiração, exsudação, trocas gasosas e condução de seiva. As folhas variam muito em sua forma e em estrutura interna, podendo ser simples ou compostas. Essas diferenças conferem às plantas diferentes apreciações estéticas e ecológicas. Pesquisas de percepção da arborização apontam preferência da população na utilização de espécies com variedade dos tipos de folhas na composição das cidades. Com isto, faz-se necessário avaliar o tipo de persistência das folhas, que podem ser semidecídua (perdem parcialmente as folhas em um período do ano), decídua (que perdem as folhas em determinado período do ano) ou perenifolia (mantém-se com as folhas durante todo o ano). Essas características podem ser determinadas pelo silvicultor urbano às necessidades de planejamento da amenização climática na cidade.

Quanto à altura da árvore, dependendo das condições ambientais e locais em que são plantadas, podem atingir o tamanho característico da espécie, determinando o porte, entre outras características. O porte arbóreo geralmente é dividido em três categorias: pequeno (até 6 metros), médio (de 6 até 10 metros) e grande (acima de 10 metros) [26,27]. Pode-se destacar também a necessidade de utilização de espécies que apresentem em sua condição de desenvolvimento morfológico típico, o fuste (tronco) retilíneo e livre de espinhos, a fim de evitar acidentes aos transeuntes. A tortuosidade presente em algumas espécies pode ser considerada um fator limitante à utilização na arborização de ruas, uma vez que a inclinação ou sinuosidade do tronco diminuem a acessibilidade nas calçadas e podem gerar conflitos com os pedestres, os veículos e demais equipamentos urbanos.

Vale ressaltar a importância dos troncos em cores, formas e texturas na composição da arborização, conferindo melhoria estética ao cenário urbano. Outra característica importante para a seleção de espécies é o comportamento do sistema radicular, que pode ser fasciculado ou pivotante. A formação de raízes fasciculadas ocorre quando muitas raízes adventícias se desenvolvem em substituição à raiz primária, que pode ter um desenvolvimento limitado ou degenerar precocemente. Um sistema radicular pivotante, por sua vez, constitui-se de uma raiz principal que afina progressivamente desde o ponto em que se conecta ao caule até à extremidade. Dessa raiz principal partem ramificações denominadas raízes laterais ou raízes adventícias [28]. Portanto, deve-se evitar árvores que possuam raízes fasciculadas, a fim de minimizar problemas futuros, como danos às calçadas e passeios.

Ao selecionar as espécies, também é necessário atenção aos princípios tóxicos e/ou alergênicos que elas podem apresentar. Toda planta apresenta algum grau de toxicidade em

determinada dosagem, porém a denominação de plantas tóxicas se conceitua a todos os vegetais que, através do contato, inalação ou ingestão, acarretam danos à saúde, tanto para o homem como para animais, podendo inclusive levá-los a óbito [29,30]. Em muitos casos, a simples liberação de pólen pelas plantas já é o suficiente para causar irritações no sistema respiratório de muitos indivíduos da população [31]. Dessa forma, o tipo de floração deve ser considerado na seleção das espécies, constando que as flores devem ser, preferencialmente, pequenas, não devendo exalar odores fortes e sem pólen excessivo para evitar toxicidade e alergias. As flores têm grande função e aplicação estética (cor, textura e forma) e ecológica (polinização e dispersão) na arborização.

Ressalta-se também, quanto ao tipo de frutificação, que a espécie selecionada não deve conter produção excessiva de frutos, tampouco os frutos devem ser grandes, pesados e com polpa excessiva e/ou com alto grau de toxicidade, a fim de evitar danos aos equipamentos urbanos, depredação, acidentes e comprometimento da saúde da população. A frutificação é importante, pois serve de alimento atrativo para aves, mamíferos e insetos permanentes e/ou migratórios, proporcionando a melhoria ecológica da paisagem urbana.

Sobretudo, sabe-se que o meio urbano é repleto de poluição, pragas e doenças que comprometem o desenvolvimento e a sobrevivência das árvores. Com isso, as espécies que serão selecionadas devem ser resistentes, e, quando implantadas, vigorosas e com rusticidade para superar os ataques de pragas, doenças, altos níveis de poluição urbana, adversidades climáticas e edáficas do meio urbano. Por outro lado, as pesquisas de melhoramento genético podem ser desenvolvidas para melhorar a resistência contra estes ataques e adversidades [12,32].

O local ideal para a implantação da árvore também deve ser levado em consideração na escolha da espécie. Os inúmeros problemas relacionados à arborização em uma cidade surgem a partir do plantio de espécies inadequadas. Um dos maiores problemas decorre da implantação de espécies exóticas, cujas sementes são facilmente dispersadas, permitindo que se desenvolvam em locais inadequados, trazendo prejuízos e desvalorizando as potencialidades locais [33].

Conforme mencionado na introdução, um dos principais entraves na seleção de espécies é a utilização de espécies nativas na arborização urbana. Diversos estudos apontam a carência de pesquisas que fomentem a utilização das espécies nativas nas cidades. Isso acarreta o uso de espécies exóticas já amplamente estudadas e plantadas em escala internacional. A perda de diversidade nas cidades e a não utilização de espécies autóctones é impulsionada pelas práticas mercadológicas de utilização de espécies exóticas, em muitos casos, selecionadas pelo crescimento rápido e o interesse imediatista das gestões municipais em ter uma arborização estabelecida.

Nesse sentido, buscou-se selecionar espécies com potencial de utilização na arborização urbana, considerando as diferentes unidades fitoecológicas de Roraima, a diversidade de *taxa*, as características morfológicas e fenológicas em nível de espécie. Com o intuito de mitigar o uso de exóticas e promulgar nossa biodiversidade local, apresenta-se na Tabela 1 uma lista de 96 espécies nativas para o estado de Roraima com potencial à arborização urbana.

Tabela 21.1 – Famílias e espécies arbóreas nativas sugeridas para uso em arborização urbana nos municípios do estado de Roraima – Lista aberta com os respectivos atributos ecológicos, morfológicos, fenológicos, reprodutivos e de adequação de plantio às cidades.

Família/Espécie	Nome Popular	UF	AM (m)	DAP (cm)	AP	DM	TexF	PF	R	EFl	D	Dpr	SC
Anacardiaceae													
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	Tatapirica	D / Da / F / S	08-12m	40-60	EA	Bx	L	Ps	NA	Set-Out	Jan-Fev	Zoo	Bx NA
<i>Spondias mombin</i> L.	Cajá-mirim	F / Aa / Da	20-25m	40-60	EA	Bx	A / L	Ps	NA	Ago-Nov	Ano inteiro	Zoo	Bx NA
<i>Anacardium spruceanum</i> Benth. ex Engl.	Cajuacu	Ds	20-35m	60-80	EA	Bx	L	Ps	NA	Abr-Set	Nov-Jan	Zoo	Md NA
<i>Astronium lecointei</i> Ducke	Muiracatiara	Ds / F	25-40m	60-70	EA	Al	L	Sc	-n-	-n-	Mai-Ago	Zoo	Bx NA
<i>Anacardium giganteum</i> W.Hancock ex Engl.	Cajuí	Ds	25-30m	50-90	EA	Bx	L	Sc	NA	Ago-Nov	Dez-Abr	Zoo	Bx NA
Annonaceae													
<i>Gnatteria citriodora</i> Ducke	Envira-amarela	D / Ds / S	15-20m	20-35	EA/C	Me	L / A	Ps	AP	Out-Nov	Fev-Mar	Zoo	Al NA
<i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart.	Pimenta-de-macaco	S	4-6m	15-25	EA/C	Bx	A	Sc	AP	Set-Nov	Abr-Jul	Zoo	Md NA
Apocynaceae													
<i>Ambelania acida</i> Aubl.	Pepino-do-mato	D / Ds	4-8m	15-25	EA/C	Me	L	Ps	AP	Ago-Out	Nov	Zoo	Al NA
<i>Aspidosperma spruceanum</i> Benth. ex Müll.Arg.	Pau-marfim	Aa	5-20m	30-40	EA	Me	A	Ps	AP	Jul-Set	Ago-Set	Ane	Al NA
<i>Himatanthus articulatus</i> (Vahl) Woodson	Sucuuba	S / Ds	8-16m	30-40	EA/C	Me	L	Ps	AP	Ago-Out	Mar-Mai	Ane	Al NA
Araliaceae													
<i>Didymopanax morototoni</i> (Aubl.) Decne. & Planch.	Morototó	D / Ds / F / S	7-30m	60-90	EA	Me	L	Ps	AP	Mar-Mai	Ago-Out	Zoo	Al NA

(continua)

(continuação)

Família/Espécie	Nome Popular	UF	AM (m)	DAP (cm)	AP	DM	TexF	PF	R	EFI	Efr	D	Dpr	SC
Bignoniaceae														
<i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D.Don	Para-para	D / Ds	20-30m	60-90	C	Bx	L	Sc	AP	Ago-Set	Jan-Fev	Ane	Bx	NA
<i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S.Grose	Ipê-amarelo	D / Ds	08-20m	60-80	C	Al	A	C	AP	Ago-Nov	Out-Dez	Ane	Bx	NA
Bixaceae														
<i>Bixa arborea</i> Huber	Urucum-arbóreo	D / Da / Ds	6-11m	20-30	EA/C	Bx	L	Ps	AP	Jan-Fev	Ago-Set	Zoo	Bx	NA
Caryocaceae														
<i>Caryocar microcarpum</i> Ducke	Piquirana	Aa	11m	83	EA	Me	A	Ps	AP	Jun-Out	Out-Jan	Zoo	Bx	NA
<i>Caryocar glabrum</i> (Aubl.) Pers.	Piquiá	Ds	40-50m	-n-	EA	Al	L	-n-	NA	Out-Nov	Mai-Jul	Zoo	-n-	NA
Chrysobalanaceae														
<i>Conopia bracteosa</i> Benth.	Coco-pau	D / Ds	10-20m	30-50	EA	Al	L		AP	Nov-Mar	Set-Dez	Zoo	Md	NA
<i>Hirtella ciliata</i> Mart. & Zucc.	Ajeurarana	D / Ds / F / S	8-12m	20-40	EA	Al	A	Sc	NA	Jul-Ago	Ago-Set	Zoo	Al	NA
Clusiaceae														
<i>Symphonia globulifera</i> L.f.	Anani	D / Da / Aa / Ds	5-20m	20-30	EA/C	Me	L	Sc	AP	Jul-Set	Dez-Jan	Zoo	Md	NA
<i>Garcinia macrophylla</i> Mart.	Bacuri	D / Ds / Da / Aa	8-20m	30-50	EA	Al	A	Sc	NA	Jun-Nov	Ago-Fev	Zoo	Al	NA
Cordiaceae														
<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Cham.	Freijó	F / Ds	06-12m	30-50	EA	Me	A	Sc	AP	Mai-Ago	Jul-Set	Ane	Md	NA
<i>Cordia goeldiana</i> Huber	Frei-jorge	D / Ds	10-20m	40-60	EA	Bx	L	Sc	AP	Set-Dez	Nov-Jan	Ane	Al	NA

(continua)

(continuação)

Família/Espécie	Nome Popular	UF	AM (m)	DAP (cm)	AP	DM	TexF	PF	R	EFI	Efr	D	Dpr	SC
Dilleniaceae														
<i>Caratella americana</i> L.	Caímbé	L / S / Da	6-10m	40-50	EA/C	Me	L	Sc	AP	Ago-Out	Out-Nov	Zoo	Al	NA
Ebenaceae														
<i>Diospyros brasiliensis</i> Mart.	Caqui-do-mato	D / Ds	6-10m	25-45	EA/C	Me	L/A	Sc	AP	Ago-Out	Dez-Fev	Zoo	Al	NA
Euphorbiaceae														
<i>Mabea fistulifera</i> Mart.	Mamoninha	D / Da / S / F / Aa / Ds	4-8m	20-30	C	Bx	L	C	AP	Jan-Abr	Set-Out	Zoo	Al	NA
<i>Croton matoarensis</i> Aubl.	Dima	L / Ds / Da	4-8m	25-35	EA	Bx	A	Ps	NA	Set-Nov	Jan-Mar	Zoo	Bx	NA
<i>Hevea brasiliensis</i> (Willd. ex A.Juss.) Müll.Arg.	Seringueira	Da	20-30m	30-60	EA	Bx	L	Sc	NA	Ago-Nov	Abr-Mai	Aut	Bx	NA
Fabaceae														
<i>Abarema jupunha</i> (Willd.) Britton & Killip	Ingarana	D / Da / Ds / L	10-30m	30-60	EA	Me	A	Ps	-n-	Out-Jan	Fev-Jun	-n-	Al	NA
<i>Alexa grandiflora</i> Ducke.	Sucupira-pepino	D / Ds	20-30m	60-120	EA	Al	L	Ps	NA	Out-Nov	Nov-Dez	Ane	Bx	NA
<i>Amburana acraea</i> (Ducke) A.C.Sm.	Cerejeira	D / F / Ds	30-40m	150	EA	Me	L	C	NA	Mai-Jun	Ago-Out	Ane	Bx	VU
<i>Anadenanthera peregrina</i> (L.) Speg.	Angico-do-morro	S / D / Da / F	14-22m	40-80	EA	Al	A	C	NA	Set-Out	Jul-Ago	Ane	Bx	NA
<i>Andira surinamensis</i> (Bondt) Splitg. ex Amshoff	Acapurana	S / F / D	10-20m	30-50	EA/C	Al	A	C	AP	Dez	Jun	Zoo	Al	NA

(continua)

(continuação)

Família/Espécie	Nome Popular	UF	AM (m)	DAP (cm)	AP	DM	TexF	PF	R	EFI	Efr	D	Dpr	SC
<i>Bondichia virgilioides</i> Kunth	Paricarana	S / Da / F	8-16m	30-50	EA/C	Al	A	SC	AP	Jul-Set	Out-Dez	Ane	Bx	NA
<i>Copaifera multijuga</i> Hayne	Copaíba	Ds	15-60m	6,5-118	EA	Me	A	-n-	NA	-n-	-n-	-n-	-n-	NA
<i>Copaifera pubiflora</i> Benth.	Copaíba	S / Ds	36m	140-300	EA	Me	A	C	NA	Jan-Abr	Mai-Set	Zoo	Md	NA
<i>Cynometra bauhiniifolia</i> Benth.	Juatirana	D / Aa	6-18m	-n-	EA/C	-n-	A	-n-	AP	Ano inteiro	Ano inteiro	Hid	Bx	NA
<i>Dialium guianense</i> (Aubl.) Sandwith	Jitaiá	D / Ds / F / Aa	15-30m	50-90	EA	Al	L	Ps	NA	Nov-Mai	Fev-Out	Zoo	Md	NA
<i>Dinizia exalta</i> Ducke.	Angelim-pedra	Ds	50-60m	100-180	EA	Al	L	Sc	NA	Ago-Out	Jul-Ago	Ane	Md	NA
<i>Diplazis purpurea</i> (Rich.) Amshoff	Sucupira-preta	Da / Ds	10-30m	30-50	EA	Al	A	Ps	NA	Out-Nov	Abr-Mai	Ane	Bx	NA
<i>Enterolobium schomburgkii</i> (Benth.) Benth.	Tamboril	Da / Ds / S	10-30m	60-100	EA	Me	A	C	NA	Set-Out	Jul-Ago	Zoo	Bx	NA
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Jatobá	D / Da / Ds	15-20m	100	EA	Al	L	Sc	NA	Out-Dez	Jul	Zoo	Bx	NA
<i>Inga capitata</i> Desv.	Ingá-costela	D / Ds / Da / F	4-14m	20-30	EA	Me	L	Ps	NA	Set-Nov	Mar-Mai	Zoo	Md	NA
<i>Inga laurina</i> (Sw.) Willd.	Ingá-branco	D / F	10-20m	50-70	EA	Me	L	Ps	NA	Ago-Dez	Nov-Fev	Zoo	Bx	NA
<i>Inga vera</i> Willd.	Ingá-do-brejo	S / Da / Aa / F / Ds	5-10m	20-30	EA	Me	A	Sc	NA	Ago-Nov	Dez-Fev	Zoo	Bx	NA
<i>Parkia gigantocarpa</i> Ducke	Fava-atanã	D	20-30m	80-100	EA	Bx	L	Ps	AP	Ago-Out	Dez-mar	Zoo	Bx	NA
<i>Parkia multijuga</i> Benth.	Visgueiro	Aa / Ds	20-30m	50-70	C	Bx	L	Ps	AP	Ago-Out	Nov-Dez	Aut	Bx	NA

(continua)

(continuação)

Família/Espécie	Nome Popular	UF	AM (m)	DAP (cm)	AP	DM	TexF	PF	R	EFI	Efr	D	Dpr	SC
<i>Pentaclethra maculosa</i> (Willd.) Kuntze	Pracaxi	D / Ds / Da	8-14m	35-55	EA	Al	L	Ps	NA	Set-Out	Jul-Set	Aut	Bx	NA
<i>Piptadenia gonacantha</i> (Mart.) J.F.Macbr.	Pau-jacaré	D / Da / F	10-20m	30-40	EA	Me	A	Sc	NA	Out-Jan	Set-Out	-n-	Bx	NA
<i>Pterocarpus rohrii</i> Vahl	Pau-sangue	D / Da / F	16-32m	27-100	EA	Me	L	Ps	AP	Out-Jan	Set-Nov	Ane	Md	NA
<i>Schizolobium paralyba</i> (Vell.) Blake	Guapuruvu	D / Da / F	20-30m	60-80	EA	Bx	A	C	AP	Ago-Out	Abr-Jul	Ane	Bx	NA
<i>Senegalia polyphylla</i> (DC.) Britton & Rose	Monjoleiro	L / S / D / Da / F /	15-20m	40-60	EA	Al	A	Sc	AP	Dez-Mar	Ago-Set	-n-	Bx	NA
<i>Senna multijsa</i> (Rich.) H.S.Irwin & Barneby	Pau-cigarra	D / Da / Ds / F / S	6-10m	30-40	EA/C	Me	L	C	AP	Dez-Abr	Abr-Jun	Aut / Zoo	Bx	NA
<i>Tachigali rubiginosa</i> (Mart. ex Tul.) Oliveira-Filho	Tachi-branco	Da / S	5 -10m	30-50	EA	Al	L	Sc	NA	Out-Nov	Jul-Ago	Aut	Al	NA
<i>Vouacaponia americana</i> Aubl.	Acapu	D	15-30m	50-90	EA	Al	A	Sc	NA	Jan-Mar	Abr-Mai	Zoo	Bx	AM
<i>Zygia sellii</i> (Benth.) L.Rico	Ingarana	D / S	3-5m	15-25	EA	Al	L	Ps	NA	Jul-Ago	Out-nov	Zoo	Bx	NA
Goupiaceae														
<i>Goupia glabra</i> Aubl.	Cupiúva	D / Da / Aa	10-35m	50-80	EA/C	Al	L	Sc	AP	Out-Nov	Dez-Jan	Zoo	Md	NA
Humiriaceae														
<i>Sacoglottis guianensis</i> Benth.	Achuá	L / S / Ds	15-20m	40-70	EA	Al	L	Ps	NA	Jul-Set	Dez-Jan	Zoo	Md	NA
<i>Humiria balsamifera</i> (Aubl.) A.St.-Hil.	Umirí	L / S / D / Da / Ds	4-25m	30-40	EA	Al	L	Ps	NA	Mai-Set	Out-Jan	Zoo	Al	NA

(continua)

(continuação)

Família/Espécie	Nome Popular	UF	AM (m)	DAP (cm)	AP	DM	TexF	PF	R	EFI	Efr	D	Dpr	SC
Hypericaceae														
<i>Vismia guianensis</i> (Aubl.) Choisy	Lacre	D / Da / Ds / S / L / F	17m	-n-	EA/C	Bx	A	Ps	AP	Abr-Mar	Jul-Set	Zoo	Al	NA
Lamiaceae														
<i>Vitex cynosa</i> Bertero ex Spreng.	Jaramantaia	Da / Ds / S	10-20m	50-90	EA	Me	L	C	NA	Set-Nov	Nov-Jan	Zoo	Md	NA
Lauraceae														
<i>Mezilaurus itauba</i> (Meisn.) Taub. ex Mez	Itaúba	Da/ Aa	20-40m	60-80	EA/C	Me	L	Ps	AP	Mar-Abr	Jun-Ago	Zoo	Al	NA
Lecythidaceae														
<i>Berberthalia exelka</i> Bonpl.	Castanhaeira	Ds	30-50m	100-180	EA	Me	L	Sc	AP	Nov-Fev	Dez-Mar	Zoo	Md	VU
<i>Eschweilera pedicellata</i> (Rich.) S.A.Mori	Matamatá-preto	Aa	5-22m	-n-	-n-	Al	L/A	-n-	-n-	Jul-Dez	Abr-Jun / Out-Dez	-n-	-n-	NA
<i>Guastavia augusta</i> L.	Jeniparana	D / Da	6-10m	20-30	EA/C	Me	L	Ps	AP	Out-Dez	Mar-Mai	Zoo	Bx	NA
<i>Leythia lurida</i> (Miers) S.A.Mori	Jarana	D	12-18m	40-60	EA/C	Al	L	Ps	AP	Nov-Jan	Mar-Mai	Zoo	Me	NA
<i>Leythia pisonis</i> Cambess.	Sapucaia	D	15-25m	40-60	EA/C	Al	L	Sc	AP	Jun-Ago	Set-Nov	Zoo	Me	NA
Malpighiaceae														
<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth	Murici-do-campo	L / S / D / Da	3-6m	15-25	C	Me	A	Sc	-n-	Out-Jan	Jan-mai	Zoo	Al	NA
<i>Byrsonima vaccolobifolia</i> maclur	Murici-do-cerrado	L / S / Da / Aa /	4-6m	15-25	EA	Me	L	C	NA	Dez-Jan	Fev	Zoo	Al	NA
<i>Byrsonima verbascifolia</i> (L.) DC.	Muricizeiro	L/S	1-5m	15-25	EA	Me	A	C	NA	Ago-Nov	Dez	Zoo	Al	NA

(continua)

(continuação)

Família/Espécie	Nome Popular	UF	AM (m)	DAP (cm)	AP	DM	TexF	PF	R	EFI	Efr	D	Dpr	SC
Malvaceae														
<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	Samaúma	Aa	30-40	80-160	EA	Bx	A	C	NA	Ago-Set	Out-Nov	Aut	Bx	NA
<i>Apelba tiburouba</i> Aubl.	Pente-de-macaco	D / Da / S	10-15m	40-50	EA	Bx	A	Ps	AP	Jan-Mar	Set-nov	Zoo	Al	NA
<i>Theobroma subincanum</i> Mart.	Cupuí	Aa	8-14m	20-30	EA	Bx	L	Ps	-n-	Ago-Out	Fev-Mai	Zoo	Bx	NA
Melastomataceae														
<i>Mouriri guianensis</i> Aubl.	Crioli	Pa	4-9m	15-25	EA	Al	L	Ps	AP	Set-Fev	Dez-Abr	Zoo	Bx	NA
Meliaceae														
<i>Carapa guianensis</i> Aubl.	Andiroba	Ds / Aa	20-30m	50-120	EA	Bx	L	Ps	AP	Ago-Set Jul-Ago	Jun-Jul	Zoo / Hid	Bx	NA
<i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer	Marinhoiro	D / Da / Aa / S	15-20m	40-60	EA	Me	L	Ps	NA	Dez-Mar	Nov-Dez	Zoo / Hid	Al	NA
Moraceae														
<i>Machara tinctoria</i> (L.) Don ex Steud	Tatajuba	S / Da	10-30m	50-100	C	Al	A	C	AP	Set-Out	Dez-Jan	Zoo	Al	NA
<i>Brosimum rubescens</i> Taub.	Conduru	D / Da / Ds / L	20-30m	50-70	EA	Al	A	Ps	NA	Nov-Jan	Fev-Abr	Zoo	Al	NA
<i>Clarisia ruemosa</i> Ruiz & Pav.	Oititica	D / Ds / F	20-30m	60-90	EA	Me	L	Sc	NA	Dez-Fev	Jul-Set	Zoo	Al	NA
Myristicaceae														
<i>Virola surinamensis</i> (Rol. ex Rottb.) Warb.	Virola	Da / Aa	25-35m	10-40	EA	Bx	L	Ps	NA	Ago-Set	Dez-Jan	Zoo	Al	AM
Myrtaceae														
<i>Campomanesia xanthocarpa</i> (Mart.) O.Berg	Guabiroba	D / F	10-20m	30-50	EA/C	Me	A	C	AP	Set-Nov	Nov-Dez	Zoo	Bx	NA

(continua)

(continuação)

Família/Espécie	Nome Popular	UF	AM (m)	DAP (cm)	AP	DM	TexF	PF	R	EFI	Efr	D	Dpr	SC
Opiliaceae														
<i>Agonandra brasiliensis</i> Miers ex Benth. & Hook.f.	Marfim	F / S	8-15m	15-25	C	Al	L	C	AP	Ago-Out	Nov-Dez	Zoo	Me	NA
Orchnaceae														
<i>Lacmnia jenmanii</i> (Oliv.) Ducke	Moela-de-mutum	Ds	4-18m	20-30	EA	Me	L	Ps	NA	Jan-Fev	Jan-Fev	Zoo	Al	NA
Primulaceae														
<i>Myrsine guianensis</i> (Aubl.) Kuntze	Capororoca- branca	D / Ds / S	4-20m	50	EA	-n-	L	Ps	NA	Dez-Abr	Abr-Mai	Zoo	-n-	NA
Proteaceae														
<i>Roupala montana</i> Aubl.	Congonha	D / Da / Ds / S / F / L	0,5-15m	35	-n-	Al	A	Sc	NA	Jun-Ago	Jul-Nov	Aut/ Ane	Bx	NA
Rubiaceae														
<i>Calyophyllum spruceanum</i> (Benth.) K.Schum.	Mulateiro	Aa	20-30m	30-40	EA	Me	L	Ps	AP	Jun-Jul	Out-Nov	Ane	Me	NA
Rubiaceae														
<i>Amaloua intermedia</i> Mart. ex Schult. & Schult.f.	Marmelada	D / S	4-12m	30-50	EA/C	Me	A	Ps	AP	Set-Nov	Abr-Jul	Zoo	Me	NA
<i>Genipa americana</i> L.	Jenipapo	S / Da / Aa / D / Ds / F	8-14m	40-60	EA	Me	L	Sc	NA	Out-Dez	Nov-Dez	Zoo	Me	NA
Salicaceae														
<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	Canela-de-veio	L / S / D / Da / F	4-6m	20-30	C	Me	A/L	Ps	AP	Jun-Ago	Set-Nov	Zoo	Al	NA

(continua)

(continuação)

Família/Espécie	Nome Popular	UF	AM (m)	DAP (cm)	AP	DM	TexF	PF	R	EFI	Efr	D	Dpr	SC
Sapindaceae														
<i>Capania scrobiculata</i> Ribb	Esperetona	D / L	6-14m	30-40	EA/C	Me	L	Sc	AP	Mai-Jun	Out-Nov	Zoo	Me	NA
<i>Toulicia guianensis</i> Aubl.	Mucurucá	Da / Ds /	7-11m	30-50	EA	Al	L	Ps	NA	Out-Nov	Jul-Ago	Hid	Al	NA
Sapotaceae														
<i>Pouteria caimito</i> (Ruiz & Pav.) Radlk.	Abiu-amarelo	D / F	6-24m	30-50	EA	Al	L	Ps	AP	Dez-Jan		Zoo	Me	NA
<i>Pouteria speciosa</i> (Ducke) Baehni	Pajurá	Ds	20-40m	50-80	EA	Me	L	Ps	NA	Set-Out	Mar-Abr	Zoo	Me	NA
<i>Manilkara elata</i> (Allenão ex Miq.) Monach.	Maçaranduba	D / F	30-50m	100-300	EA	Al	A	Ps	NA	Abr-Jun	Out-Nov	Zoo	Al	NA
Simaroubaceae														
<i>Simarouba amara</i> Aubl.	Marupá	D / F / Da	15-25m	50-80	EA/C	Bx	L	Sc	NA	Ago-Set	Nov-Dez	Zoo	Me	NA
Urticaceae														
<i>Pourouma guianensis</i> Aubl.	Embaubão	D / Da / F / Aa	10-15m	15-30	C	Bx	A	Ps	AP	Ago-Set	Dez	Zoo	Me	NA
Vochysiaceae														
<i>Erisma bracteatum</i> Ducke	Louro-japurá	D	12-30m	40-60	EA	Me	L	Sc	NA	Jan-Mar	Out-Nov	Ane	Al	NA

Fonte: Autores.

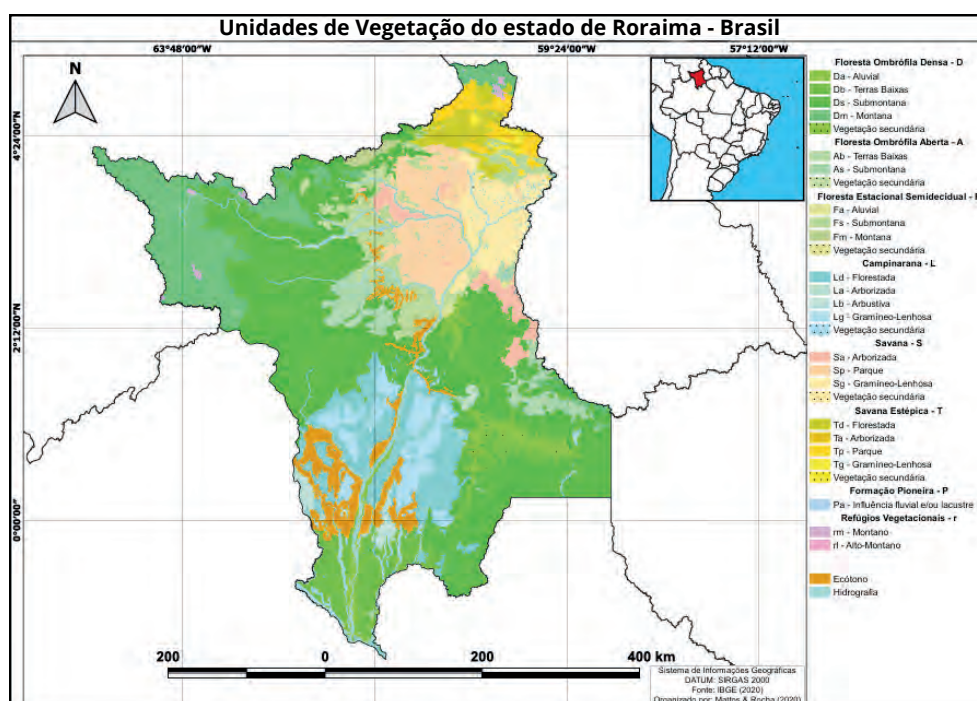
Legenda: Unidade(s) Fitocológica(s) do estado – IBGE, 2009 (**UF**); Altura média (**AM**); Diâmetro na altura do peito (**DAP**); Adequada para (**AP**) **C**: Calçadas; **EA**: Espaços abertos. Densidade da madeira (**DM**) **Bx**: Baixa ($\leq 0,550 \text{ g.cm}^{-3}$); **Me**: Média (entre 0,550 e $0,720 \text{ g.cm}^{-3}$) e **Al**: Alta ($> 0,730 \text{ g.cm}^{-3}$); Textura de folha (**TexF**) **A**: Áspera; **L**: Lisa ; Persistência das folhas (**PF**) **Ps**: Persistente (*perenifolia*); **C**: Caduca (*caducifolia*); **Sc**: semicaduca (*semidecidua*);; Raiz (**R**) **AP**: Apropriada para plantio em calçadas; **NA**: não apropriada para plantio em calçadas. Época de florescimento (**EFI**); Época de frutificação (**Efr**); Dispersão (**D**) **Zoo**: Zoocórica; **Ane**: Anemocórica; **Aut**: Autocórica; **Hid**: Hidrocórica. Dificuldade de produção em viveiro (**DPr**) **Bx**: Baixa; **Md**: Média; **Al**: Alta. Status de conservação (**SC**) **NA**: Não ameaçada; **VU**: Vulnerável; **AM**: Ameaçada. **-n-**: ausência de informações bibliográficas. Fonte: [34-39].

21.4. As espécies selecionadas e as unidades fitoecológicas do estado de Roraima

Roraima é um dos estados brasileiros mais recentes, criado em 1988, e apresenta a menor densidade demográfica de todos os estados (2,85 habitantes por km²) [34]. A vegetação do estado de Roraima apresenta-se bastante diversificada, contemplando desde a Savana (Cerrado), formação de transição, a Savana-Estépica, e vegetação herbácea da Campinarana e as formações florestais densas e abertas [40].

A vegetação terrestre é composta por floresta tropical (81,4%), estendendo-se entre o Sul, o Centro-Oeste e o Noroeste do estado, além de campos ou cerrados (17,8%), regionalmente chamados de “lavrado”, que ocupam o Nordeste do estado; o restante (0,8%) é de sistemas aquáticos [41,42]. A Figura 1 ilustra as principais unidades de vegetação do estado de Roraima.

Figura 21.1 – Unidades de vegetação do estado de Roraima.



Fonte: Mattos e Rocha; IBGE.

O estado de Roraima destaca-se pela megadiversidade de fitofisionomias florestais, em composição de recursos naturais e unidades fitoecológicas. Nesse contexto, a seleção de espécies para compor a floresta urbana (arborização de ruas e áreas verdes) nas diferentes cidades roraimenses é uma tarefa desafiadora. Contudo, buscou-se escolher as espécies mais representativas das unidades fitoecológicas que apresentem características desejáveis para ocupar diferentes tipologias da floresta urbana, fornecendo os múltiplos serviços ecossistêmicos para a qualidade de vida da população nos núcleos urbanos roraimenses.

Ao abordar o conceito de Floresta Urbana, é necessário compreender que as cidades passaram e continuam passando por intensos processos de transformação, os quais modificam significativamente as características naturais do ambiente. O espaço urbano constitui-se como resultado

da ação cultural e do desenvolvimento humano que frequentemente implicam a supressão ou a alteração das formações vegetais originais para dar lugar às construções necessárias à expansão e ao funcionamento da vida urbana.

Considerando as múltiplas funções ecológicas e sociais da vegetação, essenciais à qualidade ambiental e ao bem-estar humano, os centros urbanos preservam e produzem áreas destinadas a desempenhar tais funções. Entre elas, destacam-se as áreas verdes, como parques, praças, bosques e jardins; a arborização viária, presente em ruas e canteiros centrais, bem como outros espaços abertos e ajardinados. Além disso, integram o sistema de cobertura vegetal urbana os fragmentos florestais, as Áreas de Preservação Permanente (APPs), as unidades de conservação e demais áreas protegidas. Esse conjunto de formações vegetais, públicas e privadas, de diferentes portes e distribuições, contidas nos limites geográficos das cidades, constitui o que se denomina Floresta Urbana.

Neste contexto, é fundamental considerar as principais unidades de vegetação presentes em Roraima, de modo que cada núcleo urbano possa selecionar espécies com potencial para arborização a partir da ocorrência dessas formações fitoecológicas em seu território. Esse direcionamento permite realizar estudos de compatibilidade ecológica e viabilizar a produção de mudas adequadas, garantindo maior integração das espécies escolhidas com as diferentes tipologias que compõem a Floresta Urbana.

Elencamos as seguintes espécies da Savana Amazônica para composição de ruas em Boa Vista: *Guatteria citriodora*, *Xylopia aromatica*, *Himatanthus articulatus*, *Curatella americana*, *Mabea fistulifera*, *Stryphnodendron adstringens*, *Bowdichia virgilioides*, *Senna multijuga*, *Vismia guianensis*, *Byrsonima crassifolia*, *Maclura tinctoria*, *Agonandra brasiliensis*, *Amaioua intermedia*, *Casearia sylvestris*. Sobretudo, antes do plantio faz-se necessário estudos de propagação, caracterizações morfológicas, produção de mudas e adequação aos espaços físicos de calçadas e canteiros centrais da cidade. Isso revela a possibilidade de melhoria na composição da arborização na cidade.

É importante destacar que algumas espécies aqui selecionadas estão presentes em mais de uma unidade fitoecológica, ou seja, uma mesma espécie pode aparecer em florestas densas e abertas, área de savana, em campinaranas, ecótonos, áreas de tensão, transição e contato. Essa plasticidade na distribuição das espécies ou amplitude ecológica é explicada pela biogeografia ecológica, ciência que busca compreender os padrões de distribuição de espécies e associá-los a fatores bióticos e abióticos, tais como: topografia, latitude, clima, tipo de solo, relações interespecíficas e intraespecíficas, harmônicas e/ou desarmonicas.

Ao considerarmos essa plasticidade de algumas espécies, uma vez que aparecem em diferentes unidades fitoecológicas, faz-se a indicação de 23 espécies que se apresentam em mais de três unidades fitoecológicas de Roraima, sendo elas: *Abarema jupunba*, *Anadenanthera peregrina*, *Brosimum rubescens*, *Byrsonima coccolobifolia*, *B. crassifolia*, *Casearia sylvestris*, *Dialium guianense*, *Didymopanax morototoni*, *Garcinia macrophylla*, *Guarea guidonia*, *Hirtella ciliata*, *Humiria balsamifera*, *Inga capitata*, *I. vera*, *Mabea fistulifera*, *Pourouma guianensis*, *Roupala montana*, *Senegalia polyphylla*, *Senna multijuga*, *Simarouba amara*, *Symphonia globulifera*, *Tapirira guianensis* e *Vismia guianensis*.

Algumas delas, como *Tapirira guianensis*, *Anadenanthera peregrina*, *Inga vera*, e *Byrsonima crassifolia*, já apresentam alguns exemplares plantados em calçadas da cidade de Boa Vista, capital de Roraima [7]. No entanto, encontram-se em baixa frequência de plantio em calçadas, o que pode ser reflexo do plantio realizado pela própria população. Destaca-se *Simarouba amara*, que teve a caracterização de indivíduos em Roraima, apresentando potencial para a implantação na arborização urbana da

Amazônia [43]. Ressalta-se a importância de haver uma motivação técnica do órgão competente pela arborização, para desenvolver pesquisa e experimentos de germinação e produção de mudas dessas espécies. Isto levará a melhoria na condição de novos plantios com espécies nativas nas cidades de Roraima.

Portanto, graças à capacidade de adaptação, as espécies podem se adequar às variações climáticas e edáficas impostas pelas condições urbanas, visto sua amplitude de distribuição nas unidades fitoecológicas de Roraima. Evidentemente, as pesquisas de adaptabilidade e produção de mudas com o intuito de destiná-las à arborização, devem ser precedidas a estas espécies pois a ampla distribuição fitogeográfica por si só não garante a adaptabilidade ao meio urbano, pois as características de comportamento e desenvolvimento devem ser observadas para cada espécie.

21.5. A composição de espécies fundamentada em famílias botânicas

A classificação taxonômica de indivíduos arbóreos é fundamentada no agrupamento de características botânicas, morfológicas e anatômicas. No nível de espécie, esse processo corresponde ao reconhecimento de semelhanças entre diferentes indivíduos. Na ecologia, a espécie é entendida como a menor unidade populacional permanentemente distinta e distinguível das demais, cujos indivíduos são capazes de se cruzar e gerar descendentes férteis. As espécies, por sua vez, são organizadas em diferentes táxons, como gênero, tribo e família. Assim, uma família pode reunir múltiplas espécies que compartilham características botânicas semelhantes, constituindo o que se denomina classificação sistemática vegetal. Para fins de composição, destaca-se a importância da diversidade, entendida como a maior variação possível de táxons presentes na arborização urbana. Quanto maior o número de espécies e famílias, maior será a diversidade e a variabilidade genética do conjunto arbóreo.

No planejamento da arborização, torna-se essencial assegurar essa diversidade por meio da seleção de espécies distribuídas em diferentes níveis taxonômicos. A variedade de táxons amplia os benefícios ecológicos ao ecossistema urbano, incluindo: oferta de alimento, atração da avifauna, favorecimento das estratégias de dispersão e polinização fundamentais ao estabelecimento das espécies, além da redução da incidência de pragas e doenças, entre outros ganhos ambientais.

A infestação de determinada praga ou doença, de forma letal, pode acarretar perda da espécie ou família e, conseqüentemente, geraria um déficit na quantidade de árvores da cidade. Não se deve exceder 10% de uma mesma espécie, 20% de um mesmo gênero e 30% de uma mesma família botânica. A análise dos índices de diversidade da arborização de ruas de Boa Vista, Roraima, demonstra que um grande número de espécies não é negativo; pelo contrário, indica maior diversidade, proporcionando ganhos ambientais e melhor desempenho dos serviços ecossistêmicos da arborização urbana [7,44].

Desse modo, ao tratar de diversidade de espécies, consideramos a seleção de 100 (cem) espécies e as famílias botânicas, obtendo a indicação de 38 famílias botânicas, sendo que a família Fabaceae é representada por 28 das 96 espécies selecionadas. O fato de a família Fabaceae apresentar o maior número de espécies é comum até mesmo nos inventários de arborização urbana, visto que essa família reúne a maior riqueza de espécies arbóreas nas florestas neotropicais.

Além da Fabaceae, destacam-se as famílias Lecythidaceae e Anacardiaceae, com indicação de 5 espécies cada uma. Para a primeira, destaca-se *Bertholletia excelsa* como espécie de valor econômico e cultural em muitos municípios do estado de Roraima. Porém, o seu porte e características de fruto tornam impossível a composição da arborização em ruas das cidades. A recomendação é que o seu plantio ocorra em áreas verdes de uso público restrito ou controlado nos municípios, diminuindo os riscos de acidentes (quedas de frutos) nas áreas que serão implantadas. As espécies *Gustavia augusta* e *Lecythis lurida* são indicadas em estudo de seleção de espécies arbóreas ornamentais para arborização urbana [45]. Da família Anacardeaceae foram elencadas as espécies *Anacardium giganteum*, *Anacardium spruceanum*, *Astronium lecointei*, *Spondias mombin* e *Tapirira guianensis*. Esta última é muito utilizada na arborização em cidades do Nordeste. Devem ser observadas as características morfológicas e de adaptação dessas espécies para os espaços a que se destinarão os plantios.

As famílias que representam apenas uma espécie indicada são: Araliaceae, Bixaceae, Dilleniaceae, Ebenaceae, Goupiaceae, Hypericaceae, Lauraceae, Melastomataceae, Myristicaceae, Myrtaceae, Opiliaceae, Orchnaceae, Primulaceae, Proteaceae, Salicaceae, Simaroubaceae, Urticaceae, Vochysiaceae. É importante garantir a utilização de famílias e espécies variadas na composição da arborização de uma cidade. A recomendação é a introdução de novas espécies a fim de diminuir a homogeneidade, de modo a contribuir para a melhoria estética e ecológica da cidade e evitar a perda do patrimônio arbóreo do município em caso de surto de praga ou doença [7].

21.6. Espécies com potencial para a arborização viária

Quanto às áreas urbanas que receberão as espécies, a seleção pode ser mais criteriosa quando se trata de ruas, avenidas e seus canteiros centrais, em razão das limitações impostas pelos equipamentos urbanos, como rede elétrica e de drenagem, iluminação pública, largura de calçadas, áreas de canteiro e distanciamento predial. Dentre as espécies indicadas para arborização viária, sete se apresentam entre pequeno e médio porte (considerando a altura de até 10 metros nas referências consultadas): *Xylopia aromatica*, *Ambelania acida*, *Mabea fistulifera*, *Stryphnodendron adstringens*, *Bauhinia forficata*, *Byrsonima crassifolia* e *Casearia sylvestris*. Em levantamentos de inventários florísticos da arborização pode-se encontrar a presença dessas espécies compondo a arborização de calçadas, canteiros centrais e áreas verdes públicas em várias regiões do país, fato que pode indicar os potenciais de utilização dessas espécies ou mesmo intensificar a produção de mudas para plantio.

Dentre as espécies de grande porte, já foram encontrados indivíduos nas ruas de alguns municípios do estado de Roraima, entre elas: *Jacaranda copaia*, *Handroanthus serratifolius*, *Bixa arborea*, *Curatella americana*, *Senna multijuga*, *Gustavia augusta* e *Simarouba amara*. Ressalta-se, para cada uma dessas espécies, a necessidade de compatibilizar a floração, frutificação, desenvolvimento do sistema radicular com o espaço físico aéreo, superficial e subterrâneo disponível no local do plantio. É importante buscar alternativas que indiquem oportunidades de promoção de plantio, manutenção e conservação de espécies que harmonizem com o conjunto de equipamentos sociais urbanos, implicando na eliminação de conflitos existentes e na preservação e aumento do componente arbóreo nas cidades, contribuindo efetivamente para a melhoria do ambiente nos centros urbanos.

21.7. Considerações finais

O planejamento técnico e científico da arborização urbana é essencial para as cidades de Roraima, visando a mitigar os problemas causados pela utilização indiscriminada de espécies exóticas. Esse capítulo demonstra, com base em critérios dendrológicos, fenológicos e ecológicos, que a priorização de espécies nativas, endêmicas e autóctones é a abordagem mais eficaz para arborizar cidades. Essa abordagem não apenas promove a resiliência dos ecossistemas urbanos e a conservação da biodiversidade local, mas também fortalece as interações ecológicas com a fauna e minimiza conflitos com a infraestrutura urbana.

O capítulo fornece uma lista detalhada de quase 100 espécies nativas com potencial para a arborização urbana, considerando a diversidade fitoecológica do estado. Destaca-se, ainda, a plasticidade de 23 espécies com ampla distribuição ecológica, o que as torna candidatas promissoras para adaptação às condições adversas impostas pelo ambiente urbano. Entretanto, a implementação prática requer estudos complementares de propagação, produção de mudas e avaliação de desempenho em campo, de modo a garantir compatibilidade morfológica e fisiológica com o espaço urbano disponível.

Em síntese, a adoção dessas diretrizes científicas contribui para fundamentar tecnicamente a elaboração de planos municipais de arborização em Roraima, apontando caminhos para o estabelecimento de florestas urbanas mais sustentáveis, biodiversas e alinhadas com as características ambientais e culturais da região amazônica.

21.8. Referências

- [1] Lima Neto EM, Biondi D. Acessibilidade: um novo desafio para a arborização de ruas. In: Biondi D, Lima Neto EM, organizadores. Pesquisas em arborização de ruas. Curitiba: Autor; 2011. p. 131-50.
- [2] Muneroli CC. Arborização urbana: espécies arbóreas nativas e a captura do carbono atmosférico [dissertação]. Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo; 2009.
- [3] Blum CT, Borgo M, Sampaio ACF. Espécies exóticas invasoras na arborização de vias públicas de Maringá-PR. *Rev Soc Bras Arboric Urb.* 2008;3(2):78-97.
- [4] Toscan MAG, Ricklin HC, Bartinick D, Santos DS, Rossa D. Inventário e análise da arborização do bairro Vila Yolanda, do município de Foz do Iguaçu-PR. *Rev Soc Bras Arboric Urb.* 2010;5(3):165-84.
- [5] Pereira FT. Caracterização da arborização urbana no bairro São João Batista, Volta Redonda, RJ [monografia]. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro; 2011.
- [6] Maranhão AS, Paula SRP, Lima E, Paiva V, Alves AP, Nascimento DO. Levantamento censitário da arborização urbana viária de Senador Guimard, Acre. *Rev Soc Bras Arboric Urb.* 2012; 7(3):44-56.
- [7] Lima Neto EM, Biondi D, Pinheiro FAP, Condé TM, Dias L, Gonçalves MP. Índices ecológicos para a gestão da arborização de ruas de Boa Vista-RR. *Rev Soc Bras Arboric Urb.* 2021; 16(1):21-34.
- [8] Silva JG, Perelló LFC. Conservação de espécies ameaçadas do Rio Grande do Sul através de seu uso no paisagismo. *Rev Soc Bras Arboric Urb.* 2010;5(4):1-21.

- [9] Elias GA, Citadini-Zanette V, Santos R. Árvores nativas para arborização urbana no sul de Santa Catarina, Brasil. *Rev Bras Agroecol.* 2020;15(5):12.
- [10] TerSteege H, Vaessen R, Cárdenas-López D, Sabatier D, Antonelli A, Oliveira S, et al. A descoberta da flora arbórea da Amazônia com uma lista atualizada de todos os taxa arbóreos conhecidos. *Bol Mus Paraense Emílio Goeldi Cienc Nat.* 2017;11(2):231-61.
- [11] Condé TM, Tonini H. Fitossociologia de uma floresta ombrófila densa na Amazônia setentrional, Roraima, Brasil. *Acta Amaz.* 2013;43(3):247-60.
- [12] Biondi D, Althaus M. Árvores de rua de Curitiba: cultivo e manejo. Curitiba: FUPEF; 2005.
- [13] Cecchetto CT, Christmann SS, Oliveira TD. Arborização urbana: importância e benefícios no planejamento ambiental das cidades. In: XVI Seminário Internacional de Educação no Mercosul; 2014.
- [14] Spathelf P, Nutto L. Modelagem aplicada ao crescimento e produção florestal. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria; 2000.
- [15] Chagas RK, Durigan G, Contieri WA, Saito M. Crescimento diametral de espécies arbóreas em floresta estacional semidecidual ao longo de seis anos. In: Pesquisa em conservação e recuperação ambiental no oeste paulista. São Paulo: Instituto de Biociências, USP; 2004. p. 265-90.
- [16] Jans L, Poorter L, Rompaey RSAR, Bongers F. Gaps and forest zones in tropical moist forest in Ivory Coast. *Biotropica.* 1993;25(3):258-69.
- [17] Budowski GN. Distribution of tropical American rain forest species in the light of succession processes. *Turrialba.* 1965;15(1):40-2.
- [18] Whitmore TC. Tropical rain forest dynamics and its implications for management. In: Gomes-Pompa A, Whitmore TC, Hadley M, editors. Rain forest regeneration and management. Paris: UNESCO; 1990. p. 67-89.
- [19] Pereira JS, Rodrigues SC. Crescimento de espécies arbóreas utilizadas na recuperação de área degradada. *Caminhos Geogr.* 2012;13(41):102-10.
- [20] Zechini AA. Morfometria, produção, fenologia e diversidade genética: subsídios para conservação da *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze e coleta sustentável do pinhão no Planalto Catarinense [dissertação]. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina; 2012.
- [21] Oliveira OS. Tecnologia de sementes florestais: espécies nativas. Curitiba: Ed. UFPR; 2012.
- [22] Ministério Público do Paraná. Manual para elaboração do plano municipal de arborização. 2ª ed. Curitiba: Procuradoria-Geral de Justiça; 2018.
- [23] Schomaker ME, Zarnoch SJ, Bechtold WA, Latelle DJ, Burkman WG, Cox SM. Crown-condition classification: a guide to data collection and analysis. Asheville: USDA, Forest Service, Southern Research Station; 2007.
- [24] Gallo BC, Alvarez IA, Garçon EAM. Comparação entre temperatura de superfície e presença de vegetação viária em dois bairros de Campinas-SP. In: Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Curitiba: INPE; 2013.
- [25] Mascaró JJ. Significado ambiental-energético da arborização urbana. *Rev Urban Arquit.* 2008;7(1).
- [26] Natal. Secretaria Municipal de Meio Ambiente. Manual de arborização urbana. Natal; 2009.
- [27] Barros EFS, Guilherme FAG, Carvalho RS. Arborização urbana em quadras de diferentes padrões construtivos da cidade de Jataí. *Rev Árvore.* 2010;34(2):287-95.

- [28] Martho G, Amabis JM. Desenvolvimento e morfologia das plantas angiospermas. In: *Biologia dos organismos*. São Paulo: Moderna; 2009.
- [29] Turolla MSR, Nascimento ES. Informações toxicológicas de alguns fitoterápicos utilizados no Brasil. *Rev Bras Cienc Farm*. 2006;42(2):289-306.
- [30] Di Stasi LC. Plantas medicinais: verdades e mentiras – o que os usuários e os profissionais de saúde precisam saber. São Paulo: Ed. UNESP; 2007.
- [31] Apollo M, Dash SK, Padhy S. Eco-consciousness for poisonous and injurious plants among urban dwellers of Bhubaneswar, Orissa. *J Hum Ecol*. 2006;19(4):239-48.
- [32] Porto LPM, Brasil HMS, organizadores. Manual de orientação técnica da arborização urbana de Belém: guia para planejamento, implantação e manutenção da arborização em logradouros públicos. Belém: UFRA; 2013.
- [33] Emer AA, Bortolini CE, Arruda JH, Rocha KF, Mello NA. Valorização da flora local e sua utilização na arborização das cidades. *Synergismus Scyentifica*. 2011;1(6).
- [34] Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade. Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro: região norte. Série Biodiversidade. Brasília: MMA; 2022. (n. 53).
- [35] Lorenzi H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Vol. 1. Nova Odessa: Plantarum; 1992.
- [36] Lorenzi H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Vol. 2. Nova Odessa: Plantarum; 1998.
- [37] Carvalho PER. Espécies arbóreas brasileiras. Vol. 1. Colombo: Embrapa Florestas; 2003.
- [38] Carvalho PER. Espécies arbóreas brasileiras. Vol. 2. Colombo: Embrapa Florestas; 2006.
- [39] Carvalho PER. Espécies arbóreas brasileiras. Vol. 3. Colombo: Embrapa Florestas; 2008.
- [40] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Censo demográfico 2022. Rio de Janeiro: IBGE; 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rr/panorama>.
- [41] Barbosa RI, Campos C, Pinto F, Fearnside PM. The “Lavrados” of Roraima: biodiversity and conservation of Brazil’s Amazonian savannas. *Funct Ecosyst Communities*. 2007;1:29-41.
- [42] Barbosa RI, Santos JRS, Cunha MS, Pimentel TP, Fearnside PM. Root biomass, root:shoot ratio and belowground carbon stocks in the open savannahs of Roraima, Brazilian Amazonia. *Aust J Bot*. 2012;60:405-16.
- [43] Lima Neto EM, Prado RJ, Nascimento VB, Silva CC. Caracterização de *Andira surinamensis*, *Jacaranda copaia* e *Simarouba amara* para implantação na arborização urbana da Amazônia. In: VII CONNEPI – Congresso Norte-Nordeste de Pesquisa e Inovação; 2018; Pernambuco.
- [44] Santamour FS Jr. Trees for urban planting: diversity, uniformity, and common sense. In: 7th METRIA Conference; 1990; Lisle. p. 57-66.
- [45] Salomão RP. Guia de seleção de árvores ornamentais: paisagismo urbano para a Amazônia. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi; 2024.

Capítulo 22

CARACTERIZAÇÃO FLORÍSTICA DO TOCANTINS E INDICAÇÃO DE ESPÉCIES NATIVAS POTENCIAIS PARA ARBORIZAÇÃO URBANA

*Por Ricardo Flores Haidar, Benedito Alísio da Silva Pereira,
Frederico Augusto Guimarães Guilherme e Eduardo Ribeiro dos Santos*

22.1. Destaques deste capítulo

1. O Tocantins apresenta diferentes tipos de vegetação, como Cerradão, florestas estacionais, matas de galeria e formações campestres (Campo Sujo, Campo Limpo e Campo de Murundum);
2. A posição entre o Cerrado e a Amazônia favorece a ocorrência de áreas de transição, que concentram formações florestais com características próprias;
3. A vegetação ocorre em diferentes classes de solos, como Latossolos, Argissolos, Neossolos Quartzarênicos e Gleissolos, que influenciam a composição florística;
4. Espécies nativas do Tocantins apresentam atributos como porte, floração, folhagem e sombra que permitem seu uso no paisagismo urbano, favorecendo conforto térmico, identidade regional e atração de fauna;
5. O levantamento em cidades tocantinenses mostra a presença de espécies tanto nativas quanto exóticas, com destaque para a necessidade de ampliar o uso de espécies regionais, de modo a diversificar a arborização e reduzir impactos de escolhas inadequadas.

22.2. Introdução

O estado do Tocantins possui área territorial de 277.620 km² dividida em 139 municípios integralmente inseridos em 30 bacias do sistema hidrográfico Tocantins-Araguaia [1]. Esse amplo território está sujeito a expressivas variações de temperatura, precipitação e déficit hídrico que perfazem gradiente climático correlacionado com a elevada heterogeneidade geológica e de classes de solo [2] registradas no estado.

As condições ambientais diversificadas proporcionam a existência de distintas unidades de paisagem ou ecorregiões dos biomas Cerrado e Amazônia no território tocantinense inseridas no mosaico de fitofisionomias campestres, savânicas (cerrados) e florestais [3-6]. Adicionalmente, a cobertura vegetal do estado ainda expressa forte influência fitogeográfica da Caatinga (região sudeste) e do Pantanal nas planícies inundáveis do Araguaia/Bananal [6,7].

O território tocantinense integra a região onde estão inseridos os últimos grandes remanescentes de vegetação nativa do Cerrado sob forte impacto da rápida perda de habitat para o agronegócio de *commodities* agrícolas [8,9]. Com parte dos estados do Maranhão (oeste), Piauí (sudoeste) e Bahia (oeste), Tocantins integra a região do MATOPIBA, designada como a última fronteira agrícola do Cerrado.

O avanço da perda de cobertura vegetal nativa e biodiversidade no MATOPIBA é freado somente pela presença de relevos acidentados e/ou solos de baixa aptidão agrícola (extremamente arenosos e pedregosos) que, em geral, abrigam Unidades de Conservação, Reservas Legais das propriedades rurais e, sobretudo, agricultores familiares e comunidades tradicionais. Essa população ainda possui cultura associada ao uso dos recursos naturais, em especial os produtos madeiros e não madeiros fornecidos pela flora nativa do Cerrado. Esse cenário é contrário às mudanças de cultura observadas nas regiões Sul e Sudeste do Brasil, justamente pela impactante substituição da flora nativa por cobertura vegetal exótica. Para diminuir o impacto de perda de recursos naturais, biodiversidade e cultura regional em função do avanço das atividades agropecuárias, medidas mitigadoras efetivas precisam ser tomadas na região do MATOPIBA, como o planejamento da arborização urbana baseada em espécies vegetais nativas.

A urgente necessidade de aproveitamento da flora nativa em benefício da população regional e do país é evidente. Além do uso direto pela população local (alimentício, medicinal, melífero, ornamental, espiritual etc.), centenas de espécies de árvores podem ser cultivadas com a finalidade de diversificar a arborização das cidades, proporcionando beleza e bem-estar social. Os benefícios são diversos, como: local de descanso, contemplação e lazer aos habitantes, redução de ruídos, poeira e gases poluentes, valoração paisagística e histórico-cultural dos municípios e imóveis; prevenção de processos erosivos; atração e abrigo à fauna regional, além da amenização térmica e geração de sombra. Esses últimos benefícios são fundamentais em regiões quentes como na maioria das áreas urbanas do estado do Tocantins, onde há elevada insolação e baixa circulação do ar.

Apesar de comportar notável diversidade de paisagens, fitofisionomias e espécies vegetais nativas, a arborização urbana nos municípios do estado do Tocantins é baseada em espécies exóticas. Na capital Palmas, por exemplo, há predomínio das exóticas *Syzygium* spp. (jamelão, João-melão), *Tabebuia rosea* (ipê-rosa) e *Mangifera indica* (mangueira) [10]. Essa condição contraditória se dá pela falta de informações completas sobre o manejo de extração e reprodução, taxas de crescimento e os benefícios ambientais e sociais do uso de espécies nativas da flora na arborização urbana. Sobretudo, faltam materiais didáticos que adotem linguagem simplificada e compatível com a praticada por gestores, técnicos e extensionistas do setor público atuantes nas atividades de arborização de áreas urbanas dos 139 municípios do estado.

Esse capítulo foi elaborado com dois objetivos: (i) caracterizar a cobertura vegetal nativa do território do Tocantins, em nível de bioma, regiões fitoecológicas, formações vegetais, fitofisionomias e, posteriormente, (ii) disponibilizar lista de espécies da flora arbórea e arbustiva nativas com os atributos potenciais para arborização urbana e rural no território tocantinense.

22.3. Histórico de ocupação do território do estado do Tocantins e sua influência na arborização urbana

O início da ocupação e modificação da cobertura vegetal original do Tocantins ocorreu na época da colonização portuguesa e dos bandeirantes paulistas, voltada para a procura de metais

preciosos. No entanto, a descaracterização da cobertura vegetal ocorreu de forma intensificada quando a pecuária foi introduzida como elemento complementar das atividades mineradoras [11].

O caráter indutor da rodovia BR-153 (Rodovia Transbrasiliana) possibilitou o surgimento e o crescimento de inúmeros núcleos urbanos ao longo de seu traçado, fundamentando a estruturação da rede urbana do estado, na época ainda Goiás. Nesse período, plantas exóticas foram inseridas na arborização das cidades do estado e hoje são evidenciadas por árvores centenárias, em especial de frutíferas como mangueiras, que possuem significado histórico de ocupação e fixação humana em muitas regiões [11].

A implantação de projetos desenvolvimentistas (Polamazônia, Polocentro, Prodiat, Prodecer III e Projeto Rio Formoso), entre os anos 1960 e 1970, impulsionou a expansão da fronteira agropecuária no norte goiano, tendo a pecuária de corte como a atividade de maior destaque no norte do Bico do Papagaio [11]. Nessa região, que integra o “Arco do Desmatamento”, foram realizadas as primeiras e expressivas modificações da cobertura vegetal do Tocantins, num período de extração pouco racional de valiosas madeiras de árvores como mogno (*Swietenia macrophylla*) e castanheira-do-pará (*Bertholletia excelsa*) [12], que são reconhecidamente ameaçadas de extinção [13].

A planície inundável da Bacia do Araguaia (com cerca de 1,2 milhão de hectares), onde se instalou o Projeto Rio Formoso na década de 1970, tornou-se uma das mais promissoras regiões para a expansão da orizicultura brasileira. Trata-se de região com condições ambientais (clima e disponibilidade de recursos hídricos) e logísticas (barragens, canais principais de irrigação e drenagem, sistema viário interno etc.) para atendimento do mercado das regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste [11].

No período de 1989 a 2002, a área média cultivada com arroz nas várzeas do estado do Tocantins (Projeto Rio Formoso) foi de 49 mil hectares, com uma produção de 204 mil toneladas e produtividade média de 4.175 kg ha⁻¹ [11]. Apesar da promissora produção agrícola, as inúmeras barragens para irrigação, aliadas ao período de chuvas mais concentradas e intensas, têm prejudicado a quantidade e qualidade dos recursos hídricos do Sistema Hídrico do Araguaia no sudeste do Tocantins, em especial as bacias dos rios Javaés e Formoso.

A partir de 2005, os monocultivos agrícolas foram introduzidos na região central do Tocantins, impulsionados por políticas públicas; financiamentos bancários atrativos de ocupação do MATOPIBA; e, sobretudo, o baixo valor das terras ainda cobertas por vegetação nativa nessa região [9]. Safras recordes de cultivares de soja adaptados à região, com produção de até 80 sacas por hectare, superaram a expectativa de produção e com isso promoveram a abertura de novas áreas até mesmo em condições edáficas antes adversas para produção agrícola como os Neossolos Quartzarênicos e Plintossolos Pétricos [14].

A forma de ocupação e do crescimento populacional, baseada principalmente na agricultura e pecuária, contribuiu para as principais alterações nas diferentes fitofisionomias no Tocantins e impulsionou a arborização com espécies vegetais exóticas, assim como a maioria dos centros urbanos das unidades federativas do Brasil. A priorização de espécies exóticas parece ser regra na arborização urbana do Brasil, em detrimento da escolha de centenas de espécies regionais adaptadas às condições climáticas e edáficas locais. Além do predomínio de plantio de árvores exóticas, não há planejamento que considere a manutenção da vegetação arbórea nativa [15].

Uma mudança de paradigmas em relação ao planejamento da arborização urbana contendo elementos da flora nativa é imprescindível diante da intensa perda de área de vegetação nativa nas últimas décadas do Tocantins.

Estudos sobre a dinâmica e uso da terra revelam que no ano de 1990 aproximadamente 51.665,25 km² (cerca de 19% do território tocantinense) apresentava cobertura vegetal alterada ou modificada, sobretudo, os ambientes de floresta do norte do estado, por meio da introdução de pastagens artificiais. Entre os anos de 1999 e 2007, essa análise revelou que mais 24.965,90 km² foram modificados em função da criação do estado do Tocantins e da capital, Palmas, na margem direita do Rio Tocantins. Ou seja, até o ano de 2007, 29,71% da cobertura vegetal do estado foi convertida para fins de ocupação populacional [1]. Dessa data até o início de 2020, o acelerado processo de abertura de novas áreas para produção agropecuária resultou na modificação de 32,27% da cobertura vegetal nativa do território tocantinense [16].

22.4. Compartimentos ambientais e fisiográficos do estado do Tocantins

O território tocantinense abrange amplo gradiente climático, com oscilação, de leste a oeste, entre os climas Subúmido Seco, Úmido Subúmido e Úmido. A precipitação média anual varia entre os extremos de 1.300 mm, na região sudeste do estado, chegando a 2.100 mm na região centro-oeste, enquanto a temperatura média do ar oscila de 26 a 28 °C [1].

Em termos geológicos, o estado do Tocantins apresenta em sua superfície quatro ambientes distintos: Bacias Sedimentares (39,36% do território), Embasamentos em Estilos Complexos (20,64%), Faixas Orogênicas (19,61%), Depósitos Sedimentares Inconsolidados (19,35%). Das rochas que compõem esses ambientes geológicos, são derivadas ao menos dez classes de solos, com destaque para os Plintossolos, Neossolos, Latossolos, Argissolos, Gleissolos e Cambissolos [1]. Existem expressivas associações geológicas e edáficas na paisagem. Nas Bacias Sedimentares predominam os Neossolos Quartzarênicos, nos embasamentos em estilos complexos há um mosaico de Latossolos, Argissolos e Plintossolos. Nos depósitos sedimentares inconsolidados predominam os Plintossolos Pétricos, enquanto nas faixas orogênicas Argissolos e Plintossolos são os mais representativos.

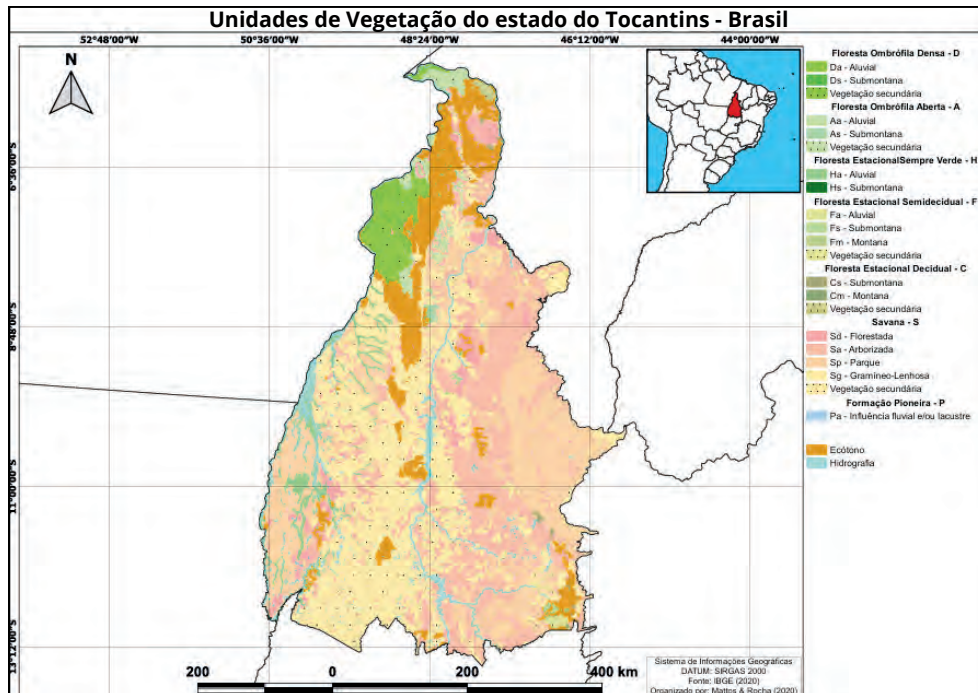
Os corpos hídricos correspondem a 1,04% da área do estado e podem ser hierarquizados em 30 bacias, com base na topografia, nas drenagens e áreas de captação de águas pluviais. Existem 16 bacias associadas ao sistema hidrográfico do Rio Araguaia e outras 14 pertencentes ao sistema do Rio Tocantins [1]. O encontro desses dois grandes rios (Araguaia e Tocantins) acontece no extremo norte do estado, na região conhecida como Bico do Papagaio.

22.5. Biomas, regiões fitoecológicas, ecorregiões do estado do Tocantins

Dos estados integrantes do MATOPIBA, o Tocantins é aquele que exibe território inserido nos biomas Cerrado e Amazônia [17] e na transição Cerrado-Amazônia (Figura 1). A maior parte do estado, compreendendo 181.092,42 km² (65% da área) pertence ao bioma Cerrado. As

florestas estacionais cobrem 13,09% da área do estado, as florestas inseridas no bioma Amazônia cobrem 5,30% e as extensas áreas de tensão ecológica exibem 21.460 km² (15,02% do território tocantinense) na forma de ecótonos entre as florestas (Estacional/Ombrófila) e os encraves de Cerrado e florestas (Estacional/Ombrófila) [1].

Figura 22.1 – Mapa fitogeográfico do estado do Tocantins.



Fonte: Mattos e Rocha; IBGE.

Apesar do predomínio de formações savânicas do bioma Cerrado, a localização geográfica do estado, na parte central do Brasil, proporciona a influência fitogeográfica de outros biomas brasileiros sobre a vegetação do território tocantinense [6,7]. Por exemplo, na parte sudoeste do estado, sob a influência do Rio Araguaia, desenvolve-se vegetação de várzea similar à do bioma Pantanal (matas ciliares e parques de cerrados inundáveis), enquanto na região sudeste são registradas áreas de contatos entre Cerrado e Caatinga, expressos na forma de cerrados decíduos, carrascos e matas secas (florestas estacionais decíduais). No centro do estado, predominam cerrados, cerradões e florestas estacionais (decíduais e semidecíduais) em regiões de relevo ondulado, como na região da Serra do Lajeado e nas Serras Gerais, além de cerrados ralos e formações campestres na região do Jalapão, ao leste. Já no norte do estado ocorrem cerrados, cerradões, florestas ombrófilas, florestas estacionais (decíduais, semidecíduais e perenes) e áreas de ecótono Floresta Estacional/Ombrófila.

Do bioma Cerrado, estão presentes no estado oito ecorregiões: Alto Parnaíba, Araguaia-Tocantins, Bananal, Bico do Papagaio, Chapada do São Francisco, Planalto Central, Paranaguá e Vão do Paranã [4]. Em relação ao bioma Amazônia, estão presentes a Floresta Ombrófila e a Floresta Estacional Sempre-Verde. As descrições iniciais sobre a vegetação do estado abrangeram

seis folhas do Projeto RADAMBRASIL [18] (SB 22 – Araguaia, SC 22 – Tocantins, SB 23 – Teresina, SC 23 – São Francisco, SD 23 – Brasília, SD 22 – Goiás) e apresentaram a complexidade de suas regiões fitoecológicas. Estudos recentes sobre a flora do estado, como as “Avaliações Ecológicas Rápidas” em áreas prioritárias para a conservação, os planos de manejo de algumas Unidades de Conservação do estado, o inventário florestal da região do Bico do Papagaio e os artigos científicos a respeito, têm realçado a alta riqueza e diversidade da vegetação tocan-tinense.

No período de 2008 a 2011, Tocantins foi contemplado pelo projeto “Mapeamento das Regiões Fitoecológicas e Inventário Florestal do Estado do Tocantins” [6]. O objetivo principal foi reconstituir a vegetação nativa em sistemas cartográficos na escala de 1:100.000 e inventariar a cobertura vegetal de todas as 30 bacias do sistema hidrográfico Tocantins-Araguaia. Além do árduo serviço de geoprocessamento, foram inventariadas 2.536 parcelas, totalizando área amostral de 129,3 hectares em ambientes fitogeográficos de Cerrado, Floresta Estacional e Floresta Ombrófila, englobando diversas fitofisionomias e contatos florísticos. As atividades de coleta botânica originaram 2.734 espécies vegetais coletadas com ramos férteis para serem depositados nos herbários nacionais e internacionais. No total foram registrados 3.698 taxa de plantas vasculares distribuídas em 826 gêneros e 149 famílias botânicas [6].

Com base nos resultados desse projeto, foram selecionadas 237 espécies arbóreas e arbustivas de formações savânicas e florestais do território tocan-tinense. Recorremos ao *site* da Flora do Brasil 2020 [19] (<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>), para fazer verificações sobre a validade, a grafia correta e a autoria dos nomes científicos. Em seguida foram atribuídos caracteres funcionais relevantes para a arborização urbana por meio da experiência dos autores e de vasta pesquisa bibliográfica, com priorização das informações disponíveis no *site* Árvores do Bioma Cerrado [20] (www.arvoresdobiomacerrado.com.br).

Dessa forma, foi elaborada a primeira lista contendo informações sintetizadas e padronizadas sobre a arquitetura e a estrutura da planta adulta, a fenologia reprodutiva e vegetativa, o *status* de conservação, a fauna associada, as perspectivas de crescimento e as indicações de locais adequados para o plantio. Todas as definições e classes dos caracteres encontram-se disponíveis na Tabela 1, de modo a auxiliar gestores públicos e demais agentes envolvidos na compreensão e na seleção adequada das espécies arbóreas.

Tabela 22.1 – Lista de espécies nativas indicadas para arborização urbana no estado do Tocantins.

Família/Espécie	Nome popular	Habitat	PoA	LCo	DFC	PeF	PSR	EFI	EMF	FFM	VCr	DeM	EPP	FaA	SCN	RFS	RSH
Anacardiaceae																	
<i>Anacardium occidentale</i> L.	cajuí, cajuzinho-do-cerrado	CDO, CDA	Bai	Lar	Den	Per	Pr	Jul-Ago	Set-Out	Alt	Alt	Bai	ru, av, p ^{rs} , pq, et, qu	in, av, ma	NA	cf	sa
<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott	gongalo-alves, gongaleiro	CDA, FES, FED, FGN	Alt	Méd	Méd	Cad	Pr	Jul-Ago	Set-Out	Alt	Mod	Alt	ru, av, p ^{rs} , pq	in, av	LC	cc	sa
<i>Astronium urundeuva</i> (M. Allemão) Engl.	arocira	FES, FED, FGN	Méd	Méd	Méd	Cad	Pr	Jul-Ago	Set-Out	Méd	Mod	Alt	ru, av, p ^{rs} , pq	in, av	NA	cc	sa
<i>Spondias mombin</i> L.	cajá, cajazeira	FES, FED, FGN	Alt	Lar	Den	Cad	Pr	Out-Nov	Fev-Abr	Alt	Mod	Bai	av, p ^{rs} , pq, qu	in, av, ma	NA	cc	ad
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	pombeiro, pau-pombo	FGI	Méd	Lar	Rala	Per	Pr	Out-Fev	Fev-Mai	Alt	Alt	Bai	ru, av, p ^{rs} , pq, et	in, av, pe	NA	cf	ad
<i>Thyrsodium spruceanum</i> Benth.	amaparana	FEP, FES, FOD	Alt	Lar	Den	Per	Mp	Out-Fev	Fev-Mai	Méd	Alt	Méd	ru, av, p ^{rs} , pq, et	in, av	NA	cf	sa
Annonaceae																	
<i>Annona coriacea</i> Mart.	araticum, bruto-cagão	CDO, CDA	Méd	Est	Méd	Per	Pr	Out-Dez	Jan-Mar	Bai	Bai	Bai	ru, av, p ^{rs} , pq, qu	in, av, ma	LC	cf	sa
<i>Annona crassiflora</i> Mart.	araticum, articum	CDO, CDA	Méd	Méd	Den	Per	Pr	Out-Dez	Jan-Mar	Bai	Bai	Méd	ru, av, p ^{rs} , pq, qu	in, av, ma	NA	cf	sa
<i>Bocageopsis matogrossensis</i> (R.E.Fr.) R.E.Fr.	pindaíba, envira, embira	FES, FGN, CDA	Alt	Méd	Méd	Per	Pr	Todo ano	Mai-Nov	NA	NA	Méd	ru, av, p ^{rs} , pq, et	in, av	NA	cf	sa
<i>Cardiophyllum calophyllum</i> Schltdl.	embira-branca	FES, FGN, CDA	Bai	Est	Den	Per	Pr	Jun-Set	Mar-Abr	Bai	Mod	Méd	ru, av, p ^{rs} , pq, et	in, av	NA	cf	sa
<i>Duguetia margraniana</i> Mart.	ata-brava	FES, FGN	Alt	Méd	Méd	Per	Pr	Out-Nov	Jan-Mar	Méd	Mod	Alt	ru, av, jd, pr, pq, et	in, av, ma	NA	cf	sa

(continua)

(continuação)

Família/Espécie	Nome popular	Habitat	PoA	LCo	DFC	PeF	PSR	EFI	EMF	FFM	VCr	DeM	EPP	FaA	SCN	RFS	RSH
<i>Oxandra reticulata</i> Maas	embireira	FED, FES	Méd	Méd	Méd	Cad	Pr	Nov-Dez	Abr-Mai	Méd	NA	Alt	ru, av, pr, pq	in, av	LC	cf	sa
<i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart.	pindaíba, pimenta-de-macaco	FES, FGN, CDA	Méd	Méd	Rala	Per	Pr	Nov-Mar	Nov-Mar	Bai	Mod	Méd	ru, av, pr, pq, et	in, av	LC	cf	sa
<i>Xylopia emarginata</i> Mart.	pindaíba, pindaíba-do-brejo	FGI	Alt	Est	Den	Per	Mp	Nov-Jan	Jul-Ago	Méd	Alt	Méd	ru, av, pr, pq	in, av	NA	cf	ad
Apocynaceae																	
<i>Aspidosperma carapanaúba</i> Pichon	carapanaúba	FEP, FOD	Alt	Lar	Den	SCad	Mp	Set-Out	Nov-Dez	Bai	Mod	Alt	av, pr, pq	in, av	NA	cf	sa
<i>Aspidosperma brasiliense</i> A.S.S. Pereira & A.C.D. Castello	canela-de-velho	FED, FES, MG, MC	Alt	Méd	Méd	BCad	Pr	Out-Dez	Ago-Set	Méd	Mod	Alt	av, pr, pq	in, av	NA	cc	sa
<i>Aspidosperma macrocarpon</i> Mart. & Zucc.	guatambu	CDO, CDA	Bai	Est	Rala	BCad	Pr	Jun-Jul	Ago-Set	Méd	Mod	Alt	av, pr, pq, jd	in, av	LC	cf	sa
<i>Aspidosperma pyrifolium</i> Mart. & Zucc.	peroba, peroba-rosa, guatambu	FED	M Alt	Méd	Den	Cad	Pr	Out-Dez	Ago-Set	Méd	Mod	Alt	ru, av, pr, pq	in, av	NA	cc	sa
<i>Aspidosperma spruceanum</i> Benth. ex Müll.Arg.	guatambu	FED, FES, MG, MC	Alt	Méd	Méd	BCad	Pr	Out-Dez	Ago-Set	Méd	Mod	Alt	av, pr, pq	in, av	NA	cf	sa
<i>Hancornia speciosa</i> Gomes	mangaba	CDO, CDA	Bai	Méd	Den	BCad	Pr	Jun-Ago	Set-Nov	Alt	Mod	Méd	ru, av, pr, pq, et, qu	in, av, ma	NA	cf	sa

(continua)

(continuação)

Família/Espécie	Nome popular	Habitat	PoA	LCo	DFC	PeF	PSR	EFI	EMF	FFM	VCr	DeM	EPP	FaA	SCN	RFS	RSH
<i>Himatanthus obonatus</i> (Müll. Arg.) Woodson	sucuuba-do-cerrado	CDO, CDA	Bai	Est	Den	SCad	Pr	Todo ano	Set-Nov	Méd	Bai	Alt	jd, av, pr, pq	in, av	NA	cf	sa
<i>Himatanthus articulatus</i> (Vahl) Woodson	tiborna, leiteiro, sucuuba	FES, CDA, CDO	Méd	Méd	Méd	Per	Pr	Set-Nov	Set-Out	Méd	Mod	Bai	jd, av, pr, pq, et	in, av	NA	cf	sa
Araliaceae																	
<i>Didymopanax morototoni</i> (Aubl.) Decne. & Planch.	caixeteiro, morototó	FES, FED, FGN	M Alt	Méd	Rala	SCad	Pr	Fev-Abr	Jun-Ago	Alt	Alt	Bai	av, pr, pq	in, av	NA	cf	sa
<i>Didymopanax vinosus</i> (Cham. & Schltdl.) Marchal	mandiocão	CDO, CDA	Bai	Méd	Rala	SCad	Pr	Abr-Mai	Ago-Set	Méd	Mod	Bai	av, pr, pq	in, av	NA	cf	sa
Arecaceae																	
<i>Acrocomia aculeata</i> (Jacq.) Lodd. ex Mart.	macaúba, coco-xodó	FES, FED	Méd	Est	Den	Per	Su	Out-Jan	Nov-Fev	Méd	Mod	Bai	av, pr, pq, qu	in, av, ma	NA	cc	sa
<i>Astrocaryum aculeatum</i> G.Mey.	tucum, bjaúba	FGI, FGN	Méd	Est	Méd	Per	Su	Nov-Mar	Jan-Mar	Méd	Mod	Bai	av, pr, pq, qu	in, av, ma	NA	cc	ad
<i>Attalea phalerata</i> Mart. ex Spreng.	bacuri	FES, FED	Bai	Est	Den	Per	Su	Jun-Jul	Fev-Mar	Méd	Mod	Bai	av, pr, pq, qu	in, av	LC	cc	sa
<i>Attalea speciosa</i> Mart. ex Spreng.	babaçu, indaiá	FES, FED	M Alt	Est	Den	Per	Su	Dez-Jan	Jun-Jul	Méd	Mod	Bai	av, pr, pq, qu	in, av, ma	NA	cc	sa
<i>Euterpe edulis</i> Mart.	palmito, palmito	FGI	Méd	Est	Rala	Per	Su	Jul-Ago	Dez-Jan	Alt	Alt	Bai	ru, av, pr, pq, qu	in, av, mo, pe	VU	cf	ad

(continua)

(continuação)

Família/Espécie	Nome popular	Habitat	PoA	LCo	DFC	PeF	PSR	EFI	EMF	FFM	VCr	DeM	EPP	FaA	SCN	RFS	RSH
<i>Euterpe oleracea</i> Mart.	açaí	FGI	Méd	Est	Rala	Per	Su	Jul-Ago	Dez-Jan	Alt	Alt	Bai	ru, av, p ^{rs} , pq, qu	in, av, mo, pe	NA	cf	ad
<i>Mauritia flexuosa</i> L.f.	buriti, buritizeiro	FGI, VER	M Alt	Est	Méd	Per	Su	Fev-Abr	Nov-Jan	Méd	Mod	Bai	av, p ^{rs} , p ^q , qu	in, av, pe	NA	cf	ad
<i>Mauritiella armata</i> (Mart.) Burret	buritirana	FGI, VER	Bai	Est	Rala	Per	Su	Mar-Abr	Set-Out	Méd	Mod	Bai	av, p ^{rs} , p ^q , qu	in, av, pe	NA	cf	ad
<i>Oenocarpus distichus</i> Mart.	bacaba	FES, FPE, CDA	Alt	Est	Méd	Per	Su	Jan-Dez	Jan-Dez	Méd	Mod	Méd	ru, av, p ^{rs} , pq, qu	in, av, ma	NA	cf	sa
<i>Syagrus oleracea</i> (Mart.) Becc.	guariroba, gueroba	FES, FED	Méd	Est	Rala	Per	Su	Ago-Set	Dez-Jan	Alt	Mod	Bai	ru, av, p ^{rs} , pq, qu	in, av	NA	cf	sa
Bignoniaceae																	
<i>Cybisax antiyphilitica</i> (Mart.) Mart.	ipê-verde, ipê-mandioca	CDO, CDA	Méd	Est	Méd	Cad	Pr	Jul-Ago	Jul-Set	Alt	Mod	Méd	ru, av, p ^{rs} , pq	in, av	NA	cf	sa
<i>Handroanthus chrysotrichus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	ipê-amarelo, pau-d'arco- amarelo	FES, FED, FGN	Alt	Méd	Méd	Cad	Pr	Jun-Set	Set-Nov	Alt	Mod	Alt	ru, av, p ^{rs} , pq	in, av	NA	cc	sa
<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	ipê-roxo, pau-d'arco-roxo	FES, FED, FGN	Alt	Lar	Méd	Cad	Pr	Jun-Ago	Ago-Set	Alt	Alt	Alt	ru, av, p ^{rs} , pq	in, av	NT	cc	sa
<i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S.Grose	ipê-amarelo, pau-d'arco- amarelo	FES, FED, FGN	M Alt	Lar	Den	Cad	Pr	Jul-Ago	Set-Out	Alt	Alt	Alt	ru, av, p ^{rs} , pq	in, av	NA	cc	sa
<i>Jacaranda brasiliana</i> (Lam.) Pers.	caroba, carobão	FED, CDO	Méd	Méd	Rala	Cad	Pr	Ago-Set	Dez-Jan	Alt	Alt	Méd	ru, av, p ^{rs} , pq	in, av	NA	cc	sa
<i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) DDon	parapará	FEP, FOD FGN	M Alt	Lar	Méd	Cad	Pr	Ago-Set	Nov-Jan	Méd	Alt	Méd	ru, av, p ^{rs} , pq	in, av	NA	cf	sa

(continua)

(continuação)

Família/Espécie	Nome popular	Habitat	PoA	LCo	DFC	PeF	PSR	EFI	EMF	FFM	VCr	DeM	EPP	FaA	SCN	RFS	RSH
<i>Tabebuia aurea</i> (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore	caraiaba, paratudo, ipê-amarelo-do-cerrado	CDO, CDA, PCO	Bai	Méd	Méd	Cad	Pr	Ago-Set	Set-Out	Alt	Mod	Alt	ru, av, pr, pq	in, av	NA	cc	ad
<i>Tabebuia roseocalba</i> (Ridl.) Sandwith	ipê-branco, itaipoca	FES, FED, FGN	Alt	Méd	Méd	Cad	Pr	Set-Out	Dez-Jan	Alt	Alt	Alt	ru, av, pr, pq	in, av	NA	cc	sa
<i>Zeyheria tuberculosa</i> (Vell.) Bureau ex Verl.	ipê-felpudo, bucho-de-boi	FES	Alt	Lar	Méd	Cad	Pr	Nov-Dez	Ago-Set	Alt	Mod	Alt	av, pr, pq	in, av	VU	cc	sa
Bixaceae																	
<i>Bixa orellana</i> L.	urucum	FGN	Bai	Méd	Den	SCad	Pr	Set-Out	Jul-Set	Alt	Alt	Bai	ru, av, pr, pq, qu	in, av	NA	cf	sa
<i>Cochlospermum orinocense</i> (Kunth) Steud.	algodão-bravo	FGN, FGI, FES	Alt	Méd	Den	BCad	Mp	Jun-Jul	Ago-Out	Alt	Alt	Bai	ru, av, pr, pq	in, av	NA	cf	sa
Burseraceae																	
<i>Commiphora leptophloeos</i> (Mart.) J.B.Gillett	amburana-de-espinho	FED	Bai	Méd	Méd	Cad	Pr	Ago-Out	Mai-Jun	Alt	Mod	Bai	ru, av, pr, pq	in, av, mo, ma	NA	cc	sa
<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	amescla, breu	FES, FGN, CDA	Méd	Lar	Den	SCad	Pr	Jun-Jul	Nov-Dez	Méd	Mod	Méd	ru, av, pr, pq	in, av	NA	cf	sa
<i>Protium spruceanum</i> (Benth.) Engl.	amescla, breu	FGI, FGN	Méd	Méd	Den	SCad	Su	Jul-Set	Out-Dez	Méd	NA	Méd	ru, av, pr, pq	in, av	NA	cf	ad
<i>Protium rhoifolium</i> (Benth.) Byng & Christenh.	amescla	FEP, FOD, FGN	Méd	Méd	Méd	Per	Pr	Jun-Jul	Nov-Dez	Méd	Mod	Méd	ru, av, pr, pq	in, av	NA	cf	sa

(continua)

(continuação)

Família/Espécie	Nome popular	Habitat	PoA	LCo	DFC	PeF	PSR	EFI	EMF	FFM	VCr	DeM	EPP	FaA	SCN	RFS	RSH
<i>Tratinnickia rhoifolia</i> Willd.	amescla, breu	FEP, FOD, FGN	M Alt	Lar	Den	Per	Pr	Jun-Jul	Nov-Dez	Bai	Mod	Bai	av, pr, pq	in, av	NA	cf	sa
Calophyllaceae																	
<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess.	landim, landi, guanandi	FGI	Alt	Lar	Den	Per	Pr	Ago-Nov	Mai-Nov	Alt	Alt	Méd	av, pr, pq, jd, et	in, av, mo, ma, pe	NA	cf	ad
<i>Kielmeyera lalbrophyton</i> Saddi	santo-antônio	CDA, CDO	Méd	Méd	Den	SCad	Pr	Nov-Jan	Jul-Set	Alt	Mod	Méd	ru, av, pr, pq	in, av	NA	cf	sa
<i>Caruipa densifolia</i> Mart.	camaçari	FEP, FOD, FGI	Alt	Méd	Den	Per	Mp	Jun-Jul	Nov-Dez	Méd	Mod	Méd	ru, av, pr, pq	in, av	NA	cf	ad
Caryocaraceae																	
<i>Caryocar coriaceum</i> Wittm.	pequi	CDO, CDA	Méd	Lar	Den	SCad	Pr	Set-Nov	Dez-Fev	Méd	Mod	Méd	ru, av, pr, pq, qu	in, av, mo, ma	NA	cf	sa
Celastraceae																	
<i>Chelodolium cognatum</i> (Miers) A.C.Sm.	bacupari	FGN, FES	Méd	Est	Méd	Per	Mp	Nov-Jan	Fev-Abr	Méd	Mod	Alt	ru, av, pr, pq, et, qu	in, av, ma	NA	cf	sa
<i>Salacia cravifolia</i> (Mart. ex Schult.) G.Don	bacupari-do-cerrado	CDO, CDA	Bai	Est	Méd	Per	Mp	Nov-Jan	Fev-Abr	Alt	Mod	Alt	ru, av, pr, pq, et, qu	in, av, ma	NA	cf	sa
<i>Salacia elliptica</i> (Mart.) G. Don	bacupari	FGN, FES	Méd	Méd	Méd	Per	Mp	Nov-Jan	Fev-Abr	Méd	Mod	Alt	ru, av, pr, pq, et, qu	in, av, ma, pe	NA	cf	sa
Clusiaceae																	
<i>Garcinia gardneriana</i> (Planch. & Triana) Zappi	bacupari, saputá	FGN	Méd	Méd	Méd	Per	Pr	Mai-Jun	Nov-Dez	Alt	Alt	Méd	ru, av, pr, pq, et, qu	in, av, mo, pe	NA	cf	ad
<i>Platonia insignis</i> Mart.	bacuri		Alt	Méd	Den	Per	Pr	Set-Nov	Dez-Fev	Alt	Mod	Alt	ru, av, pr, pq, qu	in, av, ma, mo	NA	cf	ad

(continua)

(continuação)

Família/Espécie	Nome popular	Habitat	PoA	LCo	DFC	PeF	PSR	EFI	EMF	FFM	VCr	DeM	EPP	FaA	SCN	RFS	RSH
<i>Symphonia globulifera</i> L.f.	anani		Alt	Lar	Méd	Per	Pr	Set-Nov	Dez-Fev	Alt	Mod	Méd	ru, av, pr, pq	in, av, ma, mo	NA	cf	ad
Chrysobalanaceae																	
<i>Conopia grandiflora</i> (Mart. & Zucc.) Benth.	oiti-do-cerrado		Bai	Est	Méd	Per	Pr	Ago-Set	Out-Nov	Méd	Bai	Alt	ru, av, pr, pq, , et	in, av, ma, mo	NA	cf	sa
<i>Hirtella glandulosa</i> Spreng	vermelhão	FES, FGN, CDA	Méd	Méd	Méd	SCad	Pr	Mar-Jul	Nov-Jan	Alt	Mod	Alt	ru, av, pr, pq	in, av	NA	cf	sa
<i>Hirtella gracilipes</i> (Hook.f.) Prance		FGN, CDA	Bai	Méd	Méd	SCad	Pr	Mar-Nov	Nov-Fev	Alt	NA	Alt	ru, av, pr, pq	in, av	NA	cf	ad
<i>Hirtella ciliata</i> Hook.f.	pau-pombo	CDO, CDA	Méd	Méd	Méd	SCad	Pr	Ago-Set	Out-Dez	Méd	Mod	Alt	ru, av, pr, pq, et	in, av	NA	cf	sa
<i>Leptobalanus apetalus</i> (E.Mey.) Fritsch	farinha-seca	FGN, FES	Alt	Lar	Den	SCad	Pr	Set-Dez	Fev-Abr	Méd	Mod	Alt	ru, av, pr, pq	in, av, ma	NA	cf	sa
<i>Licania kunthiana</i> Hook.f.	farinha-seca	FES	Alt	Lar	Den	SCad	Pr	Ago-Set	Dez-Jan	Méd	Mod	Alt	ru, av, pr, pq	in, av, ma	NA	cf	sa
Combretaceae																	
<i>Terminalia corrugata</i> Eichler	piá-banha, piá-banheira, boca-boa	FES, FED, FGN	Alt	Lar	Den	Cad	Pr	Jul-Nov	Mar-Set	Alt	Alt	Alt	av, pr, pq	in, av, pe, ma	NA	cf	sa
<i>Terminalia fagifolia</i> Mart.	orelha-de-cachorro		Méd	Lar	Den	Cad	Pr	Jun-Ago	Out-Dez	Alt	Mod	Alt	ru, av, pr, pq	in, av	NA	cf	sa
<i>Terminalia glabrescens</i> Mart.	garroteiro-da-mata	FES, FED, FGN	Méd	Lar	Den	Cad	Mp	Jun-Ago	Out-Dez	Méd	Mod	Alt	ru, av, pr, pq	in, av	NA	cc	sa

(continua)

(continuação)

Família/Espécie	Nome popular	Habitat	PoA	LCo	DFC	PeF	PSR	EFI	EMF	FFM	VCr	DeM	EPP	FaA	SCN	RFS	RSH
<i>Terminalia lucida</i> Hoffmanns. ex Mart. & Zucc.	cinzeiro	FGN, FGI	Méd	Méd	Méd	Per	Mp	Ago-Set	Jun-Jul	Méd	Mod	Méd	ru, av, pr, pq, et	in, ma	NA	cf	ad
<i>Terminalia phaeocarpa</i> Eichler	capitão	FES, FED, FGN	Alt	Méd	Méd	Cad	Mp	Ago-Set	Ago-Set	Méd	Mod	Alt	av, pr, pq	in, av	NA	cc	sa

Cordiaceae

<i>Cordia glabrata</i> (Mart.) A.DC.	claraíba, louro	FES, FED	Méd	Méd	Méd	Cad	Pr	Jul-Set	Out-Nov	Alt	Mod	Méd	ru, av, pr, pq	in, av	NA	cc	sa
<i>Cordia sellowiana</i> Cham.	mata-fome, louro-mole	FES, FED, FGN	Alt	Méd	Den	SCad	Pr	Jun-Ago	Set-Nov	Méd	Alt	Méd	ru, av, pr, pq	in, av	NA	cc	sa
<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arráb. ex Steud.	freijó, louro-pardo	FES, FED, FGN	Alt	Lar	Den	Cad	Pr	Mai-Jun	Ago-Set	Alt	Alt	Alt	ru, av, pr, pq	in, av	NA	cc	sa

Dichapetalaceae

<i>Tapura amazonica</i> Poepp. & Endl.	tapura	FGI, FGN	Méd	Est	Den	Per	Pr	Ago-Out	Jan-Fev	Alt	Alt	Méd	ru, av, pr, pq, et	in, av, ma	NA	cf	sa

Ebenaceae

<i>Diospyros sericea</i> A.DC.	caquizeiro-do-mato	FES, FGN, CDA	Méd	Méd	Méd	SCad	Pr	Nov-Jan	Dez-Jan	Méd	Mod	Méd	ru, av, pr, pq	in, av, ma	NA	cf	sa
<i>Diospyros lasiocalyx</i> (Mart.) B.Walln.	olho-de-boi-da-mata		Méd	Méd	Méd	SCad	Pr	Nov-Jan	Dez-Jan	Méd	Mod	Méd	ru, av, pr, pq	in, av, ma	LC	cf	sa

Elaeocarpaceae

<i>Sloanea guianensis</i> (Aubl.) Benth.	guerruda	FGN, FGI	Méd	Méd	Den	SCad	Su	Jan-Fev	Jan-Fev	Alt	Alt	Alt	av, pr, pq	in, av	NA	cf	ad

(continua)

(continuação)

Família/Espécie	Nome popular	Habitat	PoA	LCo	DFC	PeF	PSR	EFI	EMF	FFM	VCr	DeM	EPP	FaA	SCN	RFS	RSH
Euphorbiaceae																	
<i>Alchornea discolor</i> Poepp.	farinha-seca-d'água	FGN, FGI	Méd	Méd	Den	Per	Pr	Set-Nov	Mar-Mai	Méd	NA	Bai	ru, av, p ⁵ , pq	in, av	NA	cf	ad
<i>Alchornea glandulosa</i> Poepp. & Endl.	licurana, tamanqueira	FGA, FES	Méd	Méd	Méd	Per	Mp	Mai-Jun	Set-Out	Alt	Alt	Bai	av, p ⁵ , pq	in, av	NA	cf	ad
<i>Croton urucurana</i> Baill.	urucurana, sangra-d'água	FGN	Bai	Lar	Rala	SCad	Mp	Nov-Dez	Mai-Jul	Alt	Alt	Alt	ru, av, p ⁵ , pq	in, av	NA	cf	ad
<i>Mabea fistulifera</i> Mart.	mamoninha	FES, CDA	Méd	Méd	Méd	SCad	Pr	Out-Dez	Jun-Ago	Alt	Alt	Méd	ru, av, p ⁵ , pq	in, av	NA	cf	sa
<i>Maprounea guianensis</i> Aubl.	milho-torrado	FGN, CDA, FES	Alt	Méd	Méd	SCad	Pr	Set-Nov	Dez-Fev	Méd	Alt	Méd	ru, av, p ⁵ , pq	in, av	NA	cf	sa
<i>Sapium glandulosum</i> (L.) Morong	leiteiro	FES, FGN	Méd	Méd	Méd	Per	Pr	Ago-Set	Mar-Abr	Alt	Alt	Bai	av, p ⁵ , pq	in, av	NA	cf	ad
<i>Pteradenophora membranifolia</i> (Müll. Arg.) Esser & A. L.	leiteiro	FES, FGN	Bai	Méd	Méd	Per	Pr	Set-Nov	Dez-Fev	Alt	Alt	Méd	ru, av, p ⁵ , pq, et	in, av	NA	cc	sa
Fabaceae																	
<i>Albizia niopoides</i> (Spruce ex Benth.) Burkart	angico-branco, farinha-seca, paricá	FES, FED, FGN	Alt	Lar	Rala	Cad	Pr	Nov-Dez	Set-Out	Alt	Alt	Méd	av, p ⁵ , pq	in	LC	cc	sa
<i>Abarema jupunha</i> (Willd.) Britton & Killip	ingarana	FES, FGN	Méd	Lar	Den	Per	Pr	Out-Nov	Jan-Mar	Méd	Alt	Bai	av, p ⁵ , pq, et	in, av	NA	cf	ad
<i>Amburana carensis</i> (Allemão) A.C.Sm.	amburana, imburana, a(i) mburana-de-cheiro	FED	Alt	Lar	Den	Cad	Mp	Mar-Abr	Ago-Set	Alt	Mod	Méd	av, p ⁵ , pq, qu	in	NT	cc	sa

(continua)

(continuação)

Família/Espécie	Nome popular	Habitat	PoA	LCo	DFC	PeF	PSR	EFI	EMF	FFM	VCr	DeM	EPP	FaA	SCN	RFS	RSH
<i>Anadenanthera peregrina</i> (L.) Speg.	angico, angico-vermelho	FES, FED, FGN	Alt	Lar	Méd	Cad	Pr	Set-Nov	Ago-Out	Alt	Mod	Alt	av, pr, pq	in	NA	cc	sa
<i>Andira cajibensis</i> Benth.	angelim	CDO, CDA	Alt	Méd	Den	SCad	Pr	Jul-Ago	Nov-Dez	Méd	Mod	Alt	ru, av, pr, pq	in, mo, ma	NA	cf	sa
<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F.Macbr.	garapa, amarelo, grápia	FES, FED, FGN	M Alt	Lar	Rala	Cad	Mp	Ago-Set	Set-Out	Méd	Mod	Alt	av, pr, pq	in	VU	cc	sa
<i>Bondichia virgilioides</i> Kunth	sucupira-preta		Alt	Méd	Méd	SCad	Pr	Jul-Ago	Set-Out	Méd	Mod	Alt	ru, av, pr, pq	in, av	NT	cf	sa
<i>Cenostigma macrophyllum</i> Tul.	faveira, caneleiro, canela-de-velho	CDA, CDO	Méd	Méd	Méd	SCad	Pr	Mai-Out	Mai-Out	Alt	Alt	Alt	ru, av, pr, pq, et	in	NA	cf	sa
<i>Copaifera coriacea</i> Mart.	pau-d'óleo-da-areia		Méd	Lar	Méd	SCad	Mp	Jul-Ago	Set-Out	Alt	Alt	Méd	ru, av, pr, pq, et	in, av	NA	cf	sa
<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	pau-d'óleo, copaíba	FES, FED, FGN, CDA	M Alt	Lar	Den	SCad	Pr	Dez-Jan	Ago-Set	Alt	Alt	Alt	av, pr, pq	in, av	NA	cf	sa
<i>Dalbergia miscolobium</i> Benth.	jacarandá	FGA	Méd	Méd	Den	SCad	Pr	Fev-Mar	Jun-Jul	Méd	Mod	Alt	ru, av, pr, pq	in	NA	cf	sa
<i>Dimorphantha gardeniana</i> Tul.	faveira, favela	CDO, CDA	Bai	Lar	Den	SCad	Pr	Dez-Mar	Jul-Set	Bai	Bai	Méd	ru, av, pr, pq	in, av, ma	NA	cf	sa
<i>Dirizia exelsa</i> Ducke	angelim-pedra	FES	M Alt	Lar	Den	SCad	Pr	Jun-Nov	Jan-Mar	Alt	Alt	Alt	pr e pq	in	NA	cf	sa
<i>Dipteryx alata</i> Vogel	baru, baruzeiro	FES, CDA	Méd	Méd	Den	BCad	Pr	Nov-Dez	Ago-Set	Alt	Mod	Alt	ru, av, pr, pq, qu	in, mo, ma	LC	cc	sa
<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong	tamboril-da-mata, orelha-de-negro	FES, FED, FGN	M Alt	M Lar	Méd	Cad	Mp	Set-Out	Jul-Ago	Alt	Alt	Bai	pr, pq	in, ma	NA	cc	sa

(continua)

(continuação)

Família/Espécie	Nome popular	Habitat	PoA	LCo	DFC	PeF	PSR	EFI	EMF	FFM	VCr	DeM	EPP	FaA	SCN	RFS	RSH
<i>Enterolobium gummiferum</i> (Mart.) J.F.Macbr.	tamboril-do-cerrado	CDO, CDA	Bai	Méd	Rala	SCad	Pr	Dez-Mar	Jul-Set	Alt	Mod	Bai	ru, av, pr, pq	in, av, ma	NA	cf	sa
<i>Enterolobium schomburgkii</i> (Benth.) Benth.	tamboril-da-mata	FEP, FOD, FGN	M Alt	M Lar	Méd	SCad	Mp	Set-Out	Jul-Ago	Alt	Alt	Alt	pr, pq	in, av, ma	NA	cf	sa
<i>Erythrina mulungu</i> Mart.	mulungu, corticeira	FES, FED, FGN	Méd	Méd	Méd	Cad	Pr	Jul-Ago	Set-Out	Alt	Alt	Bai	ru, av, pr, pq	in, av	NA	cc	sa
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	jatobá, jataí	FES, FED, FGN	M Alt	M Lar	Den	BCad	Pr	Set-Out	Ago-Set	Alt	Alt	Alt	av, pr, pq, qu	in, mo, ma	LC	cc	sa
<i>Hymenaea eriogyne</i> Benth.	jatobazinho	CDA	Bai	Méd	Méd	BCad	Pr	Out-Dez	Jul-Set	Méd	Mod	Alt	ru, av, pr, pq, qu	in, mo, ma	NA	cf	sa
<i>Hymenaea maranhensis</i> Lee & Lang	jatobá	CDA, CDO, FES, FGA	Alt	Lar	Méd	BCad	Pr	Out-Dez	Ago-Set	Alt	Alt	Alt	av, pr, pq, qu	in, mo, ma	NA	cf	sa
<i>Inga cylindrica</i> (Vell.) Mart.	ingá, ingazeiro(a)	FES, FGN	Méd	Méd	Den	SCad	Pr	Abr-Mai	Nov-Dez	Alt	Alt	Méd	ru, av, pr, pq, qu	in, av, ma, pe	NA	cc	sa
<i>Inga laurina</i> (Sw.) Willd.	ingá, ingazeiro(a), ingá-mirim	FES, FGN	Méd	Lar	Méd	Per	Pr	Out-Dez	Mar-Abr	Alt	Alt	Méd	ru, av, pr, pq, et, qu	in, av, ma, pe	LC	cf	ad
<i>Inga vera</i> Willd.	ingá, ingazeiro	FGN, FGI	Bai	Méd	Rala	Per	Pr	Nov-Fev	Jan-Abr	Alt	Alt	Méd	ru, av, pr, pq, et, qu	in, av, ma, pe	NA	cf	ad
<i>Lonchocarpus sericeus</i> (Poir.) Kunth ex DC.	embira-de-sapo, timbó	FED, FGN	Méd	Méd	Méd	Cad	Pr	Set-Out	Fev-Abr	Alt	Alt	Alt	ru, av, pr, pq	in	NA	cc	sa
<i>Macharium acutifolium</i> Vogel	jacarandá	CDO, CDA	Méd	Méd	Den	Cad	Pr	Out-Dez	Jul-Set	Alt	Alt	Alt	ru, av, pr, pq	in, av, ma	NA	cc	sa

(continua)

(continuação)

Família/Espécie	Nome popular	Habitat	PoA	LCo	DFC	PeF	PSR	EFI	EMF	FFM	VGr	DeM	EPP	FaA	SCN	RFS	RSH
<i>Machoeium brasiliense</i> Vogel	jacarandá	FES, FED, FGN	Méd	Méd	Méd	Cad	Pr	Nov-Dez	Out-Dez	Alt	NA	Méd	ru, av, pr, pq	in	NA	cc	sa
<i>Machoeium scleroxylon</i> Tul.	pau-ferro	FED	Alt	Méd	Méd	Cad	Pr	Out-Dez	Jul-Set	Alt	Mod	Alt	ru, av, pr, pq	in, av	NA	cc	sa
<i>Martiodendron mediterraneum</i> (Mart. ex Benth.) R.C.Koeppen	jatobá-de-arara	FEP, CDO, CDA, FGN, FOD	Alt	Méd	Den	SCad	Mp	Jul-Ago	Set-Out	Alt	Alt	Alt	jd, ru, av, pr, pq	in, av	NA	cf	sa
<i>Ormosia arborea</i> (Vell.) Harms	tento, olho-de-cabra	FES, FGN	Méd	Lar	Den	SCad	Pr	Nov-Dez	Jul-Ago	Alt	Alt	Méd	jd, pr, pq	in	NA	cf	sa
<i>Parkia pendula</i> (Willd.) Benth. ex Walp.		FES, FGN	M Alt	Lar	Méd	SCad	Mp	Nov-Dez	Jul-Ago	Alt	Alt	Méd	jd, ru, av, pr, pq	in, av, ma	NA	cf	sa
<i>Parkia platycephala</i> Benth.	fava-de-bolota	CDO, CDA	Méd	Lar	Méd	Cad	Mp	Nov-Dez	Jul-Ago	Alt	Alt	Méd	ru, jd, pr, pq	in, av, ma	NA	cf	sa
<i>Plathymenia reticulata</i> Benth.	vinhático	CDA, CDO, FGN	Alt	Lar	Méd	Cad	Pr	Set-Nov	Jul-Set	Alt	Alt	Bai	ru, jd, pr, pq	in, av	LC	cf	sa
<i>Platypodium elegans</i> Vogel	canzileiro, jacarandá- canzil	CDA, CDO, FGN	Alt	Lar	Méd	Cad	Pr	Set-Nov	Jul-Ago	Alt	Alt	Alt	ru, jd, pr, pq	in, av	NA	cc	sa
<i>Pterodon emarginatus</i> Vogel	sucupira- amarela, sucupira- branca	CDA, CDO	Alt	Lar	Den	BCad	Pr	Set-Out	Jul-Ago	Méd	Mod	Alt	ru, jd, pr, pq	in, av	NA	cf	sa
<i>Samanea tubulosa</i> (Benth.) Barneby & JWGrimes	boneco	FES, FED	Méd	Méd	Den	Cad	Pr	Out-Nov	Jan-Fev	Alt	Alt	Alt	ru, av, pr, pq	in, av, ma	NA	cc	sa

(continua)

(continuação)

Família/Espécie	Nome popular	Habitat	PoA	LCo	DFC	PeF	PSR	EFI	EMF	FFM	VCr	DeM	EPP	FaA	SCN	RFS	RSH
<i>Senna cana</i> (Nees & Mart.) H.S.Irwin & Barneby		CDO, CDA	Bai	Est	Rala	SCad	Mp	Jan-Mar	Jul-Set	Alt	Alt	Bai	ru, av, p5, pq	in, av	NA	cf	sa
<i>Stryphnodendron adstringens</i> (Mart.) Coville	barbatimão	CDO, CDA	Bai	Est	Den	SCad	Pr	Set-Out	Jul-Ago	Alt	Mod	Méd	ru, av, p5, pq, qu	in, av, ma	LC	cf	sa
<i>Stryphnodendron coriaceum</i> Benth.	barbatimão-de-rosca	CDO, CDA	Bai	Est	Den	SCad	Pr	Set-Out	Jul-Ago	Alt	Mod	Méd	ru, av, p5, pq	in, av, ma	NA	cf	sa
<i>Stryphnodendron rotundifolium</i> Mart.	barbatimão	CDO, CDA	Bai	Est	Den	SCad	Pr	Set-Out	Jul-Ago	Alt	Mod	Méd	ru, av, p5, pq, qu	in, av, ma	NA	cf	sa
<i>Swartzia acutifolia</i> Vogel	banha-de-galinha	FES, FED	Alt	Lar	Den	Cad	Pr	Ago-Set	Jan-Fev	Méd	Mod	Alt	av, pr, pq	in, ma	LC	cc	sa
<i>Tachigali aurea</i> Tul.	carvoeiro, carvoeiro-da-mata	FES, FGN, CDA	Alt	Lar	Den	SCad	Pr	Set-Out	Ago-Set	Alt	Alt	Méd	av, pr, parqus	in	NA	cf	sa
<i>Vatairea macrocarpa</i> (Benth.) Ducke	amargoso, angelim-amargoso	CDO, CDA	Méd	Lar	Den	Cad	Pr	Ago-Set	Set-Out	Alt	Bai	Méd	ru, av, p5, pq	in	NA	cf	sa
<i>Zygia inaequalis</i> (Willd.) Pittier	ingá-falso	FGN, FGI	Méd	Méd	Méd	Per	Mp	Jul-Ago	Set-Out	Alt	Mod	Méd	ru, av, p5, pq, jd	in, av	NA	cf	ad
Humiriaceae																	
<i>Humiria balsamifera</i> (Aubl.) A.St.-Hil.	umiri	FGN	Méd	Méd	Méd	Per	Mp	Ago-Set	Dez-Jan	Méd	NA	Alt	ru, av, p5, pq	in, av	NA	cf	ad
<i>Savoglottis guianensis</i> Benth.	achuí	FGN	Alt	Méd	Den	SCad	Pr	Set-Nov	Jan-Mar	Bai	Mod	Alt	ru, av, p5, pq	in, mo, ma	NA	cf	sa
<i>Vantanea parviflora</i> Lam.	uchirana	FES, FGN	Méd	Méd	Den	Per	Mp	Set-Out	Ago-Set	Méd	Mod	Alt	ru, av, p5, pq	in, av	NA	cf	sa

(continua)

(continuação)

Família/Espécie	Nome popular	Habitat	PoA	LCo	DFC	PeF	PSR	EFI	EMF	FFM	VCr	DeM	EPP	FaA	SCN	RFS	RSH
Lamiaceae																	
<i>Aegiphila verticillata</i> Vell.	tamanqueira	CDO, CDA	Bai	Est	Rala	SCad	Pr	Out-Nov	Jan-Fev	Alt	Alt	Méd	ru, av, pr, pq	in, av, ma	NA	cf	sa
<i>Vitex polygama</i> Cham.	tarumã, piúna	FES, FED, FGN	Alt	Lar	Den	Cad	Pr	Ago-Nov	Jan-Fev	Alt	Alt	Alt	av, pr, pq	in, ma	NA	cc	sa
Lauraceae																	
<i>Endlicheria paniculata</i> (Spreng.) J.F.Macbr.	canela	FGN	Bai	Est	Rala	SCad	Pr	Jan-Abr	Out-Nov	Méd	NA	Méd	ru, av, pr, pq	in, av	NA	cf	sa
<i>Mezilaurus itauba</i> (Meisn.) Taub. ex Mez	itaúba	FGN	M Alt	Lar	Den	Per	Pr	Abr-Mai	Jul-Ago	Méd	Mod	Alt	av, pr, pq	in, av, ma, pe	VU	cf	ad
<i>Ocotea spixiana</i> (Nees) Mez	canela-preta	FES, FGN, CDA	Alt	Lar	Den	SCad	Pr	Mar-Abr	Ago-Set	Méd	Mod	Méd	av, pr, pq	in, av	NA	cf	sa
Lecythidaceae																	
<i>Bertholletia excelsa</i> Bonpl.	castanha-do-pará	FOD	M Alt	Lar	Den	SCad	Pr	Set-Jan	Out-Jan	Alt	Alt	Méd	pr, pq, qu	in, av, ma	VU	cf	sa
<i>Cariniana estrellensis</i> (Raddi) Kuntze	jequitibá, bingueiro	FES, FED, FGN	M Alt	Lar	Méd	Cad	Pr	Set-Out	Ago-Set	Alt	Mod	Alt	av, pr, pq	in	NA	cc	sa
<i>Cariniana rubra</i> Gardner ex Miers	jequitibá, bingueiro	FES, FED, FGN	M Alt	Lar	Den	Cad	Pr	Set-Out	Set-Out	Méd	Alt	Méd	av, pr, pq	in	NA	cf	ad
<i>Eschweilera coriacea</i> (DC.) S.A.Mori	sapucaia	FEP, FGN, FOD	Alt	Méd	Den	Per	Mp	Set-Out	Ago-Set	Alt	Mod	Alt	jd, ru, av, pr, pq, qu	in, av, ma	NA	cf	sa
<i>Eschweilera nana</i> (O.Berg) Miers	sapucaia-do-cerrado, ovo-frito	CDO, CDA	Bai	Est	Méd	SCad	Pr	Set-Out	Ago-Set	Alt	Mod	Alt	jd, ru, av, pr, pq, qu	in, av, ma	NA	cf	sa

(continua)

(continuação)

Família/Espécie	Nome popular	Habitat	PoA	LCo	DFC	PeF	PSR	EFI	EMF	FFM	VCr	DeM	EPP	FaA	SCN	RFS	RSH
<i>Lecythis pisonis</i> Cambess.	sapucaia	FEP, FOD FGN	Alt	Lar	Den	SCad	Mp	Set-Out	Ago-Set	Alt	Alt	Alt	jd, ru, av, pr, pq, qu	in, av, ma	NA	cf	sa
Lythraceae																	
<i>Lajeneisia pacari</i> A.St.-Hil.	pacari, mangabeira-brava	CDO, CDA	Bai	Est	Méd	SCad	Pr	Abr-Jul	Ago-Set	Alt	Alt	Alt	jd, ru, av, pr, pq, qu	in, av	LC	cf	sa
<i>Physocalymma scaberrimum</i> Pohl	cega-machado, flor-roxa	FGN, CDA	Méd	Méd	Den	Cad	Pr	Ago-Set	Nov-Dez	Méd	Mod	Alt	ru, av, pr, pq, jd	in	LC	cf	sa
Magnoliaceae																	
<i>Magnolia ovata</i> (A.St.-Hil.) Spreng.	pinha-do-brejo, magnólia-do-brejo	FGI	Méd	Est	Den	Per	Mp	Jul-Ago	Out-Nov	Méd	Mod	Méd	ru, av, pr, pq	in, av	LC	cf	ad
Malpighiaceae																	
<i>Byrsonima vacubifolia</i> Kunth	murici-rosa	CDO, CDA	Bai	Est	Méd	SCad	Pr	Jul-Ago	Out-Nov	Méd	Mod	Méd	ru, av, pr, pq, qu	in, av, ma	LC	cf	sa
<i>Byrsonima sericea</i> DC.	murici-da-mata	FES, FGN	Méd	Lar	Den	Per	Pr	Jul-Ago	Out-Nov	Méd	Mod	Alt	ru, av, pr, pq, et, qu	in, av, ma	NA	cf	sa
<i>Byrsonima cydoniifolia</i> A.Juss.	canjiquinha, murici-da-várzea	PCO	Bai	Lar	Méd	SCad	Mp	Jul-Ago	Out-Nov	Alt	Alt	Méd	ru, av, pr, pq, qu	in, av, ma, pe	NA	cf	ad
Malvaceae																	
<i>Apeiba tibourbou</i> Aubl.	pen-de-macaco, pau-de-jangada	FES, FED, FGN	Méd	Lar	Den	Cad	Mp	Dez-Jan	Jul-Ago	Méd	Alt	Bai	av, pr, pq	in	NA	cc	sa

(continua)

(continuação)

Família/Espécie	Nome popular	Habitat	PoA	LCo	DFC	PeF	PSR	EFI	EMF	FFM	VCr	DeM	EPP	FaA	SCN	RFS	RSH
<i>Canavilleia umbellata</i> Ruiz & Pav.	barriguda-lisa, embaré	FED	M Alt	Méd	Méd	Cad	Su	Jul-Ago	Out-Nov	Alt	Alt	Bai	av, pr, pq	in, av, ma	LC	cc	sa
<i>Ceiba pubiflora</i> (A.St.- Hil.) K.Schum.	paineira, barriguda	FED	Alt	Lar	Méd	Cad	Mp	Jan-Fev	Ago-Set	Alt	Mod	Bai	av, pr, pq	in, av	NA	cc	sa
<i>Eriotheca candolleana</i> (K.Schum.) A.Robyns	paineira, paineira-da- mata	FGN	Alt	Lar	Den	Cad	Mp	Jul-Ago	Mar-Abr	Alt	Alt	Bai	av, pr, pq	in, av	NA	cf	sa
<i>Eriotheca gracilipes</i> (K.Schum.) A.Robyns	paineira	FGN, CDA	Méd	Lar	Den	Cad	Mp	Jul-Ago	Ago-Out	Alt	Mod	Bai	av, pr, pq	in, av	NA	cf	sa
<i>Eriotheca estevesiaie</i> Carv.-Sobr.	paineira	CDA, CDO	Alt	Lar	Den	Cad	Pr	Jul-Ago	Out-Nov	Alt	Mod	Bai	ru, av, pr, pq	in, av	NA	cf	sa
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	mutamba, pau- de-bicho	FES, FED, FGN	Méd	Méd	Den	Cad	Pr	Out-Nov	Ago-Set	Alt	Alt	Méd	ru, av, pr, pq	in, av, ma	NA	cc	sa
<i>Laebea divaricata</i> Mart. & Zucc.	acoita-cavalo	FES, FGN	Méd	Méd	Méd	SCad	Pr	Fev-Mar	Jul-Ago	Alt	Alt	Méd	ru, av, pr, pq	in, av	NA	cc	sa
<i>Mollia birchellii</i> Sprague	malvão	FES, FGN	Alt	Méd	Den	Per	Pr	Jul-Ago	Set-Out	Alt	Alt	Bai	ru, av, pr, pq, et	in, av	NA	cc	sa
<i>Sterculia apetala</i> (Jacq.) H.Karst.	chichá, arachichá	FES, FEP	Alt	Méd	Méd	SCad	Mp	Nov-Mar	Mai-Set	Méd	Mod	Bai	av, pr, pq	in, av, ma	NA	cf	sa
<i>Sterculia striata</i> A.St.- Hil. & Naudin	chichá, arachichá	FES, FED, FGN	Méd	Méd	Den	Cad	Mp	Jan-Fev	Ago-Out	Méd	Mod	Bai	av, pr, pq	in, av, ma	NA	cc	sa
<i>Theobroma speciosum</i> Willd. ex Spreng.	cacaú	FES, FGN	Bai	Est	Méd	Per	Mp	Jul-Ago	Ago-Out	Alt	Mod	Bai	av, pr, pq, qu	in, av, ma	NA	cf	sa

(continua)

(continuação)

Família/Espécie	Nome popular	Habitat	PoA	LCo	DFC	PeF	PSR	EFI	EMF	FFM	VCr	DeM	EPP	FaA	SCN	RFS	RSH
Melastomataceae																	
<i>Bellucia grossularioides</i> (L.) Triana	fruta-de-anta, goiabeira-de-anta	FEP, FOD, FGN	Méd	Lar	Den	Per	Mp	Abr-Mai	Ago-Set	Alt	Alt	Méd	av, pr, pq, et, qu	in, av, ma, pe	NA	cf	sa
<i>Miconia albicans</i> (Sw.) Triana	remela-de-galinha, canela-de-velho	CDO, CDA	Méd	Est	Méd	Per	Pr	Out-Set	Nov-Dez	Alt	Alt	Bai	ru, av, pr, pq	in, av	NA	cf	sa
<i>Mouriri glazioviana</i> Cogn.	puçá	FES, FGN	Alt	Méd	Den	SCad	Pr	Ago-Set	Jan-Fev	Méd	Mod	Alt	ru, av, pr, pq	in, av, ma, pe	NA	cf	sa
<i>Mouriri pusa</i> Gardner	puçá-preto	CDA, CDO	Méd	Méd	Den	Cad	Mp	Jul-Ago	Out-Nov	Alt	Bai	Méd	ru, av, pr, pq, qu	in, av, ma	NA	cf	sa
<i>Pleroma candolleianum</i> (Mart. ex DC.) Triana	quaresmeira	FGN, FGI	Bai	Méd	Den	Per	Pr	Jul-Out	Jun-Set	Alt	Alt	Méd	ru, av, pr, pq, jd	in	LC	cf	sa
<i>Tibouchina papyrus</i> (Pohl) Toledo	árvore-do-papel, pau-papel	CDR	Bai	Méd	Rala	SCad	Su	Dez-Jun	Abr-Out	NA	NA	Méd	ru, av, pr, pq, jd	in	NT	cf	sa
Meliaceae																	
<i>Cabralea canjerana</i> (Vell.) Mart.	canjerana	FES, FGN	Alt	Lar	Den	Cad	Pr	Nov-Fev	Set-Out	Méd	Mod	Méd	av, pr, pq	in, av	NA	cf	sa
<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	cedro, cedro-vermelho	FES, FED, FGN	Alt	Lar	Den	Cad	Pr	Out-Nov	Set-Out	Alt	Alt	Méd	av, pr, pq	in, av	VU	cc	sa
<i>Cedrela odorata</i> L.	cedro, cedro-cheiroso	FGN	Méd	Méd	Den	SCad	Pr	Ago-Set	Mai-Jun	Alt	Alt	Méd	av, pr, pq	in, av	VU	cf	ad
<i>Guarea kunthiana</i> A.Juss.	marinheiro	FGN	Méd	Méd	Méd	Per	Pr	Nov-Dez	Out-Nov	Alt	Alt	Alt	ru, av, pr, pq, et	in, av	NA	cf	sa

(continua)

(continuação)

Família/Espécie	Nome popular	Habitat	PoA	LCo	DfCo	PeF	PSR	EFI	EMF	FFM	VGr	DeM	EPP	FaA	SCN	RFS	RSH
<i>Swietenia macrophylla</i> King	mogno	FOD	M Alt	Méd	Den	Cad	Mp	Abr-Mai	Ago-Set	Alt	Alt	Bai	pr, pq	in, av	VU	cf	sa
<i>Trichilia catigua</i> A.Juss.	catiguá	FES, FED, FGN	Méd	Méd	Méd	SCad	Pr	Fev-Mar	Nov-Dez	Méd	NA	Méd	ru, av, pr, pq	in, av	NA	cc	sa
Metteniusaceae																	
<i>Emmotum nitens</i> (Benth.) Miers	casco-de-anta	CDA, FES, FGN	Alt	Méd	Den	SCad	Pr	Jan-Jul	Out-Fev	Méd	Alt	Alt	ru, av, pr, pq	in, av, ma	NA	cf	sa
Moraceae																	
<i>Brosimum gaudichaudii</i> Trécul	maria-murcha	CDA, CDO	Bai	Est	Méd	SCad	Pr	Jul-Set	Out-Dez	Méd	Mod	Méd	ru, av, pr, pq	in, av, ma	NA	cf	sa
<i>Brosimum lactescens</i> (S.Moore) C.C.Berg	inharé	FGI	M Alt	Lar	Méd	Per	Su	Set-Dez	Fev-Mar	NA	NA	Méd	pr e pq	in, av, ma, pe	LC	cf	ad
<i>Brosimum rubescens</i> Taub.	falso-pau-brasil, pau-rainha, conduru	FEP, FOD	M Alt	Lar	Méd	SCad	Su	Set-Dez	Fev-Mar	Alt	Alt	Alt	av, pr, pq	in, av, ma	NA	cf	sa
<i>Ficus goiana</i> C.C.Berg, Carauta & A.F.P.Machado	gameleira	FED	Alt	Lar	Méd	Cad	Su	Jul-Set	Out-Dez	NA	NA	Bai	pr, pq	in, av, ma	NA	cc	sa
<i>Machara tinctoria</i> (L.) D.Don ex Steud.	moreira, tatajuba	FES, FGN	Méd	Lar	Méd	SCad	Mp	Jul-Out	Out-Jan	Méd	Mod	Alt	ru, av, pr, pq	in, av, ma	NA	cc	sa
<i>Sorocea bonplandii</i> (Baill.) W.C.Burger et al.	cunduru-de-leite	FES, FGN	Méd	Méd	Den	SCad	Mp	Jul-Out	Out-Jan	NA	NA	Méd	ru, av, pr, pq	in, av, ma	NA	cc	sa
Myristicaceae																	

(continua)

(continuação)

Família/Espécie	Nome popular	Habitat	PoA	LCo	DFC	PeF	PSR	EFI	EMF	FFM	VCr	DeM	EPP	FaA	SCN	RFS	RSH
<i>Virola sebifera</i> Aubl.	bicuiba, ucuíba-do-cerrado	FES, FGN, CDA	Méd	Est	Méd	SCad	Pr	Set-Fev	Jul-Out	Méd	Mod	Bai	ru, av, p ⁵ , pq	in, av	NA	cf	sa
<i>Virola surinamensis</i> (Rol. ex Rottb.) Warb.	micuiba-do-brejo	FGI	M Alt	Lar	Méd	Per	Su	Jun-Ago	Nov-Fev	Alt	Alt	Bai	av, p ⁵ , pq	in, av	VU	cf	ad
Myrtaceae																	
<i>Eugenia cupulata</i> Amshoff	jambinho	FES, FGN, CDA	Bai	Méd	Den	Per	Pr	Set-Nov	Dez-Jan	Alt	Alt	Alt	ru, av, p ⁵ , pq, et	in, av, ma	NA	cf	sa
<i>Eugenia dysenterica</i> (Mart.) DC.	cagaita	CDA, CDA, FED, FES	Bai	Méd	Méd	Cad	Pr	Ago-Set	Set-Nov	Alt	Bai	Alt	ru, av, p ⁵ , pq, qu	in, av, ma	NA	cc	sa
<i>Myrcia amazonica</i> DC.	araçá-da-mata-do-tronco-liso	FEP, FOD, FGN	Méd	Méd	Den	Per	Mp	Set-Nov	Dez-Jan	Alt	Alt	Alt	ru, av, p ⁵ , pq, et	in, av, ma	NA	cf	sa
<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.	grudento	CDA, CDO, FES, FGN	Bai	Méd	Den	Per	Pr	Set-Nov	Dez-Jan	Alt	Alt	Alt	ru, av, p ⁵ , pq, et	in, av, ma	NA	cf	sa
<i>Psidium myrtilloides</i> O.Berg	araçá-do-cerrado	CDA, CDO	Bai	Méd	Méd	Cad	Pr	Set-Nov	Dez-Jan	Alt	Alt	Alt	ru, av, p ⁵ , pq, qu	in, av, ma	NA	cf	sa
<i>Psidium riparium</i> Mart. ex DC.	sarã	FGI	Bai	Méd	Méd	Per	Su	Set-Nov	Dez-Jan	Alt	Alt	Alt	ru, av, p ⁵ , pq, et	in, av, ma, pe	NA	cf	ad
<i>Psidium sartorianum</i> (O.Berg) Nied.	araçá, buraim	FES, FED	Méd	Méd	Méd	Cad	Pr	Out-Mar	Nov-Ago	Méd	NA	Alt	ru, av, p ⁵ , pq	in, av, ma	LC	cc	sa
Ochnaceae																	
<i>Oouratea castaneifolia</i> (DC.) Engl.	batiputá	FES, FGN, CDA	Méd	Est	Den	Per	Pr	Out-Jan	Out-Jan	Méd	Alt	Méd	ru, av, p ⁵ , pq, et	in, av	NA	cf	sa
Olacaceae																	
<i>Heisteria ovata</i> Benth.	brinco-de-mulata	FES, FGN	Méd	Méd	Den	Per	Pr	Jun-Jul	Set-Out	Méd	Alt	Bai	ru, av, p ⁵ , pq	in, av	NA	cf	sa

(continua)

(continuação)

Família/Espécie	Nome popular	Habitat	PoA	LCo	DFC	PeF	PSR	EFI	EMF	FFM	VGr	DeM	EPP	FaA	SCN	RFS	RSH
Opiliaceae																	
<i>Agonandra brasiliensis</i> Miers ex Benth. & Hook.f.	pau-marfim	FGN	Méd	Est	Méd	SCad	Pr	Ago-Out	Jan-Mar	Bai	Mod	Alt	ru, av, pr, pq	in, av, ma	NA	cf	sa
Phyllanthaceae																	
<i>Hieronyma alchorneoides</i> Allemão	licurana, urucurana	FGN, FGI	Méd	Lar	Den	Per	Pr	Set-Out	Jan-Mar	Méd	Alt	Méd	av, pr, pq, et	in, av	NA	cf	sa
<i>Mangaritaria nobilis</i> L.f.	mamoninha	FGN	Méd	Lar	Den	Cad	Pr	Out-Nov	Ago-Set	Alt	Alt	Méd	ru, av, pr, pq	in, av	LC	cf	sa
<i>Richeria grandis</i> Vahl	santa-ríta	FGI	Alt	Méd	Den	Per	Su	Out-Dez	Abr-Jul	Alt	Alt	Méd	av, pr, pq	in, av	NA	cf	ad
Picrodendraceae																	
<i>Piranhea securiniga</i> Radcl.-Sm. & Ratter	pau-mulato	FED	Alt	Lar	Den	Cad	Pr	Jun-Set	Out-Dez	Alt	NA	Alt	av, pr, pq	in, av, pe	NA	cc	sa
<i>Piranhea trifoliata</i> Baill.	piranheira	FGI	Alt	Lar	Den	Per	Su	Jun-Set	Out-Dez	Alt	NA	Alt	av, pr, pq	in, av, pe	NA	cf	ad
Polygonaceae																	
<i>Coccoloba mollis</i> Casar.	folha-de-bolo	FES, FGN	Méd	Méd	Méd	SCad	Pr	Out-Dez	Ago-Set	Alt	Alt	Méd	ru, av, pr, pq	in, av	NA	cf	sa
<i>Triplaris gardneriana</i> Wedd.	pajeú, pau-de-formiga	FES, FGN	Méd	Méd	Méd	Cad	Pr	Jul-Ago	Set-Out	Alt	Alt	Méd	ru, av, pr, pq	in, av	NA	cf	ad
Proteaceae																	
<i>Panopsis rubescens</i> (Pohl) Rusby	carvalho-do-brejo	FGI, PCO	Méd	Méd	Den	Per	Su	Jun-Set	Out-Dez	Alt	Alt	Bai	ru, av, pr, pq	in, av	LC	cf	ad
<i>Roupala montana</i> Aubl.	carne-de-vaca	CDA, CDO, FGN, FES	Méd	Méd	Den	SCad	Pr	Jul-Ago	Set-Out	Alt	Alt	Alt	ru, av, pr, pq	in, av	NA	cf	sa

(continua)

(continuação)

Família/Espécie	Nome popular	Habitat	PoA	LCo	DFC	PeF	PSR	EFI	EMF	FFM	VCr	DeM	EPP	FaA	SCN	RFS	RSH
Rhamnaceae																	
<i>Rhamnidium elaeocarpum</i> Reissek	birró-da-mata	FES, FGN, CDA	Méd	Méd	Méd	SCad	Pr	Jul-Ago	Set-Out	Alt	Alt	Méd	ru, av, pr, pq	in, av, ma	NA	cc	sa
Rubiaceae																	
<i>Cordia macrophylla</i> (K.Schum.) Kuntze	marmelada-de-espinho	FES, FGN	Bai	Est	Méd	SCad	Pr	Out-Dez	Jan-Mar	Méd	Mod	Alt	ru, av, pr, pq	in, av, ma	NA	cc	sa
<i>Coussarea hydrangeifolia</i> (Benth.) Müll.Arg.	caféiro-do-mato	FES, FGN	Méd	Méd	Den	Per	Pr	Ago-Dez	Abril-Nov	Méd	Alt	Méd	ru, av, pr, pq, jd	in, av	LC	cf	sa
<i>Ferdinandusa speciosa</i> (Pohl) Pohl		FGI	Bai	Est	Méd	SCad	Pr	Mai-Jun	Jul-Ago	Méd	Alt	Méd	ru, av, pr, pq, qu	in, av, ma, pe	NA	cf	sa
<i>Genipa americana</i> L.	jenipapo, jenipapeiro	FES, FGN	Méd	Lar	Den	Cad	Pr	Nov-Dez	Abr-Maio	Alt	Mod	Méd	av, pr, pq, qu	in, av, ma, pe	LC	cc	ad
<i>Galettarda viburnoides</i> Cham. & Schltdl.	angélica	FES, FGN	Méd	Est	Méd	Cad	Pr	Out-Jan	Abr-Maio	Alt	Alt	Alt	ru, av, pr, pq	in, av	NA	cc	sa
<i>Pagamea guianensis</i> Aubl.		FEP, FGN	Bai	Est	Méd	Per	Mp	Out-Jan	Abr-Maio	Alt	Bai	Méd	ru, av, pr, pq	in, av, ma	NA	cf	ad
<i>Rudgea viburnoides</i> (Cham.) Benth.	chá-de-bugre	CDA, FES, FGN	Bai	Est	Den	SCad	Pr	Set-Out	Dez-Jan	Alt	Mod	Méd	ru, av, pr, pq	in, av, ma	NA	cf	sa
<i>Simira sampaiana</i> (Standl.) Steyer.	jenipapo-bravo	FED, FES	Méd	Méd	Méd	Cad	Pr	Jul-Ago	Set-Out	Alt	NA	Méd	ru, av, pr, pq	in, av	NA	cc	sa
<i>Tocoyena formosa</i> (Cham. & Schltdl.) K.Schum.	jenipapo-de-cavalo	CDA, CDO, FGN, FES	Bai	Est	Rala	Cad	Pr	Set-Out	Dez-Jan	Méd	Mod	Méd	ru, av, pr, pq	in, av, ma	NA	cf	sa

(continua)

(continuação)

Família/Espécie	Nome popular	Habitat	PoA	LCo	DFC	PeF	PSR	EFI	EMF	FFM	VCr	DeM	EPP	FaA	SCN	RFS	RSH
Rutaceae																	
<i>Zanthoxylum riedelianum</i> Engl.	mama-de-porca	FES, FED, FGN	Alt	Lar	Méd	Cad	Pr	Out-Jan	Jun-Ago	Alt	Mod	Méd	av, pr, pq	in, av	NA	cc	sa
Salicaceae																	
<i>Casuarina rupestris</i> Eichler	bastão-de-velho	FES, FED, FGN	Méd	Est	Méd	Cad	Pr	Ago-Set	Dez-Jan	Méd	Mod	Alt	ru, av, p ⁵ , pq	in, av	NA	cc	sa
Sapindaceae																	
<i>Matayba guianensis</i> Aubl.	camboatá	FES, FGA, CDA	Méd	Méd	Den	Per	Pr	Out-Nov	Jan-Fev	Alt	Alt	Alt	ru, av, p ⁵ , pq, et	in, av	NA	cf	sa
<i>Sapindus saponaria</i> L.	saboneteira, sabonete-de-soldado	FED, FES	Méd	Méd	Den	SCad	Mp	Set-Mar	Mar-Set	Alt	Alt	Méd	ru, av, p ⁵ , pq	in, ma	NA	cf	sa
<i>Talisia esculenta</i> (Cambess.) Radlk.	pitomba, pitombeira	FES, FED, FGN	Méd	Lar	Den	Per	Pr	Ago-Set	Jan-Fev	Alt	Alt	Alt	ru, av, p ⁵ , pq, et, qu	in, av, ma	NA	cc	sa
Sapotaceae																	
<i>Chrysophyllum marginatum</i> (Hook. & Arn.) Radlk.		FES, FGN	Méd	Méd	Méd	SCad	Pr	Out-Abr	Jul-Mar	Alt	Mod	Alt	ru, av, p ⁵ , pq	in, av	NA	cf	sa
<i>Micropholis venulosa</i> (Mart. & Eichler) Pierre	rosadinha, abiuzinho	FES, FGN	Alt	Lar	Den	Per	Pr	Ago-Set	Jan-Fev	NA	NA	Méd	av, pr, pq	in, av, ma	NA	cf	ad
<i>Pouteria caimito</i> (Ruiz & Pav.) Radlk.	abiu	FES, FGN	Alt	Est	Den	Per	Pr	Todo ano	Set-Out	Alt	Alt	Alt	av, p ⁵ , pq, et, qu	in, av, ma	NA	cf	sa
<i>Pouteria gardneri</i> (Mart. & Miq.) Baehni	guapevinha	FES, FGN	Méd	Méd	Méd	SCad	Pr	Ago-Set	Nov-Dez	Alt	Mod	Alt	av, pr, pq	in, av, ma	VU	cc	sa

(continua)

(continuação)

Família/Espécie	Nome popular	Habitat	PoA	LCo	DFC	PeF	PSR	EFI	EMF	FFM	VCr	DeM	EPP	FaA	SCN	RFS	RSH
<i>Pouteria guianensis</i> Aubl.	guapeva	FEP, FGN	Alt	Lar	Den	Per	Pr	Jul-Set	Dez-Mar	Alt	Alt	Alt	av, pr, pq, et, qu	in, av, ma	NA	cf	sa
<i>Pouteria macrophylla</i> (Lam.) Eyma	curriola	FEP, FGN, FOD	Alt	Lar	Den	Per	Mp	Todo ano	Set-Out	Alt	Alt	Alt	av, pr, pq, et, qu	in, av, ma	NA	cf	sa
<i>Pouteria ramiflora</i> (Mart.) Radlk.	grão-de-galo	CDO, CDA, FGN, FES	Méd	Méd	Den	SCad	Pr	Jul-Set	Out-Dez	Alt	Alt	Alt	av, pr, pq, qu	in, av, ma	NA	cf	sa
Simaroubaceae																	
<i>Simarouba versicolor</i> A.St.-Hil.	mata-cachorro	CDO, FGN, FES	Alt	Lar	Méd	SCad	Pr	Jul-Nov	Nov-Mar	Alt	Alt	Bai	av, pr, pq, jd	in, av, ma	NA	cf	sa
Urticaceae																	
<i>Cecropia saxatilis</i> Snehl.	embaúba	CDA, CDO, FGN, FES	Méd	Lar	Méd	SCad	Su	Jul-Set	Dez-Mar	Alt	Alt	Bai	av, pr, pq, jd	in, av, ma	NA	cf	sa
<i>Pourouma minor</i> Benoist	pau-ferro, purumai, tourém	FGI	Alt	Est	Méd	Per	Su	Jul-Set	Dez-Mar	Méd	Alt	Bai	av, pr, pq, jd	in, av, ma	NA	cf	ad
Vochysiaceae																	
<i>Callisthene fasciculata</i> Mart.	jacaré	CDA, FED, FGN	Alt	Méd	Méd	Cad	Pr	Nov-Dez	Set-Out	Alt	Mod	Alt	av, pr, pq	in, av	NA	cc	sa
<i>Callisthene minor</i> Mart.	pau-de-rato	CDA, FES, CDO	Méd	Méd	Rala	Cad	Pr	Nov-Dez	Set-Out	Méd	Mod	Méd	av, pr, pq	in, av	NA	cf	sa
<i>Erisma uncinatum</i> Warm.	cedrinho, canjerana	FGI, FEP, FOD	M Alt	Méd	Den	Per	Pr	Ago-Dez	Jan-Jun	Bai	Alt	Méd	av, pr, pq	in, av	NA	cf	sa
<i>Qualea ingens</i> Warm.	canjerana-norata	FGI	M Alt	Méd	Den	Per	Mp	Ago-Out	Nov-Dez	Méd	NA	Méd	av, pr, pq	in, av	NA	cf	ad
<i>Qualea multiflora</i> Mart.	pau-terra-liso	CDA, CDO, FES, FGN	Méd	Méd	Méd	Cad	Pr	Dez-Jan	Jul-Ago	Alt	Mod	Alt	av, pr, pq	in, av	NA	cf	sa

(continua)

(continuação)

Família/Espécie	Nome popular	Habitat	PoA	LCo	DFC	PeF	PSR	EFI	EMF	FFM	VCr	DeM	EPP	FaA	SCN	RFS	RSH
<i>Ruizterania wiltröckii</i> (Malme) Marc.-Berti	canjerana-preta	FGI	M Alt	Lar	Den	Per	Mp	Ago-Out	Nov-Dez	Méd	NA	Méd	av, pr, pq	in, av	NA	cf	ad
<i>Sabertia convallariodora</i> A.St.-Hil.	folha-larga, bananeira	CDA, CDO	Méd	Méd	Méd	SCad	Pr	Mai-Jun	Jul-Ago	Méd	Mod	Méd	jd, av, pr, pq	in, av	NA	cf	sa
<i>Vochysia diversgens</i> Pohl	cambará	PCO, FGN, FGI	Méd	Méd	Méd	SCad	Pr	Mai-Jun	Jul-Ago	Alt	Alt	Méd	jd, av, pr, pq	in, av	NA	cf	ad
<i>Vochysia gardneri</i> Warm.	pau-qualada	CDA, CDO	Bai	Est	Méd	SCad	Pr	Mai-Jun	Jul-Ago	Bai	Bai	Méd	jd, av, pr, pq	in, av	NA	cf	sa
<i>Vochysia haenkeana</i> Mart.	escorega-macaco, amarelo	FES, CDA, FGA	Alt	Méd	Den	Per	Pr	Jun-Ago	Ago-Out	Bai	NA	Méd	av, pr, pq	in, av	NA	cf	sa
<i>Vochysia pyramidalis</i> Mart.	canjerana-branca	FGN, FGI	Alt	Lar	Den	Per	Pr	Out-Fev	Jul-Set	Alt	Alt	Méd	av, pr, pq, et	in, av	NA	cf	ad

Fonte: Autores.

Habitats: CDO = Cerrado Sentido Restrito; CRU = Cerrado Rupestre; CDA = Cerradão; FED = Floresta Estacional Decídua; FES = Floresta Estacional Semi-decídua; FSV = Floresta Estacional Sempre-Verde; FGI = Floresta de Galeria Inundável; FGN = Floresta de Galeria Não Inundável; FOD = Floresta Ombrófila Densa; VER = Vereda. **Porte da árvore – PoA:** Bai. = Baixo (3 a 8 m); Méd. = Médio (8 a 13 m); Alto (13 a 18 m); M.Alto = Muito Alto (> 18 m). **Largura usual da copa – LCo:** Est. = Estreita (1,5 a 3 m); Méd. = Média (3 a 6 m); Lar. = Larga (6 a 12 m); M.lar. = Muito larga (> 12 m). **Densidade foliar da copa no período chuvoso – DFC:** Rala (< 50% da copa com folhas); Méd. = Média (entre 50 e 75% da copa com folhas); Den. = Densa (> 75% da copa com folhas). **Persistência da folhagem – PeF:** Per. = Perenifólia; Cad. = Caducifólia; SCad = Subcaducifólia; BCad = Bvi-caducifólia. **Profundidade do sistema radicular – PSR:** Pr = Profundo; Mp = Moderadamente profundo; Su = Superficial. **Velocidade de crescimento – VCr:** Baixa (< 50 cm.ano⁻¹), Mod = Moderada (de 50 a 75 cm.ano⁻¹); Alta = Alta (mais de 75 cm.ano⁻¹), Na = Não avaliada. **Densidade da madeira – DeM:** Bx = Baixa (<0,550 g.cm⁻³); Md = Média (entre 0,550 e 0,720 g.cm⁻³) e Al = Alta (> 0,730 g.cm⁻³). **Facilidade para formação de mudas – FFM:** Bx = Baixa; Md = Média; Al = Alta; Na = Não avaliado. **Fauna associada – FaA:** In = Insetos; Av = Aves; Ma = Mamíferos terrestres e/ou arborícolas; Mo = Morcegos; Pe = Peixes. **Status de conservação na natureza – SCN:** LC = Menos preocupante; EN = Em perigo; NT = Quase ameaçada; VU = Vulnerável; CR = Criticamente em perigo; DD = Deficiente de dados. **Espaços preferenciais para plantio – EPP:** Ru = Ruas; Av = Avenidas; Pr = Praças; Pq = Parques; Jd = Jardins; Et = Estacionamentos; Qu = Quintais urbanos. **Relação com fertilidade química – RFQ:** Cc = Calcícola; Cf = Calcífuga. **Relação com a saturação hídrica – RSH:** Ad = Adaptada; Sa = Sem adaptação.

22.6. As principais fitofisionomias do estado do Tocantins e indicação de sua flora arbórea para a arborização urbana

Neste tópico serão apresentados aspectos da história evolutiva, ecologia, estrutura e distribuição geográfica das principais fitofisionomias das formações savânicas e florestais do território tocantinense. As distinções das formações vegetais e seus subtipos (fitofisionomias) são de suma importância para práticas de manejo e conservação, como a definição de territórios de Unidades de Conservação, a adoção de manejo integrado do fogo, além de questões jurídicas como a definição do tamanho da Reserva Legal das propriedades rurais, considerando que o estado integra a Amazônia Legal.

De forma geral, as formações de cerrado (savanas) e campestres apresentam predomínio de gramíneas nativas com árvores espaçadas (no caso do cerrado) ou ausentes (no caso dos campos), sem a formação de dossel. Ambas são formações que evoluíram historicamente com a incidência de fogo e incêndios e muitas características das espécies (proteções e texturas das folhas e parte externa dos troncos, porte da parte aérea e tipos de raízes) são evidências dessa adaptação evolutiva [21]. Por outro lado, as formações florestais são caracterizadas por árvores de grande porte que formam dossel e não permitem a formação de tapete contínuo de gramíneas, embora haja presença de cipós e plantas de sub-bosque (ervas, arbustos e pequenas árvores) tolerantes ao sombreamento. Em geral, as florestas são formações sem adaptações a incêndios florestais e sensíveis ao fogo.

No âmbito do presente capítulo, os aspectos ecológicos das 237 espécies selecionadas em relação às suas fitofisionomias de origem são de suma importância para orientação e para direcionamento técnico dos gestores públicos em relação ao uso de espécies arbóreas e arbustivas nativas na arborização urbana. Todas são espécies adaptadas ao clima e às condições edáficas locais, além de terem particularidades providas do seu histórico evolutivo.

Por exemplo, no caso do uso de espécies savânicas típicas do Cerrado *stricto sensu*, como araticum (*Annona crassiflora*), cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium occidentale*), mangaba (*Hancornia speciosa*), pacari (*Lafoensia pacari*) e sucupira-branca (*Pterodon emarginatus*), que direcionam grande parte da biomassa inicial para o sistema radicular, deve-se considerar que o crescimento aéreo tende a ser mais lento quando comparado ao de espécies provenientes de fitofisionomias florestais. Outro exemplo de associação das espécies e suas fitofisionomias originais é a indicação das tolerantes a saturação hídrica para arborizar terrenos brejosos ou sazonalmente inundáveis, por exemplo, aquelas comuns nas matas de galeria inundável: landim (*Callophyllum brasiliense*), canje-rana-preta (*Ruizteranea witrockii*) e micuíba-do-brejo (*Virola surinamensis*). Por outro lado, se a intenção é arborizar terrenos extremamente secos e solos rasos, pode-se sugerir o uso das espécies comuns às matas secas decíduas: angico (*Anadenanthera colubrina*), aroeira (*Myracrodruon urundeuva*) e cerejeira (*Amburana cearenses*).

22.7. Formações savânicas

As formações savânicas são definidas como xeromorfas, preferencialmente de clima estacional, com mais de cinco meses secos. Predominam solos lixiviados e aluminizados, apresentando sinúcia de hemicriptófitos, geófitos e fanerófitos oligotróficos de pequeno porte, que ocorrem por

toda a Região Neotropical. Inicialmente, na escala utilizada no Brasil pelo Projeto RADAMBRASIL e aperfeiçoadas pelo IBGE [22,23], as diferenças fisionômicas existentes no bioma Cerrado permitiram suas subdivisões em quatro subgrupos de formação: Savana Florestada, Savana Arborizada, Savana Parque e Savana Gramíneo-Lenhosa. Com o avanço das técnicas de geoprocessamento e o detalhamento dos estudos estruturais e florísticos na região do Cerrado, verificou-se que, na paisagem dessa região, existia uma complexidade de formações de savanas, florestas e campos [24-30]. Nesse sentido, os subtipos fisionômicos savânicos (Cerrado Ralo, Cerrado Típico, Cerrado Denso, Cerrado Rupestre, Parque de Cerrado e Vereda) foram incorporados como subtipos das formações savânicas Arborizada, Parque e Gramíneo-Lenhosa e formações Pioneiras [22-24].

As formações savânicas do Cerrado *stricto sensu* [25] do estado do Tocantins caracterizam-se por apresentar uma fisionomia com dois estratos: (i) camada rasteira contínua, predominantemente gramínea, com muitas outras ervas e arbustos, sujeita a queimadas anuais e (ii) estrato lenhoso com pequena massa aérea (até 8 m de altura) e alta biomassa subterrânea que pode apresentar coberturas variando de 50 a 70% (Cerrado Denso), 20 a 50% (Cerrado Típico) e 5 a 20% (Cerrado Ralo e Cerrado Rupestre). No Tocantins, o Cerrado *stricto sensu* reveste várias classes de solo, em especial, Plintossolos Pétricos Concrecionários, Neossolos Quartzarênicos, Latossolos, Cambissolos e afloramentos de rochas sedimentares.

A densidade e área basal das áreas de Cerrado *stricto sensu* no Tocantins apresentam variação de 416 a 1.746 ind.ha⁻¹ e 8,25 a 18,75 m².ha⁻¹, respectivamente, marcando a variação estrutural entre áreas de Cerrado ralo e denso no estado [6]. A diversidade alfa, expressa por índices que consideram número de espécies e o tamanho de suas populações dentro da comunidade, apresenta variação de 2,21 a 4,09 nats.ind⁻¹ e a equabilidade variou de 0,63 a 0,86. As menores estimativas do volume total de material lenhoso variam de 18,87 a 30 m³.ha⁻¹, em geral, nas bacias do ambiente das Bacias Sedimentares, onde predominam o substrato arenoso (Neossolo Quartzarênico). Por outro lado, as maiores estimativas, de 31,47 a 45,61 m³.ha⁻¹, são registradas nas bacias dos embasamentos em estilos complexos e faixas orogênicas onde predominam solos cascalhentos (Plintossolo Pétrico) e argilosos (Latossolo e Argissolo). As estimativas de estoque de carbono da parte lenhosa aérea nas áreas variam de 7,77 ton.ha⁻¹ até 24,78 ton.ha⁻¹ significando variação similar à observada para o volume total. As áreas de Cerrado *stricto sensu* sobre areia têm menor produtividade em relação às áreas de Cerrado *stricto sensu* sobre solo cascalhento ou argiloso, em que a estrutura é mais robusta [6].

Além do Cerrado *stricto sensu*, existem outras duas formações savânicas no estado do Tocantins: Parque de Cerrado e Vereda. O Parque de Cerrado apresenta-se em três situações ecológicamente distintas: (i) em áreas de relevo ondulado ou de topo convexo, geralmente cascalhentos, onde o raleamento das árvores também é atribuído às constantes queimadas, sendo comum a presença de canela-de-ema (*Vellozia* spp.) – municípios de Goianorte e Dois Irmãos do Tocantins; (ii) em áreas aplanadas das planícies aluviais do Rio Araguaia, periodicamente inundadas, onde se apresenta na forma de cerrado inundável monodominante ou em ilhas de vegetação arbórea (murundus/“cerrado-de-bola”); (iii) em áreas planas e solos arenosos da região do Jalapão. Nos dois primeiros casos, a vegetação tende a segregatismo, como na planície do Araguaia, com formações monodominantes de *Byrsonima cydoniifolia* (murici-da-várzea), *Tabebuia aurea* (ipê-caraíba) e *Curatella americana* (sambaíba). Já na região de moradias dos municípios de Goianorte e Dois

Irmãos do Tocantins destaca-se o predomínio de *Vochysia rufa* (pau-doce) e *Hancornia speciosa* (mangaba) [6].

A Vereda é outro ambiente de savana muito comum na borda leste do território tocantinense (região do Jalapão), cobrindo amplas áreas localizadas nas nascentes (cabeceiras) de corpos hídricos (Sono, Manuel Alves de Natividade, Perdida e Balsas). É um tipo de vegetação perenifolia, dominada por espécies adaptadas ao desenvolvimento em solos permanentemente alagados, com a palmeira arborescente buriti (*Mauritia flexuosa*), emergente em meio a agrupamentos densos de espécies herbáceas e arbustivas, dentre elas as quaresmeiras (*Tibouchina* spp.), capim-dourado (*Syngonanthus* spp.) e sempre-vivas (*Paelalanthus* spp.). Na Vereda, em geral, há três zonas ligadas à topografia e à drenagem do solo: borda (local de solo mais seco, em trecho campestre em que podem ocorrer arbustos e arvoretas isoladas); meio (solo medianamente úmido, tipicamente campestre); fundo (solo saturado com água, brejoso) em que ocorrem os buritis espaçados sem formar dossel, como ocorre no Buritizal. Essas zonas têm uma flora diferenciada. As duas primeiras zonas correspondem à faixa tipicamente campestre, e o fundo corresponde ao bosque sempre-verde [25]. A dinâmica de sucessão florestal natural da terceira zona do fundo do vale, quando não sujeita a incêndios recorrentes, é o estabelecimento de Mata de Galeria Inundável. Nesse sentido, o IBGE [22] classifica áreas de Vereda como formações pioneiras.

Entre as espécies típicas de formações savânicas foram indicadas na lista de potencial uso na arborização algumas frutíferas como: *Anacardium occidentale* (cajuí, cajuzinho-do-cerrado), *Annona coriacea* (araticum, bruto-cagão) *Hancornia speciosa* (mangaba), *Caryocar coriaceum* (pequi), *Byrsonima coccolobifolia* (murici-rosa) e *Mouriri pusa* (puçá-preto), além de *Mauritia flexuosa* (buriti). Algumas das indicadas possuem uso medicinal: *Stryphnodendron adstringens* (barbatimão), *Lafoensia pacari* (pacari, mangabeira-brava) e *Brosimum gaudichaudii* (maria-murcha). Outras foram listadas pelo potencial uso ornamental como *Himatanthus obovatus* (sucuba-do-cerrado), *Tabebuia aurea* (caraíba), *Kielmeyera lathrophyton* (santo-antônio), *Parkia platycephalla* (fava-de-bolota) além de algumas que unem a beleza ornamental e a madeira de boa qualidade: *Andira cujabensis* (angelim) e *Plathymenia reticulata* (vinhático) e *Pterodon emarginatus* (sucupira-branca).

22.8. Formações florestais

As áreas de florestas são abundantes e muito heterogêneas em termos florísticos e estruturais no estado do Tocantins, com padrões fitogeográficos bastante influenciados pela localização geográfica de proximidade aos biomas adjacentes. A descrição concentra-se nas fitofisionomias de maior distribuição: Cerradão, florestas estacionais (Mata Seca Semidecídua, Mata Seca Decídua, Mata Seca Sempre-Verde) e as Florestas de Galeria (matas de galeria e ciliares inundáveis e não inundáveis [25].

Cerradão é o subtipo de Savana Florestada [22] que apresenta dossel predominantemente contínuo e cobertura arbórea que pode oscilar de 50 a 90%. Apresenta árvores de Savana Arborizada, com tronco ereto, que podem atingir cerca de 12 m formando o dossel. As espécies emergentes, geralmente de Mata de Galeria e Floresta Estacional, chegam a atingir 15 m. As estimativas de densidade das áreas de Cerradão do Tocantins variam de 682 a 1.598 ind.ha⁻¹ e a área basal entre 13,60 a 28,58 m².ha⁻¹ [6]. A diversidade alfa oscila de 2,99 a 4,18 nats.ind⁻¹ e a equabilidade de 0,71 a 0,86, indicando que a diversidade, em geral, é alta e superior a 70% da

máxima possível em todas as áreas estudadas. As estimativas de material lenhoso total variam de 94,42 m³.ha⁻¹ a 241,68 m³.ha⁻¹ e para o estoque de carbono da parte lenhosa aérea foi obtida variação de 39,22 ton.ha⁻¹ a 89,28 ton.ha⁻¹ [6].

O Cerradão é uma formação com aspectos xeromórficos, que apresenta composição e estrutura com grande importância, tanto de espécies típicas do Cerrado como de espécies comuns às matas de galeria e florestas estacionais [22]. Essa formação tem difícil classificação e mapeamento. Pode ocorrer como manchas em meio à vegetação das savanas arborizadas e parque, e.g., na parte leste da Faixa Sul do Tocantins; ou revestir vastas áreas, e.g., na parte oeste da Faixa Sul. Por apresentar ampla variação florística e estrutural, o Cerradão é entendido por muitos como uma vegetação de transição entre floresta e cerrado [28] nas distintas ecorregiões do Cerrado [4]. Entre as espécies comuns no Cerradão foram listadas como prioritárias na arborização *Dipteryx alata* (baru), *Emmotum nitens* (casco-de-anta) e *Physocalymma scaberrimum* (cega-machado).

A Floresta Estacional consiste na formação florestal de maior distribuição no estado do Tocantins [1].

O conceito ecológico das florestas estacionais no estado do Tocantins está condicionado pela marcante estacionalidade climática tropical, com época de intensas chuvas de verão seguidas por estiagem acentuada [22,23]. Desenvolve-se em regiões com pluviosidade anual inferior a 1.800 mm, em que a estação de seca tem duração de cinco a seis meses (maio a setembro/outubro) e o total médio mensal de precipitação não ultrapassa 100 mm [31]. A intensidade da sazonalidade climática e as variações locais, relacionadas às características de retenção de água e profundidade dos solos e às condições do relevo, determinam o grau de deciduidade do componente arbóreo durante a estação seca.

Na Floresta Estacional Semidecídua, a proporção de árvores caducifólias considerada em relação ao conjunto florestal e não apenas às espécies que perdem as folhas individualmente varia entre 20% e 50% durante a estação seca. Na Floresta Estacional Decídua, a perda de folhagem das árvores é superior a 80%, podendo atingir 100% nos períodos mais secos do ano, enquanto na Floresta Estacional Sempre-Verde (Perenifólia), o percentual de perda foliar do conjunto de árvores é inferior a 20% mesmo no período desfavorável. A última classe foi oficialmente reconhecida no Brasil recentemente, e vem sendo aplicada para áreas antes classificadas como Floresta Ombrófila e Cerradão, em especial nas áreas de transição entre os biomas Cerrado e Amazônia (Tocantins, Mato Grosso e Maranhão) [22].

Os critérios estabelecidos com a finalidade de propiciar o mapeamento contínuo de grandes áreas de Floresta Estacional do estado do Tocantins foram os de ambientes de coberturas cenozóicas e o das faixas altimétricas, sendo consideradas formações: Aluvial, Terras Baixas, Submontana e Montana. Em nível regional, por outro lado, as florestas estacionais são classificadas conforme variações locais de relevo e paisagens em: Mata de Galeria (não inundável e inundável), Mata Ciliar (não inundável e inundável), Mata de Várzea, Ipuca, Mata Seca Semidecídua, Mata Seca Decídua e Mata Seca Sempre-Verde.

Nos três subtipos de Floresta Estacional (Decídua, Semidecídua e Sempre-Verde) as árvores de maior porte variam de 18 a 25 m, enquanto o dossel é formado por árvores com cerca de 14 a 16 m. Os diâmetros das árvores dificilmente ultrapassam os 100 cm. A densidade das áreas de

Floresta Estacional varia de 486 a 1.912 ind.ha⁻¹ e a área basal de 15,90 a 46,04 m².ha⁻¹ [6]. A diversidade alfa apresenta variação de 1,73 a 4,79 nats.ind⁻¹ e a equabilidade varia de 0,60 a 0,92 [6].

22.9. Mata Ciliar Inundável e Mata Ciliar Não Inundável

As matas ciliares são formações florestais que acompanham rios de médio e grande porte no bioma Cerrado, caracterizando-se pela vegetação arbórea que não forma galerias [25]. As árvores eretas podem apresentar sapopemas, enquanto o sub-bosque tende a ser relativamente limpo, com reduzida presença de espécies herbáceas, exceto algumas pteridófitas e ciperáceas de caráter efêmero. A largura dessas florestas é bastante variável, geralmente proporcional à dimensão do leito do curso d'água associado.

A Mata Ciliar Não Inundável ocorre em terrenos ondulados, planos e em planícies, podendo haver transição, nem sempre evidente, para outras fitofisionomias florestais. Em vales muito encaixados, formam-se florestas de vale ou de encosta, compostas pela Mata Ciliar nos terraços próximos ao leito do rio e pela Mata Seca Semidecídua ou Decídua nas encostas. Os solos que sustentam a Mata Ciliar Não Inundável podem ser rasos, profundos ou aluviais. Entre as espécies típicas de Mata Ciliar Não Inundável foram listadas como prioritárias para arborização *Apeiba tibourbou* (pente-de-macaco), *Spondias mombin* (cajá), *Inga laurina* (ingá-mirim), *Handroanthus serratifolius* (ipê-amarelo-da-mata) e *Licania apetalata* (farinha-seca), *Martiodendron mediterraneum* (jatobá-de-arara), *Enterolobium contortisiliquum* (tamboril) e *Cochlospermum orinocense* (algodão-bravo).

A Mata Ciliar Inundável apresenta-se como um tipo de vegetação perenifólia sazonalmente inundada (como a Mata de Galeria Inundável). São encontradas com maior frequência na região das planícies do Araguaia-Javaés, especialmente na Ilha do Bananal e adjacências, geralmente em contato com formações abertas de Savana Parque e Savana Arborizada. Os solos em que se desenvolve esse tipo de vegetação possuem textura argilosa, como os Gleissolos e Neossolos Flúvicos, embora também ocorram em outras classes de solo, como os Aluviais.

Essa floresta caracteriza-se por manter a copa das árvores sempre verde durante a estação da seca, ou seja, são perenifólias. A flora desse ambiente inundável é bastante distinta da observada nas florestas estacionais semidecíduas do bioma Cerrado. Essencialmente, desenvolvem-se espécies adaptadas a solos periodicamente encharcados e inundações sazonais, que são comuns às florestas inundáveis (Mata de Várzea e Igapó) da região Amazônica. Entre as espécies típicas de Mata Ciliar Inundável foram listadas como prioritárias para arborização *Caraiça densifolia* (camaçari), *Terminalia lucida* (cinzeiro), *Sloanea guianensis* (guerruda), *Brosimum lactescens* (inharé) e *Piranhea trifoliata* (piranheira).

22.10. Mata de Galeria Inundável e Mata de Galeria Não Inundável

As matas de galeria são enclaves de florestas perenifólias ou semidecíduas que se desenvolvem ao longo dos cursos d'água de pequeno porte (ao contrário das matas ciliares que se desenvolvem em cursos d'água de médio e grande portes), sendo geralmente cercadas por Campos ou por Cerrado *stricto sensu* [32].

As matas de galeria ocorrem por todo o estado do Tocantins e estão associadas a uma grande variedade de solos, dentre os quais solos distróficos, do tipo Latossolo, Cambissolo e Neossolo Quartzarênico, até mesmo eutróficos. Ocorrem também em solos hidromórficos sazonalmente inundáveis (Gleissolos), com diferentes níveis de matéria orgânica. Em geral, o trecho Mata de Galeria Inundável situa-se na margem dos corpos hídricos, onde o lençol freático aflora durante boa parte do ano, enquanto nos trechos mais distantes da drenagem predomina a Mata de Galeria Não Inundável.

Existe uma grande variação florística entre os dois tipos de Mata de Galeria devido aos diferentes graus de tolerância e adaptação à saturação hídrica das inundações sazonais que reduzem a disponibilidade de oxigênio para as raízes das plantas. Os trechos inundáveis, de forma geral, são menos ricos e biodiversos com marcante dominância ecológica de algumas espécies altamente especializadas em saturação hídrica, enquanto trechos não inundáveis apresentam alta biodiversidade e riqueza de espécies e biodiversidade. Por essas particularidades, a Mata de Galeria é considerada um importante repositório de biodiversidade e um refúgio para espécies da fauna e da flora que não conseguiriam sobreviver apenas nas formações de savana, funcionando como faixas de floresta tropical úmida em meio à vegetação do Cerrado *stricto sensu* [27].

Entre as espécies típicas de Mata de Galeria Inundável foram listadas como prioritárias para arborização *Xylopia emarginata* (pindaíba-do-brejo), *Euterpe oleracea* (açai), *Calophyllum brasiliense* (landim), *Cariniana rubra* (cachimbeiro), *Virola surinamensis* (micuíba-do-brejo), *Ruizterania wittrockii* (canjerana-preta), *Qualea ingens* (canjerana-norata) e *Vochysia pyramidalis* (gomeira-de-macaco). Por outrolado foram indicadas as seguintes espécies típicas de Mata de Galeria Não Inundável: *Protium heptaphyllum* (amescla), *Apuleia leiocarpa* (garapiá), *Maprounea guianensis* (milho-torrado), *Copaifera langsdorffii* (copaíba, pau-de-óleo), *Hymenaea courbaril* (jatobá), *Pouteria guianensis* (guapeva) e *Inga cylindrica* (ingá-colar).

22.11. Ipuca

O Ipuca é a denominação local para fragmentos naturais de Floresta Estacional de terras baixas inundáveis, em pequenas depressões, ovais ou circulares, que se localizam na planície do Rio Araguaia, em meio à vegetação de Savana Parque [33]. Caracteriza-se pelas espécies adaptadas a inundações sazonais, como e em menor proporção por outras espécies comuns às áreas de Cerrado *stricto sensu* e Mata Seca Semidecídua [6]. Como representantes das Ipucas foram listadas como prioritárias para arborização as espécies *Vochysia divergens* (cambará) e *Calophyllum brasiliense* (landim).

22.12. Mata Seca Semidecídua

A tipologia da Floresta Estacional Semidecidual ocorre predominantemente em interflúvios situados em altitudes acima de 100 m. A Mata Seca Semidecídua caracteriza-se por não ter associação com cursos d'água ou umidade gerada por estes, revestindo interflúvios ou encostas de vales, ou seja, em habitats não inundáveis [25].

Essas formações apresentam-se distribuídas em diferentes regiões do estado do Tocantins e com características variadas. Ocorre em abundância na parte sudoeste do Tocantins, em interflúvios

ou terrenos dissecados (nos talvegues e parte das encostas) nas bacias dos rios Santo Antônio e Santa Teresa, Balsas, Manuel Alves da Natividade, Palma e Tocantins. Outros remanescentes encontram-se associados às cadeias de afloramentos de rochas metamórficas, e.g., nos municípios de Dianópolis, Pindorama do Tocantins, Palmeirópolis e São Salvador do Tocantins [6].

Na parte central do Tocantins, as áreas de Mata Seca Semidecídua concentram-se na região da Serra do Lajeado e Serra do Carmo, associada a terrenos dissecados ou áreas planas das bacias dos rios Tocantins e Balsas. Ocorre em menor proporção, próximos aos vales dos rios Sono, Perdida, Manuel Alves Grande e Manuel Alves Pequeno. No Sistema Hídrico do Rio Araguaia, esse tipo de floresta ocorre próximo ao Cerradão na região da APA do Cantão/Bananal, nas bacias dos rios Formoso, Pium, Coco e Caiapó, assim como nos vales dos afluentes do Rio Barreiras. Mais ao norte, apresenta-se de forma concentrada na região de relevo movimentado, na divisa do Tocantins com o Maranhão, assim como nas bases e encostas do divisor de águas Tocantins-Araguaia, e no município de Xambioá [6]. Grande parte das espécies de Mata Seca Semidecídua prioritárias para arborização foram listadas acima restando algumas como: *Aspidosperma brasiliense* (canela-de-velho, quina-verdadeira), *Aspidosperma spruceanum* (guatambu) e *Terminalia glabrescens* (garroteiro-da-mata),

22.13. Mata Seca Decídua

Em geral, a ocorrência dessas florestas decíduais está relacionada com solos litólicos e afloramentos de rochas carbonáticas em relevos cársticos que ocorrem no sudeste do Tocantins englobando parte dos municípios de Dianópolis, Almas, Taguatinga, Lavandeira, Combinado, Aurora e Arrais, São Salvador, Ipueiras e Palmeirópolis. No entanto, pequenos remanescentes ou trechos de florestas estacionais com fenologia foliar decídua são registrados até no extremo norte do estado no município de Xambioá, assim como nas serras do Lajeado e do Estrondo na região central do território do Tocantins [6].

Por ocuparem áreas de maior fertilidade natural, essas florestas foram alvo de intensa exploração madeireira, sendo frequentemente convertidas em áreas de agricultura ou pastagem. A área original dessas florestas, na Faixa Sul do Tocantins, era muito maior do que a atual. Entre os remanescentes, poucos permanecem intactos, sem sinais de corte seletivo ou ainda em estágio primário de sucessão. Observa-se similaridade florística entre as matas secas decíduas do sudeste do Tocantins e a flora da região da Caatinga, evidenciada pela presença de diversas espécies de cactos do gênero *Cereus*, bromélias e árvores como *Amburana cearensis* (amburana-de-cheiro), *Cavendishia arborea* (barriguda-lisa) e *Commiphora leptophloeos* (amburana-de-espinho) [6]. Essas são algumas das espécies selecionadas como prioritárias para arborização, juntamente com *Astronium fraxinifolium* (gonçalo-alves), *Astronium urundeuva* (aroeira), *Aspidosperma pyrifolium* (peroba), *Talisia esculenta* (pitomba), *Machaerium scleroxylon* (apu-ferro) e *Samanea tubulosa* (boneco).

22.14. Mata Seca Sempre-Verde

Embora tenha sido oficialmente reconhecida no Brasil pelo IBGE [22], a Mata Seca Sempre-Verde foi considerada durante anos como um tipo de transição/ecótono entre a

Floresta Amazônica e as áreas extra-amazônicas. Foi designada como Floresta Ombrófila Aberta durante o projeto RADAMBRASIL e por todos os demais trabalhos de vegetação realizados na borda sul-amazônica. A característica marcante da Floresta Estacional Sempre-Verde no Tocantins é a presença de palmeiras, como *Attalea maripa* (inajá) e *Attalea speciosa* (babaçu), com alguns trechos dominados por elas, a presença de cipós, bambus e, principalmente, alguns trechos de sub-bosque com abundância de sororocas/bananeira-brava (*Phenakospermum guianensis*).

A vegetação da borda sul da Amazônia, em Mato Grosso, foi denominada Floresta Sempre-Verde, classificação adotada para as florestas da região do Rio Xingu [34]. Essas florestas também foram reconhecidas como áreas de ecótono (Floresta Estacional /Floresta Ombrófila) no estado do Tocantins [7]. Esse tipo de vegetação, caracterizado por manter a folhagem verde durante a estação seca, ocorre no estado de Mato Grosso e se estende por toda a região da Bacia Sedimentar dos Parecis, parte das depressões do Guaporé, do Paraguai, do Planalto de Tapirapuã e da bacia do Rio Araguaia, onde adentra no estado do Tocantins [22].

Em geral, a Mata Seca Sempre-Verde está associada a Argissolos, Plintossolos Pétricos e Latossolos, mas um subtipo diferenciado desenvolve-se sobre manchas de Neossolos Quartzarênicos na faixa de transição que separa os biomas Cerrado e Amazônia no estado do Tocantins. A singularidade florística dessa floresta sobre areia, associando-a com as areias brancas de baixa fertilidade, ácidas e porosas (Neossolo Quatzarênico) com relativa variação na disponibilidade hídrica, em função das flutuações do lençol freático, semelhante ao descrito para áreas de Campinarana da região Amazônica [35-37]. As florestas nesse tipo de ambiente constituem ambientes singulares dentro do estado do Tocantins cujas espécies preferenciais são comuns nas áreas de Floresta Estacional do Piauí ou encontradas em áreas de Campinarana e Floresta Ombrófila da região Amazônica [7,38,39].

Entre as espécies típicas de Mata Seca Sempre-Verde foram listadas como prioritárias para arborização *Thyrsodium spruceanum* (amaparana), *Jacaranda copaia* (paraparâ), *Protium rhoifolium* (amescla) *Enterolobium schomburgkii* (tamboril-da-mata), *Lecythis pisonis* (sapucaia) *Pouteria macrophylla* (curriola), *Erismia uncinatum* (cedrinho, canjerana) e *Brosimum rubescens* (pau-brasil, pau-rainha).

22.15. Floresta Ombrófila Densa

Os termos Ombrófila (de origem grega) e pluvial (de origem latina) têm o mesmo significado: amigo das chuvas. Este tipo de vegetação é caracterizado por fanerófitos, justamente pelas subformas de vida macro e mesofanerófita, além de (lianas) lenhosas e epífitos em abundância, que as diferenciam das outras classes de formações. Porém, sua característica ecológica principal reside nos ambientes ombrófilos, derivados de fatores climáticos tropicais de elevadas temperaturas e alta precipitação bem distribuída durante o ano, com, no máximo, dois a três meses secos.

Atualmente, os remanescentes da Floresta Ombrófila Densa no estado do Tocantins são escassos, restringindo-se à região noroeste do município de Santa Fé do Araguaia [6].

Em função da posição no relevo, a Floresta Ombrófila densa pode ser denominada como Aluvial ou Submontana. A Aluvial corresponde às matas ciliares e à Galeria que ocorre ao longo dos cursos d'água e ilhas, ocupando as planícies periodicamente inundáveis e especialmente os terraços antigos quaternários no bioma Amazônico tocantinense. Já a Submontana trata-se de uma formação de interflúvio que ocorre, principalmente, em solo do tipo Argissolo Vermelho-Amarelo em superfícies planas. Nessa formação, as árvores atingem até 45 metros de altura. É uma formação que apresenta algumas palmeiras no estrato intermediário e no sub-bosque nanofanerófitos e caméfitos no meio de “plântulas” da regeneração natural do estrato arbóreo. Além das espécies listadas em comum com a Mata Seca Sempre-Verde, são prioritárias para arborização as arbóreas exclusivas da Floresta Ombrófila Densa: *Swietenia macrophylla* (mogno) e *Bertolietia excelsa* (castanheira-do-pará).

22.16. Formações campestres

São as formações de baixa representatividade no estado concentradas principalmente no Jalapão, embora formações savânicas e florestais ocupem partes dos relevos mais inclinados e margens de corpos hídricos da região. As principais fitofisionomias campestres do estado do Tocantins são Campo Sujo (Seco e Úmido), Campo Limpo (Seco e Úmido) e Campo de Murundum. Apesar de sua importância para a biodiversidade, para a recarga de aquíferos e lençóis freáticos e para as relações ecológicas da vegetação nativa, a descrição detalhada das formações campestres não será abordada, considerando a ausência de espécies arbóreas, elementos essenciais à arborização urbana.

22.17. Considerações finais

A lista composta por 237 espécies arbóreas e arbustivas nativas prioritárias para arborização de áreas urbanas dos municípios do território tocantinense contempla amplo número de fitofisionomias dos biomas Cerrado e Amazônia. Dentre as espécies, existem aquelas de usos múltiplos para a população local por exemplo, alimentício, medicinal, melífero, ornamental e até mesmo madeireiro. Essas características de uso possibilitam e intensificam a interação social com a arborização urbana, inclusive por meio de cuidados de manutenção realizados pela própria comunidade local.

Além disso, são centenas de espécies adaptadas aos mais variados tipos climáticos, geológicos e edáficos existentes no estado do Tocantins e algumas específicas de nichos ambientais, como os de alta saturação hídrica e extremos de fertilidade dos solos. Além do plantio de mudas e sementes de espécies nativas na arborização, é extremamente importante que árvores remanescentes da vegetação nativa sejam mantidas em áreas de expansão dos centros urbanos, como em loteamentos e condomínios. O uso de espécies nativas mais adaptadas e resistentes às condições climáticas e geológicas podem favorecer o sucesso da arborização urbana do Tocantins em longo prazo e contribuir para a conservação da biodiversidade local e regional.

22.18. Referências

- [1] SEPLAN. Secretaria do Planejamento e da Modernização da Gestão Pública do Estado do Tocantins. Atlas do Tocantins: subsídios ao planejamento da gestão territorial. 2012.
- [2] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Mapa de Solos do Brasil. Rio de Janeiro: IBGE; 2008.
- [3] Silva JMC, et al. Unidades de paisagem no Tocantins. 2006.
- [4] Sano EE, et al. Mapeamento do bioma Cerrado. 2019.
- [5] Silva-Souza AT, Souza AF. Ecorregiões amazônicas no Tocantins. 2020.
- [6] Haidar RF, et al. Fitofisionomias do Tocantins e inventário MRIFTO. 2012.
- [7] Haidar RF, et al. Influências fitogeográficas de Caatinga e Pantanal no Tocantins. 2013.
- [8] Sano EE, et al. Remanescentes de vegetação nativa do Cerrado. 2008.
- [9] Ferreira ME, et al. Perda de habitat no MATOPIBA. 2014.
- [10] Pinheiro L, et al. Arborização urbana de Palmas-TO: diagnóstico de espécies. 2015.
- [11] Marques A. História da ocupação territorial do Tocantins e infraestrutura indutora. 2019.
- [12] Domingos M, Bernnam R. Extração madeireira e espécies valiosas no norte goiano. 2012.
- [13] Martineli G, Moraes MA. Livro vermelho da flora do Brasil. 2013.
- [14] Ramos V, et al. Expansão agrícola em Neossolos Quartzarênicos e Plintossolos Pétricos no Tocantins. No prelo.
- [15] Lima R, Silva Júnior M. Planejamento da arborização urbana e manutenção da vegetação nativa. 2010.
- [16] MapBiomias. Projeto MapBiomias – Coleção 5.0: cobertura e uso da terra no Brasil. 2020.
- [17] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Mapa de Biomas do Brasil. Rio de Janeiro: IBGE; 2004.
- [18] Brasil. Ministério das Minas e Energia. Projeto RADAMBRASIL: levantamento de recursos naturais. Rio de Janeiro: MME; 1973-1987.
- [19] Flora do Brasil 2020 [Internet]. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>
- [20] Árvores do Bioma Cerrado [Internet]. Disponível em: <http://www.arvoresdobiomacerrado.com.br/>
- [21] Simon MF, Pennington RT. Evidence for Adaptation to Fire Regimes in the Tropical Savannas of the Brazilian Cerrado. *Proc Natl Acad Sci USA*. 2009;106(48):20359-64.
- [22] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Manual técnico da vegetação brasileira. 2ª ed. Rio de Janeiro: IBGE; 2012.
- [23] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Manual técnico da vegetação brasileira. 1ª ed. Rio de Janeiro: IBGE; 1992.
- [24] Ribeiro JF, Walter BMT. Fitofisionomias do bioma Cerrado. In: Sano SM, Almeida SP, Ribeiro JF, editores. Cerrado: ambiente e flora. Planaltina: Embrapa; 1998.
- [25] Ribeiro JF, Walter BMT. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. In: Sano SM, Almeida SP, Ribeiro JF, editores. Cerrado: ecologia e flora. Brasília: Embrapa; 2008.
- [26] Ratter JA, Ribeiro JF, Bridgewater S. The Brazilian Cerrado vegetation and threats to its biodiversity. *Edinburgh J Bot*. 2003;60(1):121-41.
- [27] Felfili JM. Diversidade, dinâmica e conservação das matas de galeria do Cerrado. 2003.
- [28] Felfili JM, et al. Composição florística e estrutura de formações do Cerrado. 2004.

- [29] Scariot A, Sevilha AC. Biodiversidade, ecologia e conservação do Cerrado. 2005.
- [30] Pereira BA, et al. Estrutura e florística de comunidades do Cerrado. 2011.
- [31] Prado DE, Gibbs PE. Patterns of species distribution in the dry seasonal forests of South America. *Ann Mo Bot Gard*. 1993;80:902-27.
- [32] Silva Júnior MC, Felfili JM. As matas de galeria no Cerrado. 1998.
- [33] Martins ES, et al. Ipucas do Araguaia: fisionomia e composição. 2002.
- [34] Ivanauskas NM, et al. Floresta Sempre-Verde na borda sul da Amazônia. 2008.
- [35] Jirka S, et al. Hydrology/soils of Amazonian white-sand ecosystems (campinaranas). 2007.
- [36] Luizão RC, et al. Ecology of white-sand forests in Amazonia. 2007.
- [37] Olmos F, et al. Vegetação sobre areias brancas e singularidades florísticas. 2004.
- [38] Vicentini A. Florestas sobre areia branca (campinaranas) na Amazônia. 2004.
- [39] Oliveira A, Amaral IL. Floresta Ombrófila sobre areias brancas na Amazônia. 2004.



A close-up photograph of a green leaf, showing a dense network of veins. The veins are a lighter shade of green than the leaf's surface, creating a complex, web-like pattern. The lighting is soft, highlighting the texture of the leaf. The text 'PART 3' is overlaid on the right side of the image.

PART 3

Apresentação

POLÍTICAS PÚBLICAS E ARBORIZAÇÃO URBANA NO BRASIL

Todos sabemos que em nosso país megadiverso e urbanizado, precisamos trabalhar para o fortalecimento da arborização urbana. Há muitas comprovações de benefícios à saúde das pessoas, à redução das ilhas de calor urbana, enfim, de melhorias fortes na qualidade de vida da população. Entretanto, estas questões óbvias não fazem parte de políticas públicas municipais na maior parte das cidades brasileiras.

A *Coletânea Brasileira de Arborização Urbana* é uma obra de fôlego, com participação de mais de 600 pesquisadores de todas as regiões do país. Importante salientar também que a obra está sendo elaborada em conjunto com o Ministério do Meio Ambiente no âmbito do Programa Cidades Verdes Resilientes do Governo Federal. Isso é importante, pois esta extensa coletânea de 5 livros contém sugestões concretas de implementação de políticas públicas e aspectos técnicos para cada região brasileira. Soluções para a região Nordeste são necessariamente diferentes da região Centro-Oeste, bem como das demais regiões brasileiras. Esta conceitualização na elaboração da proposta é muito importante, se efetivamente quisermos fornecer sugestões concretas a esta importante questão.

A Parte III deste esforço monumental dedica-se às políticas públicas e às perspectivas futuras de melhorarmos a qualidade de vida da população urbana de nosso país por meio da arborização em larga escala. Nossas cidades são essencialmente desenvolvidas sem um planejamento em relação às essenciais áreas verdes, pois a maior parte dos planos diretores se ocupa dos interesses das grandes companhias imobiliárias, sem estudos técnicos efetivos que priorizem o bem-estar das pessoas, e em geral sem a participação da população.

As mudanças climáticas causam impactos importantes em todas as áreas urbanas e rurais do Brasil. Ondas de calor, inundações, deslizamentos de terra e outros eventos climáticos extremos estão aumentando muito em frequência e intensidade. E a população de baixa renda é sempre a mais impactada. Em algumas cidades brasileiras, já observamos aumento médio de temperatura de 2,2 a 2,4 graus. A falta de arborização intensifica a ilha de calor urbana, aumentando ainda mais este valor em 2 a 3 graus, dependendo da cidade. Nossas áreas urbanas não possuem redes de drenagem projetadas para dar vazão às chuvas mais intensas que estamos observando. Na cidade de São Paulo, por exemplo, o número de dias em que chove mais de 100 milímetros por dia aumentou

por fator 4 nos últimos 30 anos. Entretanto, a rede de drenagem da cidade foi projetada com a chuva que caía 50-70 anos atrás. Isso causa inundações que paralisam a cidade, e a população mais vulnerável é atingida. Precisamos de estratégias de adaptação climática para nossas cidades, que podem ser desenhadas com o auxílio da excelente plataforma Adapta Brasil. Uma das estratégias de adaptação é o efetivo aumento de áreas verdes em nossas cidades.

A obra discute vários casos de sucesso, de implementação de instrumentos e políticas públicas voltadas à arborização urbana. Os capítulos desta parte da obra oferecem um respaldo teórico sobre como direcionar gestores públicos de todo o Brasil a executar ações voltadas à sustentabilidade ambiental das cidades por meio da arborização. Tarefa estratégica para nossas áreas urbanas, a implementação de políticas públicas baseadas em ciência é fundamental.

Prof. Dr. Paulo Artaxo
Universidade de São Paulo (USP)

Capítulo 23

POLÍTICAS PÚBLICAS E SUSTENTABILIDADE URBANA EM PALMAS: DESAFIOS E PERSPECTIVAS

Por Márcia da Costa Rodrigues de Camargo

23.1. Destaques deste capítulo

1. A escolha criteriosa das espécies é fundamental para o sucesso e a sustentabilidade da arborização urbana;
2. Priorizar espécies nativas com raiz pivotante, porte adequado e tolerância ao estresse urbano para evitar problemas futuros;
3. Planejar o espaço subterrâneo para as raízes é tão crucial quanto selecionar a espécie para o desenvolvimento saudável da árvore;
4. Adotar uma abordagem morfofisiológica é um investimento inteligente para cidades mais sustentáveis e com melhor qualidade de vida;
5. O planejamento baseado em critérios científicos reduz custos de manutenção e maximiza os benefícios da floresta urbana.

23.2. Introdução

Palmas foi a última cidade planejada do século XX no Brasil, inaugurada em 20 de maio de 1989, e teve seu partido urbanístico estruturado no desenho de seu sistema viário, que foi orientado pelos pontos cardeais norte-sul, leste-oeste. Os atributos paisagísticos encontrados no sítio escolhido, a Serra do Lageado à leste, e o Rio Tocantins a oeste, paralelos à área onde nasceria a nova capital, permitiram a proteção de áreas de preservação permanente. As quadras foram organizadas de acordo com os usos estabelecidos necessários, e deixou grandes áreas para proteção ambiental junto à malha hidrográfica existente que desce da serra até o Rio Tocantins.

Com uma área de 11.085 hectares no coração do Brasil, tem como característica paisagística a Serra do Lageado e o futuro Lago de Palmas, formado pela usina hidrelétrica Luiz Eduardo Magalhães (finalizada em 2002). A área de urbanização foi delimitada em um retângulo de 12 km por 32 km, totalizando 38.400 hectares à margem direita do Rio Tocantins. Foi previsto o controle de expansão urbana para otimização dos custos relativos à infraestrutura urbana.

Os edifícios institucionais foram implantados ao longo dos eixos viários, assim como a área industrial e comercial. No cruzamento dos dois eixos principais encontra-se a segunda maior praça pública da América Latina, onde foi implantado o Palácio Araguaia e as secretarias de estado, além de monumentos e áreas de lazer. As áreas residenciais foram divididas em mais de oitenta quadras com maior proximidade de áreas verdes, áreas de preservação ambiental e de parques urbanos.

O desenho urbano levou em consideração a vegetação nativa do Cerrado, os ventos predominantes e os atributos paisagísticos que formam as paisagens cênicas da serra até o lago. Os fundos de vale que partem dos córregos que saem da serra foram preservados para a criação de parques urbanos. Os três principais são o Sussuapara, o Córrego do Prata e o Brejo Comprido. Os dois eixos viários principais da estrutura urbana tem, no sentido norte-sul a Av. Teotônio Segurado e, no eixo leste-oeste, a Av. Juscelino Kubitschek a presença de inúmeras rotatórias criadas para diminuir a velocidade do fluxo viário, e serviram como espaço para o plantio de árvores-paisagismo ao longo destes 31 anos.

Para os autores do projeto urbanístico da nova capital, os arquitetos Walfredo Antunes de Oliveira e Luiz Fernando Cruvinel, a integração com a natureza foi fundamental para definir e promover, em um traçado simples, a consciência social e ecológica aos futuros moradores da cidade. Ao concluir, afirmam que o “projeto da futura capital do estado do Tocantins foi, portanto, precedida de um outro tipo de sonho: ecológico e humanístico”.

Vale ressaltar que na década de 1990 nasce o movimento ambientalista mais atuante, divulgando a importância de se preservar a natureza para promover a conservação da biodiversidade e da cobertura vegetal. Com esta diretriz ecológica, os arquitetos que idealizaram o plano urbanístico criaram o diferencial de grandes áreas verdes que receberam, posteriormente, um tratamento paisagístico e de preservação da mata nativa do Cerrado. No entanto, esta preocupação não impediu que, na sua implantação, a cobertura vegetal nativa não sofresse um “arraso total”, sendo desmatada pelos tratores que adentraram a área da futura capital. Imagens impressionantes mostram que havia muito pouco conhecimento científico a respeito do valor do Cerrado, pois milhares de árvores foram dizimadas por correntes e queimadas.

Em 1992, uma nova gestão estadual decide realizar o primeiro concurso nacional realizado pelo Instituto dos Arquitetos do Brasil – IAB, de um plano paisagístico para a capital. O trabalho vencedor teve toda a preocupação de valorizar a flora nativa, buscando adensar a cobertura verde com espécies arbóreas do Cerrado. No entanto, o projeto não vingou e nunca foi implantado. Outro modelo paisagístico foi implantado então, seguindo os parâmetros estéticos de Brasília e Goiânia. Viu-se então quilômetros de gramados e centenas de palmeiras imperiais e outras espécies exóticas sendo plantadas ao longo das avenidas Teotônio Segurado e Juscelino Kubitschek, que em nada ajudaram a criar áreas de sombreamento e a mitigar o calor escaldante da cidade no período de seca.

Com o processo de urbanização crescente, a cidade avança em quadras abertas e infraestrutura, mas não no desenho urbano necessário para finalizá-la. A falta de calçadas prejudica não somente o pedestre, mas também o processo de arborização de Palmas, ficando o plantio de árvores restrito às rotatórias e aos canteiros centrais. Com o aumento da população, viu-se um crescente número de residências sendo construídas, mas a falta de calçadas não permitiu o plantio de árvores nas ruas. No entanto, essas árvores existem nos quintais das casas, em pequenos bosques e em áreas residuais do sistema viário.

As árvores urbanas existentes em calçadas (quando existem), normalmente foram plantadas por moradores, sem conhecimento da espécie, o que muitas vezes causa muitos transtornos, como calçadas quebradas e raízes se espalhando sem controle. Em outros lugares temos vias arborizadas, que são bem mais agradáveis esteticamente e com maior conforto ambiental.

Em Palmas há uma quadra que mede 700 metros de comprimento, de acordo com o plano urbanístico, um trecho bem longo que, sem arborização, fica quase impossível caminhar nas horas de sol a pino. Assim, pessoas e ciclistas criaram o hábito de caminhar somente no final da tarde e à noite. Uma das áreas mais procuradas é a Praça dos Girassóis, o Parque Cesamar, e a área verde mais recente, que é a Praça dos Povos Indígenas, com seus circuitos de caminhada, locais muito apreciados pelos usuários que mostram que Palmas tem público suficiente para receber novos projetos de parques urbanos e ciclovias.

23.3. Caracterização do município de Palmas

Palmas está localizada na mesorregião oriental do estado Tocantins, microrregião do município de Porto Nacional. Com altitude máxima de aproximadamente 600 metros em relação ao nível do mar, ocupa uma área aproximada de 2.218 km² estando dividida em três unidades territoriais: o Distrito de Palmas (sede do município, altitude média de 260 metros), Buritirana e Taquaruçu [1].

O solo deste espaço geográfico é composto, em sua maioria, por Latossolos vermelho-amarelos e Plintossolos. Latossolos vermelho-amarelos apresentam limitações de ordem química, sendo geralmente de baixa fertilidade, necessitando de práticas de manejo adequadas para cultivos agrícolas [2,3].

Seu índice pluviométrico é de 1.300 mm/ano, com janeiro sendo o mês mais chuvoso (246 mm) e julho o mês mais seco, apresentando pluviosidade quase nula. A temperatura média anual é de 22 °C, sendo setembro o mês mais quente, com média máxima de 36 °C e julho o mês mais frio, com média mínima de 22 °C [4]. O clima na região é classificado como Aw (clima úmido a sub-úmido, com moderada deficiência hídrica no inverno), apresentando duas estações bem definidas: uma chuvosa, entre os meses de outubro a abril; e outra seca, entre os meses de maio a setembro. Este tipo de clima quente e seco reforça que a necessidade da arborização urbana é fundamental para o conforto urbano.

23.4. Arborização urbana de Palmas

A elaboração do levantamento arbóreo de um município é fundamental como política pública de uma gestão ambiental consciente das necessidades de conservação da biodiversidade e cobertura vegetal de uma cidade, além da preservação de suas áreas de proteção ambiental. O processo de urbanização vai paulatinamente diminuindo a cobertura vegetal nativa, e o diagnóstico arbóreo mostra os erros e acertos relacionados à arborização urbana durante o crescimento da cidade.

Considerado um dos instrumentos mais seguros e eficientes para se conhecer a riqueza de seus recursos naturais e potencialidades paisagísticas, no caso de Palmas, este diagnóstico foi uma demanda da gestão municipal realizado em 2015, com uma equipe técnica composta por

biólogos, engenheiros ambientais, arquitetos e alunos estagiários. O diagnóstico da arborização urbana foi feito por meio da coleta e mensuração de um conjunto de variáveis baseadas em diferentes técnicas que permitiram a quantificação e qualificação do arboreto urbano.

O Diagnóstico da Arborização de Palmas [5] foi realizado com base nas premissas elencadas, o que permitiu uma avaliação detalhada da arborização em diversas regiões da cidade por meio de um conjunto de variáveis direta ou indiretamente vinculadas à cobertura vegetal urbana. A seleção das unidades de amostragem levou em consideração o ordenamento territorial da cidade de Palmas definidas no Plano Diretor Participativo, Lei Complementar nº 155 de 28 de dezembro de 2007, e contemplaram as quadras da área central no eixo Sul (ARSO e ARSE) e Norte (ARNO, ARNE), região Sul (Setores Aurenry e Taquaralto) e distritos de Taquaruçu e Buritirana.

O levantamento qualitativo e quantitativo da cobertura vegetal foi realizado pelo método de unidades de amostragem em elementos da estrutura urbana, caracterizados nas áreas verdes não edificantes (praças, jardins) e espaços verdes de acompanhamento viário (canteiros centrais, rotatórias, estacionamentos, alamedas/ruas) dos principais eixos viários e quadras da cidade. A coleta de dados foi realizada em campo, mediante o preenchimento de um formulário específico para os diferentes elementos da estrutura urbana, em que cada indivíduo arbóreo amostrado foi virtualmente marcado (georreferenciado) e seu prontuário continha as seguintes informações de acordo com a Tabela 1.

Tabela 23.1 – Campos da ficha de coleta de dados (metodologia).

Responsável pela coleta e data	Fitossanidade
Coordenada geográfica	Intensidade da poda
Localização: área verde / praça / jardim, quadra, rua/alameda, canteiro central, estacionamento, rotatória	Interferência com os equipamentos urbanos (sinalização, rede elétrica, circulação de pedestres, etc.)
Dados relativos ao indivíduo arbóreo	Desenvolvimento da planta
Nome científico e popular	Necessidade de poda
Altura em metros (estimado da base à copa do indivíduo)	Distância com relação ao meio-fio, esquina, placa de sinalização, etc.

Fonte: Adaptado de Plano de arborização urbana de Palmas [6].

Os dados coletados em campo foram inseridos em um mapa associado a uma base de dados que permitiu o acesso individualizado ou em conjunto de todos os atributos anteriormente elencados, sendo um instrumento fundamental para o manejo das árvores no meio urbano de Palmas. Um inventário fotográfico foi realizado, contendo as principais espécies arbóreas, a arborização característica das diversas estruturas urbanas e principais problemas associados à arborização. A base de dados do Diagnóstico da Arborização de Palmas contém informações detalhadas.

As famílias arbóreas com maior número de espécies foram Fabaceae (com 45 espécies), Arecaceae (28 espécies), Anacardiaceae, Bignoniaceae e Malvaceae (11 espécies cada). Quanto à origem, a maioria das espécies (46,90%) são nativas do Cerrado. Outras 37,17% são provenientes de outros países e 15,93% são oriundas de outras regiões brasileiras. As espécies mais frequentes foram caju (*Anacardium occidentale*), com 1.753 indivíduos (7,71%), oiti (*Moquilea tomentosa*), com 1.671 indivíduos (7,35%), mangueira (*Mangifera indica*), com 1.577 indivíduos (6,94%) e pequi (*Caryocar brasiliense*), com 1.571 indivíduos (6,91%).

A arborização de Palmas é composta majoritariamente por árvores (87,54%), e as palmeiras compreendem 12,46%. Quanto ao porte, 41,49% dos indivíduos é de médio porte, 39,30% de grande porte e 19,21% de pequeno porte. Destes, 64,19% já atingiram a idade adulta, 22,54% são ainda jovens e 13,27% são mudas. A fitossanidade foi considerada muito boa em 87,55% das árvores analisadas, 8,0% apresentaram uma condição fitossanitária regular e 0,30% dos indivíduos analisados estavam mortos.

Inúmeros impactos negativos foram diagnosticados ligados à arborização urbana de Palmas, como o manejo inadequado, vinculado ao não preparo do solo para o plantio, tamanho inapropriado das covas, a não eliminação de pragas e a falta de adubação pós-plantio, o que fez com que muitas árvores apresentassem problemas fitossanitários associados ao crescimento e com estrutura deficiente. Nas áreas verdes não edificantes identificaram-se extensas áreas desprovidas de vegetação, assim como um número elevado de espécies exóticas, além do depósito de lixo em áreas não apropriadas, áreas verdes impermeabilizadas e parcialmente ou totalmente invadidas. Nas ruas com calçamento, os principais problemas estão ligados ao uso inadequado de espécies arbóreas, conflitos com equipamentos públicos, insuficiência ou ausência de área permeável que permita a infiltração de água e aeração do solo, uso excessivo de espécies exóticas e de palmeiras, dentre outros [5].

Sabemos hoje que as árvores estabelecem vínculos afetivos entre os cidadãos e o meio ambiente urbano. Em relação à paisagem, a cobertura vegetal contribui com a organização do ambiente urbano, amplia e embeleza os espaços, minimiza a aridez da cidade e aumenta o conforto ambiental. Regulam o microclima urbano, asseguram o arrefecimento passivo por meio do sombreamento, reduzindo a conversão de energia radiante sensível.

A cobertura vegetal controla também a radiação solar. O vento e a umidade do ar, em áreas com agrupamentos arbóreos, reduz a temperatura em até 3° C a 4° C. A diferença se acentua com a redução do deslocamento entre as áreas ensolaradas e sombreadas com o aumento do porte da vegetação, pois a diferenciação no porte arbóreo contribui para a redução da temperatura; as várias camadas da copa ampliam a absorção da radiação solar e a estratificação da temperatura do ar sob a vegetação [7].

Na área urbana de Palmas, os locais com maior densidade de vegetação apresentaram as menores temperaturas, potencialmente consideradas como ilhas de frescor. O inverso também é verdadeiro: os locais com menor cobertura vegetal são onde se encontram as ilhas de calor. Na região do Plano Diretor Norte, onde se encontra o Parque Sussuapara, uma unidade de preservação ambiental, registra-se as menores temperaturas, trazendo maior conforto ambiental aos moradores. Na região Sul, ao contrário, encontram-se as maiores temperaturas, em razão da falta de arborização urbana, de parques urbanos e de áreas de preservação ambiental [8].

A arborização urbana é, portanto, um elemento promotor da qualidade de vida e do bem-estar das pessoas. Entretanto, para que a arborização cumpra de forma eficaz o seu papel social, ambiental e econômico, é necessário que o planejamento de sua implantação siga critérios técnicos, garantindo uma implementação adequada e um manejo apropriado.

23.5. Áreas verdes de Palmas

A legislação vigente de 2015 e 2016, época em que o plano de arborização urbana foi elaborado, Lei de Uso do Solo, Lei nº. 386/1993, alterada pela Lei nº. 1070/2001, art. 15, parágrafo 5º,

caracteriza uma Área Verde (AV) como: “Zona de Uso caracterizada pela otimização das condições ecológicas do meio ambiente, sendo admitido o desenvolvimento de atividades de lazer compatíveis com essas condições”. Segundo o Art. 68 da Lei nº. 1070/2001, “a área verde define-se pela preservação e/ou criação de cobertura vegetal e proteção dos recursos hídricos, sendo possível em algumas o exercício de atividades de lazer e recreação, desde que compatíveis com sua destinação principal.” O Art. 69 admite os seguintes usos para as Áreas Verdes de Preservação: “horto florestal, jardins botânicos, Parques, Parque Infantil e Quadras de Esportes”.

De acordo com a Resolução CONAMA Nº 369/2006, o Art. 8º, § 1º, considera a área verde pública “o espaço de domínio público que desempenhe função ecológica, paisagística e recreativa, propiciando a melhoria da qualidade estética, funcional e ambiental da cidade, sendo dotado de vegetação e espaços livres de impermeabilização”.

O Ministério do Meio Ambiente considera que as áreas verdes urbanas são o conjunto de áreas intraurbanas que apresentam cobertura vegetal, arbórea (nativa e introduzida), arbustiva ou rasteira (gramíneas) e que contribuem de modo significativo para a qualidade de vida e o equilíbrio ambiental nas cidades. Essas áreas verdes estão presentes numa enorme variedade de situações, em áreas públicas; em áreas de preservação permanente (APP); nos canteiros centrais; nas praças, parques, florestas urbanas e unidades de conservação (UC) urbanas; nos jardins institucionais; e nos terrenos públicos não edificadas.

23.6. Sistema Verde Urbano

Os espaços verdes urbanos são fundamentais para a sobrevivência dos seres humanos em áreas urbanizadas, portanto deveria ser objeto de uma política pública prioritária para as cidades, principalmente aquelas com clima severo, como é o caso de Palmas. Dependem de um conjunto de ecossistemas íntegros, o qual nomearemos de Sistema Verde Urbano, que é o conjunto de todas as áreas verdes urbanas e entorno da cidade, capazes de promover todos os serviços ecossistêmicos que contribuem para o bem-estar e a qualidade de vida do ser humano e para a sustentabilidade ambiental.

Para promover o bem-estar humano nas cidades é necessário que exista um contato direto das pessoas com os espaços verdes, seja para recreação, esportes e contemplação, que melhore a saúde e promova sensação de tranquilidade, ajudando a reduzir o estresse dos grandes centros urbanos [9].

A transformação das cidades com mais espaços vegetados e tratados, consolidam hoje o conceito de “Cidades Verdes” e implica preencher os espaços urbanos com uma natureza mais densa e consolidada dentro do ambiente construído. No entanto, introduzir o verde na estrutura urbana, tanto quanto seja possível, vai muito além de modelos paisagísticos e estéticos, mas uma estrutura verde que dê suporte a toda vida, seja ela humana ou não. Ainda que possa parecer paradoxal, muitas cidades são ricas em biodiversidade, e Palmas é um exemplo disso.

Palmas situa-se no bioma Cerrado, um dos 34 “*hotspots* de biodiversidade” mundiais. Um *hotspot* de biodiversidade é uma área detentora de elevada diversidade biológica, mas que tiveram uma parte significativa dos seus habitats naturais destruídos, sendo portanto, consideradas prioritárias para conservação. O Cerrado possui mais de 13.000 espécies de plantas, podendo

alcançar uma densidade de 450 espécies por hectare. Esta riqueza representa 36,9% das espécies da flora do Brasil e 4,8% das espécies vegetais do mundo.

Além do valor estético e dos bens e serviços ecossistêmicos fornecidos pelo Cerrado, sua biodiversidade é usada pelas populações locais, que consome uma infinidade de plantas nativas, como remédios, infusões ou seus frutos.

A capital do Tocantins é detentora de uma prodigiosa biodiversidade, com um número de aves na área urbana que chega a 324 espécies [10] o que representa quase 40% de todas as aves do Cerrado. O Diagnóstico da Arborização Urbana identificou 232 espécies de árvores, sendo 107 nativas do Cerrado [5], muitas delas utilizadas na medicina popular ou consumidas diretamente pela população local. Entretanto, este número é consideravelmente maior se forem incluídas as áreas protegidas (Unidades de Conservação, Áreas de Proteção Ambiental e Áreas de Proteção Permanente) situadas dentro da cidade. A presença de diversos córregos, cinco dos quais encontram-se dentro do perímetro urbano, como o Suçuapara, Brejo Comprido, Prata, Água Fria, Machado, Tiúba (considerados unidades de conservação pela LC 155/2007), são recursos hídricos que, juntamente com as formações florestais adjacentes, estão dotados de uma elevada biodiversidade que exercem um importante papel na melhoria das condições bioclimáticas na cidade.

Um exemplo dessa diversidade biológica pode ser encontrado na unidade de conservação Prata (não regulamentada), que é formada por um gradiente de vegetação, que inclui campos úmidos e buritizais típicos das veredas, e cerrado típico em transição com a mata de galeria, formando uma notável vegetação raramente encontrada em áreas urbanas [11], contendo mais de 210 espécies de aves, algumas delas não encontradas em outras regiões da cidade [10]. Essas áreas protegidas exercem papel fundamental na preservação dos recursos genéticos da biodiversidade e para os serviços ecossistêmicos. O Plano de Arborização de Palmas revelou a riqueza do Cerrado palmense.

23.7. Gestão ambiental como política pública

A gestão ambiental como política pública deve ter como objetivo fundamental criar um Sistema Verde dentro do desenho urbano e consolidar a sustentabilidade ambiental como meta que priorize as espécies nativas autóctones e/ou espécies típicas do bioma Cerrado. A definição da quantidade e variedade das espécies nativas e a proporção de espécies provenientes de outras regiões brasileiras ou exóticas ao Brasil na arborização urbana pode variar de acordo com as diferentes categorias de áreas verdes, estabelecidas dentro das leis que regem a gestão ambiental da cidade. Considera-se área verde uma categoria de espaço livre onde há a predominância de vegetação arbórea, pelo menos 70% da área possui superfície permeável, ausência de edificações, e que realizem funções ecológicas, estéticas e de lazer [12].

Para as áreas de Preservação Permanente definidas e regidas pelo Código Florestal Lei nº. 12.651 de 25 de maio de 2012, prevê-se que a arborização destas áreas deve ser composta por espécies nativas autóctones (espécies vegetais adaptáveis às condições ecológicas locais, com necessidades hídricas reduzidas e menos sensíveis às pragas e doenças) e/ou espécies típicas do bioma Cerrado.

Já no meio urbano, as áreas de proteção permanente são responsáveis por reduzir a erosão e evitar o assoreamento dos cursos-d'água, proporcionar refúgio para a fauna silvestre e proteção para a flora, manter fontes e nascentes perenes, formar barreiras naturais contra pragas e doenças, auxiliar na regulação do microclima urbano. No entanto, em Palmas, nenhuma destas

áreas de proteção ambiental estão devidamente asseguradas por lei, correndo o risco de serem invadidas ou terem seus usos direcionados a interesses diferentes do plano de urbanização original que as criaram.

23.8. Áreas verdes provenientes do parcelamento do solo

Os parques urbanos foram definidos como áreas verdes com função ecológica, estética e de lazer, com uma extensão maior que as praças e os jardins públicos [12], e as praças, como espaços públicos urbanos destinados ao lazer e convívio da população, acessíveis aos cidadãos e livres de veículos [13]. Assim, o Plano de Arborização Urbana de Palmas [6] estabelece alguns princípios básicos para a gestão das áreas verdes:

- A arborização das áreas verdes deverá ser sustentável, buscando sempre o incremento da biodiversidade, atuando como um recurso multifuncional, oferecendo serviços ecológicos, ambientais, sociais e econômicos para a população;
- As áreas verdes onde a vegetação tenha sido parcialmente ou totalmente suprimidas devem passar por um processo de recuperação/revegetação buscando manter as suas características originais;
- As áreas verdes das quadras devem estar interligadas por meio de um sistema de corredores verdes urbanos integrados aos espaços verdes de acompanhamento viário e conectadas às áreas protegidas dentro do perímetro urbano e periurbano (APPs, UCs) de maneira a tornar mais eficientes os serviços ambientais e ecológicos, melhorando a sustentabilidade ambiental e a qualidade de vida da população.

23.9. Espaços verdes de acompanhamento viário (calçadas, canteiros, rotatórias e canteiros centrais)

Este item está relacionado ao conjunto de árvores e arbustos existentes ao longo das vias públicas. Foi demonstrado no Diagnóstico de Arborização de Palmas – DAP que existem diversos locais com potencial para serem arborizados, pois apresentam condições físicas adequadas para sua implantação, como ruas, canteiros centrais e rotatórias que comportam uma diversidade de espécies de vários portes. Como exemplo, nos canteiros centrais, o Código de Trânsito Brasileiro, Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997, define como obstáculo físico construído como separador de pistas de rolamento, eventualmente substituído por marcas viárias.

De acordo com o Plano de Arborização Urbana de Palmas [6], a arborização dos canteiros centrais das avenidas deve levar em conta as dimensões e o traçado viário, considerando a largura disponível, o livre trânsito de veículos e a integração com os demais componentes viários e de infraestrutura urbana. Os principais princípios estabelecidos são:

- Os canteiros centrais devem ser planejados como corredores verdes urbanos, de forma orgânica e integrados aos demais elementos da arborização urbana e periurbana;
- A arborização deve ser sustentável, com a seleção de espécies adequadas às condições locais e voltada ao incremento da biodiversidade, oferecendo serviços ecológicos, ambientais, sociais e econômicos à população;

- O plantio de espécies autóctones ou nativas do Cerrado deve ser priorizado tanto na recomposição de canteiros centrais já existentes quanto nos projetos paisagísticos de novas avenidas ou de trechos que ainda não receberam tratamento paisagístico.

23.10. Rotatórias

A rotatória é um instrumento de engenharia viária que tem como objetivo principal diminuir a velocidade do fluxo de veículos, para evitar o encontro de veículos que se cruzariam, e dispensar a instalação de semáforos. As rotatórias palmenses estão localizadas nos cruzamentos dos principais eixos viários, exceto na Avenida Teotônio Segurado. São elementos fundamentais na arborização urbana, pois possuem elevado potencial estético, ambiental, sociocultural e ecológico.

Variam entre 30, 60 e 80 metros de diâmetro e possuem diferentes funções. Quando são densamente arborizadas, as rotatórias contribuem para o conforto ambiental e diminuição da poluição atmosférica. No entanto, nos últimos anos, temos observado uma mudança significativa de usos dentro das rotatórias, onde são vistos projetos públicos e/ou privados que descaracterizam o paisagismo. Vimos a construção de um relógio de sol, que mudou a topografia da rotatória, para abrigá-lo, e não conseguiu se transformar em atrativo turístico, porque as pessoas não conseguem parar para fotografar.

Também vemos em outra rotatória um gigantesco terço católico, e em outras temos o uso de pedras gigantes que, junto com cactáceos e cicas, tiraram toda a sombra existente anteriormente. Estes modelos paisagísticos importados de outras cidades, e até países, só prejudicam a nossa flora e fauna, como diminuem substancialmente o conforto ambiental, além de acarretar risco à vida humana.

Segundo o Plano de Arborização Urbana de Palmas [6], a arborização das rotatórias deve seguir princípios que garantam sustentabilidade, biodiversidade e integração com a arborização viária. Os principais pontos são:

- A arborização das rotatórias deve ser sustentável, com a seleção de espécies adequadas às condições locais e voltada ao incremento da biodiversidade, oferecendo serviços ecológicos, ambientais, sociais e econômicos à população;
- O plantio de espécies autóctones ou nativas do Cerrado deve ser priorizado tanto na recomposição de rotatórias já arborizadas quanto naquelas que ainda não receberam arborização urbana;
- É necessário aumentar a densidade e a diversidade de espécies autóctones e nativas do Cerrado nas rotatórias, de modo que funcionem como trampolins ecológicos, criando uma paisagem integrada e semelhante à dos canteiros centrais das avenidas adjacentes.

23.11. Calçadas das avenidas / ruas / alamedas

O Código de Trânsito Brasileiro (1997), define que calçada é “parte da via, é segregada em nível diferente, não destinada à circulação de veículos, mas sim reservada ao trânsito de pedestres e, quando possível, à implantação de mobiliário urbano, sinalização, vegetação e outros fins”. Para a NBR 9050/15, o espaço livre mínimo para o trânsito de pedestre em passeios públicos deverá ser de 1,20 m e altura de 2,10 m.

Quando arborizadas, as calçadas de Palmas ganham importância ainda maior na paisagem urbana, promovendo, além da beleza estética, proteção contra a incidência solar, pois a cidade tem temperaturas muito altas durante o ano todo. Nos meses de agosto e setembro, a floração dos ipês amarelos, rosas e brancos transformam as calçadas em belas paisagens cênicas, muito apreciadas pela população. Entretanto, o uso indevido de espécies exóticas prejudica a biodiversidade, como é o caso das palmeiras azuis, imperiais e muitas outras.

De acordo com o Plano de Arborização Urbana de Palmas [6], a arborização das calçadas deve ser planejada de forma integrada ao desenho urbano, priorizando a preservação das árvores existentes e a criação de corredores verdes. Os principais princípios estabelecidos são:

- O processo de abertura e pavimentação das quadras deve ser conduzido de maneira a evitar a supressão indevida de árvores;
- A arborização das calçadas deve ser sustentável, com a seleção de espécies adequadas às condições locais e voltada ao incremento da biodiversidade, oferecendo serviços ecológicos, ambientais, sociais e econômicos à população;
- É necessário aumentar a densidade e a diversidade de espécies autóctones e nativas do Cerrado nas calçadas, de modo que funcionem como corredores ecológicos interligados aos demais espaços verdes arborizados.

23.12. Corredores verdes

Os corredores verdes definidos como áreas verdes lineares, com densa vegetação arbórea, devem atravessar o tecido urbano, garantindo a conexão entre os diversos mosaicos de vegetação da cidade e unidades de paisagem. Um conjunto de corredores verdes conectada com os espaços naturais urbanos e periféricos formam uma verdadeira infraestrutura ecológica dentro da cidade, aqui nomeada de Sistema Verde ou Estrutura Verde.

Estes eixos verdes urbanos se distinguem pela qualidade do espaço para descanso ou deslocamento, pela acessibilidade ao patrimônio natural e para a vivência com a natureza. Estes atributos tornam a cidade mais agradável, e multiplicam os benefícios ambientais e sociais, além de manter a diversidade biológica. Neste sentido, os corredores verdes urbanos também desempenham papel estratégico na construção de uma cidade mais saudável. Com a possibilidade de serem criadas trilhas interpretativas para pedestres e ciclistas, estes corredores podem contribuir para o contato perceptivo da natureza, promovendo ações de observação botânica e da avifauna, como um museu aberto do Cerrado com painéis explicativos, tornando-se assim mais um atrativo ecoturístico.

O fortalecimento de uma infraestrutura ecológica na cidade significa trabalhar para aumentar e consolidar a superfície verde e favorecer prioritariamente as regiões urbanas menos favorecidas, de maneira a garantir uma distribuição equitativa dos serviços e benefícios fornecidos pela arborização e a biodiversidade, e tornar a cidade mais inclusiva ecologicamente. A rede de corredores verdes de Palmas deverá conectar as principais áreas protegidas (Unidades de Conservação, Áreas de Proteção Permanente) dentro do perímetro urbano com as áreas protegidas do entorno da cidade.

Diversos elementos urbanos, como as coberturas, varandas, paredes e muros são elementos próximos, públicos ou privados, suscetíveis de serem transformados em hortas urbanas (em terrenos vazios) e jardins de uso comunitário, pomares urbanos e espaços de produção e de atividades saudáveis, além de atrativos ecoturísticos. Para incrementar estes espaços verdes é

importante impulsionar a agricultura ecológica nos espaços urbanos e periurbanos, potencializar o verde em coberturas, terraços, fachadas, pátios e até em pontos de ônibus. Espaços em ruas e avenidas podem ser transformados em áreas de convivência e relacionamento se concebidas como áreas de pacificação, contemplação, descanso ou relaxamento em um entorno verde de qualidade. São áreas de acolhida de espécies da avifauna que chegam de forma espontânea, vivem e se reproduzem nelas. Uma gestão mais cuidadosa, com viés ecológico, poderá dar alimento e abrigo a esta biodiversidade presente.

23.13. Programas complementares ao Plano de Arborização Urbana de Palmas

O município de Palmas conta com diversos programas que contribuem para a conscientização ambiental e para desenvolver o elo afetivo da população com a natureza, assim como embelezar as áreas comerciais e residenciais da cidade. Esses programas devem ser implantados e priorizados dentro da política pública de gestão ambiental do município, seguindo as diretrizes do Plano de Arborização Urbana de Palmas [6]. Os principais programas são:

- **Programa “Adote um Jardim”:** Tem como objetivo firmar convênios com pessoas jurídicas que queiram recuperar, conservar e cuidar do patrimônio de praças públicas, jardins e áreas verdes, ficando a empresa com autonomia para adotar o tipo de arborização e jardinagem;
- **Programa de Educação Ambiental:** Acontece em diferentes segmentos da comunidade para desenvolvimentos de práticas sustentáveis a respeito da arborização, a fim de fortalecer e esclarecer sobre a importância da arborização na regulação do clima, na manutenção da qualidade do ar, na prestação de serviços ambientais indispensáveis à regulação do ecossistema e na promoção da saúde e do bem-estar humano;
- **Programa de Educação Ambiental nas Escolas:** Fundamental em todas as etapas dos processos educativos e em especial nos anos iniciais da escolarização, visto que a criança ainda não tem convicção e preceito formado a respeito do meio ambiente, tornando-se assim mais fácil conscientizá-la sobre as questões ambientais;
- **Programa de Captação de Crédito de Carbono:** Com base nos serviços ambientais prestados pela arborização urbana, principalmente os relacionados à dinâmica do CO₂ no ambiente urbano, tem como objetivo gerar benefícios reais e mensuráveis de carbono (através da redução de emissões de GEE ou por meio do sequestro destes gases na atmosfera); desenvolver ações adicionais às que existiam na ausência do projeto; trazer benefícios permanentes; trazer desenvolvimento sustentável e estar relacionado ao uso da terra;
- **Programa de Incentivos Fiscais Sustentáveis:** Ocasão em que a gestão municipal poderá dispor de diversos incentivos fiscais para promover a arborização, como o IPTU ecológico, em que as residências ou comércios ganhariam desconto no IPTU pelo plantio de árvores, adequação de calçadas, entre outras ações;
- **Programa de Divulgação do Conhecimento a respeito da Arborização e Biodiversidade:** Incluem ações para elaboração e aplicação de uma estratégia de comunicação a respeito da arborização e a biodiversidade, potencializar áreas verdes como espaços educativos e de conhecimento, criar um centro de interpretação do verde e da biodiversidade de Palmas, oferecer apoio à rede escolar e criar recursos destinados a ela, entre outros;

- **Programa de Fomento ao uso das Áreas Verdes:** Tem o objetivo de incentivar a participação cidadã na proteção, conservação e gestão dos espaços verdes. Para isto é necessária a elaboração de um plano de usos sociais dos espaços verdes, aumentar e melhorar a qualidade dos equipamentos lúdicos e de saúde, promover o verde privado mediante a promoção de hortas, tetos e terraços verdes, muros e pátios ajardinados, estabelecer um programa de voluntariado para a conservação do verde e da biodiversidade e para informação e divulgação do tema, implantar ou fortalecer programas de jardins e hortas de gestão comunitária, entre outros.

O programa Adote um Jardim foi o que mais obteve sucesso ao seguir as diretrizes do Plano de Arborização de Palmas, escolhendo as espécies nativas para o plantio de novas árvores. O Plano de Educação nas escolas também obteve sucesso com a implementação de hortas e plantio de frutíferas nos pátios escolares. Entretanto, as outras ações ainda caminham devagar, pois demandam orçamentos mais vultosos.

23.14. Considerações finais

Palmas tem um papel relevante na história do desenvolvimento da região Norte, pois faz parte da Amazônia Legal e agrega valor a uma região do país antes tão carente de infraestrutura, mas que hoje desenvolve-se dinamicamente. Com esta característica, a gestão pública deverá reconhecer que a capital do estado do Tocantins necessita ser cuidada de forma redobrada no que tange aos espaços verdes e à área de preservação ambiental para garantir a proteção de seu patrimônio paisagístico e dos recursos naturais que trazem uma identidade única à cidade.

A capital do Tocantins é considerada uma das melhores cidades para se viver no país e ficou conhecida no Brasil e no mundo pela qualidade de seus espaços urbanos e de infraestrutura. No entanto, para dar continuidade ao processo de manejo de suas áreas verdes de forma técnica e promover a sustentabilidade ambiental e o seu desenvolvimento, é necessário melhorar ainda mais as políticas de gestão ambiental e as leis relacionadas à proteção de suas unidades de conservação e de todo o seu sistema hídrico.

Como recomendações, a gestão pública deve criar corredores verdes de biodiversidade nas calçadas e avenidas e nas áreas de proteção ambiental. Elas ainda devem passar pelo processo de regularização, criando leis necessárias para sua proteção, controle e manejo correto contra erosões, desmatamento, queimadas e outros impactos ambientais. Estas ações deverão garantir a consolidação do Sistema Verde proposto pelo Plano de Arborização Urbana.

Deverá ainda ser foco das novas administrações, independente de bandeiras políticas. Devem realizar todo o esforço no sentido de incentivar pesquisadores, técnicos e sociedade civil a se comprometerem por meio de campanhas de Educação Ambiental para atuar como agentes fiscalizadores e de ações “verdes” de proteção ambiental.

O Plano de Arborização Urbana colocou a capital entre as primeiras cidades do país a elaborar um plano de arborização capaz de mostrar os aspectos positivos das áreas verdes da cidade, mas também os problemas e obstáculos existentes na gestão das áreas verdes durante os seus 35 anos de vida. Para melhorar e gerir com mais consciência e responsabilidade ecológica, não basta considerar a compra de equipamentos, dar capacitação ao corpo técnico de implantação e manejo

de jardins, mas também promover as ações de coletas de sementes, criar um banco de sementes, melhorar e diversificar o cultivo de espécies nativas em viveiros públicos e particulares para uso da arborização nas cidades. Estes são apenas alguns aspectos positivos deste trabalho, mas existem outras possibilidades.

Com o título de capital ecológica, Palmas tem a possibilidade de promover também uma economia verde voltada à produção de mudas de espécies nativas em larga escala para uso da arborização urbana e recuperação de áreas degradadas. Além disso, pode fomentar a vinda de indústrias farmacêuticas, com atrativos como redução de impostos, que produzam medicamentos com espécies do Cerrado. A gama de possibilidades ligadas à um Sistema Verde Urbano chega também ao ecoturismo, se considerarmos o número relevante de cachoeiras existentes bem próximas à cidade, onde se poderia criar uma “rodovia verde”, ligando a capital até o distrito de Taquaruçu, promovendo o ecoturismo regional e até nacional, pois Taquaruçu é caminho para o Jalapão, hoje considerado um dos destinos turísticos de maior atratividade no Brasil.

Como perspectiva futura, é possível que a capital venha a se tornar a “Esmeralda do Cerrado”, com uma densidade de cobertura vegetal capaz de mitigar os efeitos danosos do efeito estufa e das mudanças climáticas, reduzir as ilhas de calor e melhorar o conforto ambiental urbano com a diminuição da temperatura, trazendo muito mais qualidade de vida a seus moradores e turistas visitantes.

A busca desta qualidade de vida e da sustentabilidade ambiental deverá ser o objetivo maior de qualquer administração pública que busque unir qualidade ambiental com qualidade de vida. O desenvolvimento sustentável do processo de urbanização deverá acontecer no momento que o respeito à natureza e à vida das pessoas venha a se tornar prioridade. Por cidades mais verdes, mais arborizadas e mais saudáveis. Por uma Palmas verde e verdadeiramente ecológica.

23.15. Referências

- [1] Teixeira LRC. A formação de Palmas. Rev UFG. 2009;(6):1-9.
- [2] Santana MP, Lacerda MPC. Solos representativos do Estado do Tocantins sob vegetação natural do Cerrado. In: II Simpósio Internacional Savanas Tropicais; 2008; Brasília. Anais... Brasília: [s.n.]; 2008.
- [3] Zaroni, Santos. Plintossolos pétricos. Brasília: Embrapa; [acesso 16 nov. 2015]. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONT000gn362ja202wx5ok0liq1mqrmdmd4k.html
- [4] Tocantins. Secretaria do Planejamento e Orçamento (Seplan). Base de dados cartográficos do Tocantins. Arquivos digitais. Palmas: Seplan; 2012.
- [5] Palmas. Diagnóstico da arborização urbana de Palmas. Palmas: Prefeitura Municipal; 2015 [acesso 30 set. 2020]. Disponível em: <https://www.ecotono.eng.br/single-post/2016/05/23/Manual-e-Plano-de-Arborizacao-Urbana-de-Palmas>
- [6] Palmas. Plano de arborização urbana de Palmas. Palmas: Prefeitura Municipal; 2015 [acesso 30 set. 2020]. Disponível em: <https://www.ecotono.eng.br/single-post/2016/05/23/Manual-e-Plano-de-Arborizacao-Urbana-de-Palmas>
- [7] Mascaró L. Ambiência urbana – Urbain environnement. 2ª ed. Porto Alegre: +4 Editora; 2004.
- [8] Paz LHF. A influência da vegetação sobre o clima urbano de Palmas-TO [dissertação]. Brasília: Universidade de Brasília; 2010.

- [9] Convention on Biological Diversity (CDB). Marine and coastal biodiversity: revised voluntary guidelines for the consideration of biodiversity in environmental impact assessments and strategic environmental assessments in marine and coastal areas. UNEP/CBD/COP/11/23. Hyderabad (India); 2012.
- [10] Pinheiro RT, Dornas T, Reis ES, Barbosa MO, Rodello D. Birds of the urban area of Palmas, TO: composition and conservation. *Rev Bras Ornitol.* 2008;16(4):339-47.
- [11] Coriolano CP, Pinheiro RT. Unidades de conservação em área urbana: critérios para seleção de áreas prioritárias para conservação. *Jus Navigandi.* 2011 [acesso fev. 2017]. Disponível em: <https://jus.com.br/artigos/20025/unidades-de-conservacao-em-area-urbana/2>
- [12] Lima AMLP, Cavaleiro F, Nucci JC, Souza MAB, Fialho NO, Del Picchia PCD. Problemas de utilização na conceituação de termos como espaço livre, áreas verdes e correlatos. In: II Congresso Brasileiro de Arborização Urbana; 1994; São Luís. *Anais...* São Luís: [s.n.]; 1994.
- [13] Robba F, Macedo SS. *Praças brasileiras.* São Paulo: Edusp; 2002.

Capítulo 24

POLÍTICAS PÚBLICAS E PERSPECTIVAS FUTURAS PARA A ARBORIZAÇÃO URBANA NA REGIÃO NORTE DO BRASIL

*Por Everton Cristo de Almeida, Juliana Mendes de Oliveira, Jackson Fernando
Rêgo Matos, Quezia Leandro de Moura, Noemi Vianna Martins Leão,
Rommel Noce e Franciane Aguiar Santana Matos*

24.1. Destaques deste capítulo

1. Na Amazônia, a arborização urbana deve ser entendida como instrumento essencial para conciliar desenvolvimento das cidades, conservação da floresta e enfrentamento da crise climática, integrando dimensões sociais, culturais, políticas e ambientais;
2. Palmas (TO) se destaca pela gestão eficiente e participação popular, enquanto Belém (PA) e Manaus (AM) possuem marcos regulatórios robustos, mas de difícil aplicação. Já Boa Vista, Rio Branco, Porto Velho e Macapá apresentam ausência de planos estruturados e predominância de espécies exóticas;
3. Jardins de chuva, biovaletas, corredores verdes, quintais produtivos e cinturões agroflorestais são soluções capazes de melhorar o microclima, reduzir alagamentos, valorizar espécies nativas e fortalecer a bioeconomia na região;
4. A formação de agentes multiplicadores e programas contínuos nas escolas e comunidades são fundamentais para evitar práticas inadequadas, promover o pertencimento e garantir a corresponsabilidade da população na gestão da arborização urbana;
5. O fortalecimento do Plano Nacional de Arborização Urbana (PLANAU), aliado aos conhecimentos indígenas e comunitários, representa a oportunidade de alinhar diretrizes nacionais às especificidades amazônicas, construindo cidades resilientes, inclusivas e sustentáveis.

24.2. Introdução

Na Amazônia, as transformações econômicas, ambientais, demográficas e culturais presentes na região tiveram início entre as décadas de 1960-1980, com a premissa da integração nacional, que conectaram a região com a instalação das rodovias BR-010 (Belém-Brasília), BR-230 (Transamazônica) e BR-163 (Cuiabá-Santarém) e, que com o passar dos tempos, acirraram conflitos socioambientais na região [1].

A relação entre a urbanização amazônica e a preservação da floresta é marcada por dimensões éticas e políticas. A consolidação de unidades de conservação, terras indígenas e assentamentos extrativistas depende de instrumentos de gestão territorial capazes de integrar zoneamento, planos diretores e arborização urbana. Esses mecanismos precisam ser sistêmicos, adaptados às mudanças climáticas e às especificidades regionais. Muitos problemas urbanos atuais derivam de gestões que negligenciaram a arborização por falta de conhecimento técnico, recursos ou vontade política [2].

O papel da urbanização e arborização, ainda que esquecido pelas políticas públicas, é fundamental para a construção de um projeto regional para a Amazônia e sua urbe, tendo como maior desafio conciliar o desenvolvimento com a conservação, mantendo a “floresta em pé”, valorizando os serviços ecossistêmicos e garantindo que atividades vocacionais, como o manejo florestal sustentável [3], a agroecologia, o turismo de base comunitária e feiras de bioeconomia integral, sejam incluídas a uma gestão integrada da paisagem e territórios nas cidades, contribuindo para o bem viver e estilo de vida que promove a harmonia com a natureza, fato hoje de extrema urgência frente ao avanço das mudanças climáticas que atingem as cidades de forma cada vez mais recorrente.

O desenvolvimento territorial amazônico exige novas territorialidades, baseadas na conservação e em políticas públicas inovadoras. Nesse cenário, atuam dois vetores: o tecnointustrial, ligado à exploração intensiva de recursos naturais, como madeira e minérios; e o tecnoecológico, voltado à preservação e ao uso sustentável da natureza. A disputa entre esses vetores molda os rumos das cidades e exige estratégias que priorizem a sustentabilidade a longo prazo [4].

As cidades amazônicas combinaram influências arquitetônicas regionais e modernas, mas cresceram de forma desordenada, sem planos diretores sustentáveis. Atualmente, enfrentam carências de infraestrutura e necessitam de uma economia verde que valorize a qualidade de vida. A região Norte, composta por sete estados (Amazonas, Pará, Acre, Rondônia, Roraima, Amapá e Tocantins), é marcada por rios de grande porte e pela predominância dos biomas Amazônia e Cerrado, configurando paisagens singulares que devem orientar o planejamento urbano.

Algumas capitais avançaram em planos de arborização, como Palmas (TO), Manaus (AM) e Belém (PA), sede da COP-30 em 2025. Contudo, as políticas públicas ainda são insuficientes, o que torna urgente a formação de lideranças capacitadas e multiplicadoras para difundir a importância da arborização. A integração entre áreas urbanas e periurbanas, com corredores ecológicos, cinturões verdes e quintais produtivos, pode ser um caminho para reduzir os impactos climáticos e promover maior harmonia entre sociedade e natureza.

Por fim, elaborar estratégias que conectem territórios urbanos a rios, igarapés e lagos significa também promover reparações históricas ao modelo colonial e atender às demandas de descolonização reivindicadas por povos originários. Experiências de cidades da América Latina e do mundo demonstram que é possível adaptar políticas territoriais que valorizem o meio ambiente e os costumes regionais. Essas práticas, aplicadas à realidade amazônica, podem fortalecer a arborização urbana como política estratégica para um futuro sustentável.

24.3. A política de arborização urbana nos planos diretores das capitais da região Norte

No Brasil, a criação do Estatuto das Cidades em 2001, e posteriormente o Ministério das Cidades em 2003, foram marcos importantes para o estabelecimento de novas políticas públicas para o meio urbano, mas que ainda não são visíveis na região Norte, mesmo com a previsão do

Plano Diretor para cidades com mais de 20 mil habitantes na Constituição Federal (Tabela 1). Num contexto global, a Rio +20 declarou que os problemas urbanos atuais são os maiores desafios do século XXI, buscando-se cada vez mais o conceito de cidades resilientes e sustentáveis [2].

Tabela 24.1 – Percentual dos principais indicadores urbanísticos na região Norte.

Cidades da região Norte	Urbanização de vias públicas (%)	Esgotamento sanitário adequado (%)	Arborização de vias públicas (%)	Área do município (km ²)	Bioma
Belém – PA	36,1	67,9	22,3	1.059,46	Amazônia
Rio Branco - AC	20,4	56,7	13,8	8.834,92	Amazônia
Macapá – AP	8,8	26,8	66	6.563,84	Amazônia
Manaus – AM	26,3	62,4	23,9	11.401,10	Amazônia
Porto Velho - RO	21,7	42,8	40	34.090,95	Amazônia
Boa Vista - RR	4,3	54,1	47,5	5.687,04	Amazônia
Palmas – TO	31,3	67,6	79,9	2.227,44	Cerrado

Fonte: IBGE, 2012.

De modo geral, os Planos Diretores das capitais do Norte são bem elaborados, mas discutem pouco a respeito do tema arborização urbana, e na prática pouco se vê em termos estruturais, ficando a maioria das capitais abaixo da média, e apenas Palmas no Tocantins alcança um bom índice de arborização de vias públicas (79,9%). Ressalta-se que no Plano Diretor deve-se incluir ou prever um plano de arborização com diretrizes que acompanhem o crescimento e desenvolvimento das cidades e seu ordenamento territorial.

Atualmente, as políticas criadas para os grandes centros da região Norte não contemplam a realidade do ambiente amazônico, mas já avançaram no sentido de orientar e ordenar as cidades, como veremos a seguir.

Manaus – AM: Essa cidade possui um extenso e técnico Plano Diretor de Arborização Urbana, o que, pela extensão, dificulta a sua utilização tanto por parte da população como pelos gestores públicos. Os marcos regulatórios sobre o assunto em Manaus são: a Resolução COMDEMA nº 090/2006 [5], que dispõe sobre as diretrizes gerais da arborização urbana e regulamenta a poda; a Lei nº 002/2014 [6], que dispõe sobre o Plano Diretor Urbano e Ambiental e a Resolução COMDEMA nº 087/2016 [7], que dispõe sobre o Plano Diretor de Arborização Urbana. Essas são gerais para o Brasil, o que acaba dificultando uma orientação mais específica para nossa região e a própria cidade de Manaus, que precisa de atenção mais detalhada, dada sua extensão e realidade de grandes bairros, alguns superando, em alguns casos, até 60.000 moradores. Seus igarapés e toda uma bacia hidrográfica muito típica e peculiar podem ser incorporados num plano de arborização e áreas verdes, necessitando de um forte processo de recuperação e reflorestamento, dando especial atenção à fauna silvestre, como o sauim de coleira (*Saguinus bicolor bicolor*) que tem sua população ameaçada de extinção.

Boa Vista – RR: Possui no Plano Diretor, na Seção IV, o artigo nº 69, que diz que deveria ser elaborado um Programa de Áreas Verdes e Arborização Urbana até 2007. Boa Vista, entretanto, não possui Plano de Arborização Urbana, somente a Indicação nº 2341/2019 à

Câmara municipal de vereadores [8]. Seu marco regulatório é constituído pela Lei Orgânica de Boa Vista de 1992 e Lei Complementar nº 924/2006, que dispõe sobre o Plano Diretor estratégico e participativo [9]. Essa capital, apesar de um bom processo de planejamento inicial, ainda não incorporou um de seus principais atributos, que é a sabedoria ancestral de seus xamãs indígenas, que possuem um conhecimento ímpar a respeito da floresta amazônica.

Rio Branco – AC: Possui Plano Diretor revisado pela Lei Municipal nº 2.222/2016 [10], no qual prevê em seu art. 83, XII, um Plano de Arborização Urbana. O Plano ainda não foi criado, mas existe uma Instrução Normativa municipal nº 001/2017, que regulamenta o procedimento de arborização urbana, bastante técnica, mas de difícil compreensão para a população em geral [11]. Rio Branco apresenta uma arborização com mais de 70% de espécies exóticas e apresenta uma média de 10 árvores por quilômetro de calçada, muito baixo para uma cidade amazônica [12], em que afirma ser o ideal o número de 100 árvores por quilômetro de calçada [13].

Porto Velho – RO: Possui Plano Diretor, que prevê o Plano de Arborização. No entanto, foi a Lei Complementar nº 590/2015 [14] que instituiu o Plano Diretor de Arborização Urbana do município, que apresenta uma arborização com uma média de 20 árvores por quilômetro de calçada e um predomínio de espécies exóticas [15], o que precisa ser reconsiderado, privilegiando árvores nativas e um maior adensamento, mas de forma que observe a necessidade de adaptabilidade às mudanças climáticas e a resiliência das cidades.

Macapá – AP: Possui um Plano Diretor, instituído pela Lei Municipal nº 026/2004 e nele já se observa o descaso com a arborização urbana, pois indica no seu art. nº 56, parágrafo único, a elaboração de um estudo para se verificar a necessidade de implantação ou ampliação da arborização. A prefeitura publicou uma cartilha impressa sobre o Plano Municipal de Arborização Urbana. Estudos apontam que a cidade de Macapá possui em média 10 árvores por quilômetro de calçada e mais de 70% das espécies arbóreas são exóticas [16]. Essa realidade precisa ser corrigida adensando a capital com espécies mais apropriadas e dando ênfase ao nome que indica ser um lugar de muita chuva. Também a cultura precisa ser incorporada, criando mais áreas verdes para manifestações como o batuque e o marabaixo.

Belém – PA: Possui um Plano Diretor que já define as diretrizes para o Plano de Arborização Urbana. O Plano foi regulamentado com a criação da Lei nº 8.909/2012 [17], que dispõe sobre o Plano Municipal de Arborização Urbana e posteriormente com o Decreto nº 75.278/2013 [18], que instituiu o Manual de Orientação Técnica da Arborização Urbana, documento muito completo e de fácil entendimento. Belém também apresenta inúmeros trabalhos publicados a respeito do tema, mas ainda não possui um diagnóstico completo da arborização urbana. Como a cidade foi definida como sede da 30ª Conferência da Organização das Nações Unidas, em 2025, vem recebendo uma estrutura de parques urbanos que precisam ser melhor questionados e monitorados para que represente um legado para sua arborização, assim como bem acompanhados para maximizar os benefícios na área de artes e cultura, em virtude de esta cidade promover grandes manifestações de rua, como os desfiles do boi Arraial do Pavulagem, um patrimônio cultural que já se incorpora à arquitetura

e a sua arborização, já que se posiciona pela conservação da natureza, das praças e dos valores culturais da capital das mangueiras.

Palmas – TO: Talvez seja a capital mais avançada tanto tecnicamente, quanto nas políticas de arborização urbana. A cidade que nasceu a partir da criação do estado do Tocantins durante a Constituição de 1988, possui Plano Diretor Participativo, instituído pela Lei Complementar nº 400/2018 [19], citando no art. 130 a importância do Plano de Arborização Urbana, Diagnóstico de Arborização Urbana e Manual de Arborização Urbana. Todos estão publicados, bem elaborados, ilustrados e de fácil entendimento. Também é reforçado pelo Decreto nº 1.490/2017 – Palmas Mais Verde [20]. Essa capital apresenta ruas e logradouros adequados à arborização e seus espaços verdes são exemplos para outras cidades amazônicas.

24.4. Perspectivas futuras para cidades mais eficientes e sustentáveis na região Norte

24.4.1 *Infraestrutura verde*

O termo “Infraestrutura Verde”, planos verdes ou “Estrutura Ecológica da Paisagem ou do Território” pode ser definida como uma rede de áreas naturais e áreas abertas fundamentais para o funcionamento ecológico do território [21]. Segundo os mesmos autores, ela deve funcionar como uma rede para o suporte da vida, englobando componentes ambientais, sociais e econômicos.

A infraestrutura verde deve ser o suporte dos ecossistemas e da paisagem e ter funções de corredor ecológico ao oferecer habitat para a fauna e flora, contribuir para o microclima, promover um equilíbrio estético e paisagístico, proporcionando à população espaços de lazer, convívio e educação ambiental, promovendo a biodiversidade em ambiente urbano, induzindo à sustentabilidade territorial, essencial para preservar os recursos naturais que sustentam o ambiente e as sociedades humanas [22].

Falar sobre Infraestrutura Verde na região Norte do país não é tarefa fácil. Apesar de abrigar uma das maiores biodiversidades do planeta, a questão da infraestrutura urbana ainda é pouco desenvolvida. A região apresenta o pior índice de atendimento em saneamento básico da Federação, onde 82,3% da população não é atendida (contra 13% da região Sudeste e 58,8% da região Nordeste) [23].

A pavimentação urbana também é um problema, sem calçamento, sem esgotamento sanitário e escoamento de águas pluviais. É importante salientar que essa não é uma realidade apenas de áreas mais pobres das cidades. A falta de infraestrutura urbana na região Norte é sistêmica e histórica e pouco tem sido feito para mudar essa realidade, principalmente nas cidades do interior, mesmo as com mais de 20.000 habitantes, onde é obrigatório ter o plano diretor efetivado.

Enquanto alguns estados brasileiros já começam a implantar o conceito de Infraestruturas Verdes em suas cidades, na região Norte ainda se faz necessário a implementação de Infraestrutura Urbana. A necessidade de elaboração e execução dos Planos Diretores nas pequenas e médias cidades da região é urgente, prevendo áreas destinadas para parques, praças e jardins (áreas de convívio para a população); corredores verdes, arborização sempre dando preferência às espécies nativas, favorecendo a fauna e o microclima das áreas, melhorando a qualidade de vida dos habitantes. O fato de estas ainda terem o mínimo de infraestrutura, precisa ser compensada já com elaboração que incorpore as necessidades mais preeminentes de um plano de arborização.

O gestor deve pensar na Infraestrutura Verde não como um gasto, mas como um investimento para a melhoria de problemas que as grandes cidades já vêm enfrentando, como as enchentes e os alagamentos das chuvas típicas da região Norte, somando-se os efeitos do aquecimento global, o que inclui os períodos de secas mais intensas e prolongadas, que já vêm sendo observadas com maior recorrência como as dos anos de 2023 e 2024. Tais problemas podem ser minimizados com a implementação de estruturas verdes, como:

Calçadas verdes: As calçadas verdes devem abrigar áreas verdes, a arborização urbana e canteiros onde seja possível a drenagem do solo, bem como abrigo de espécies para fins paisagísticos, ideais em bairros residenciais (Figura 1). As calçadas verdes ordenam a posição da vegetação, aumentam a permeabilidade do solo urbano e melhoram o microclima nas ruas.

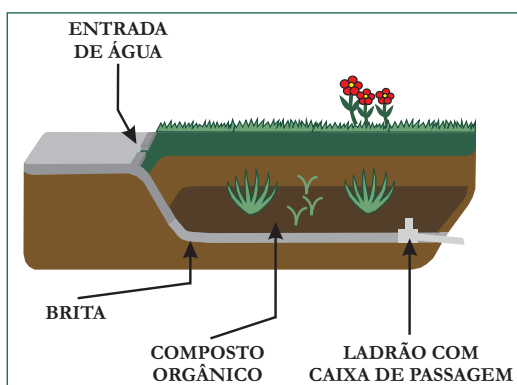
Figura 24.1 – Arborização e área para escoamento da chuva na calçada.



Fonte: PxHere (cc), 2021 [24].

Jardins de chuva: São depressões topográficas naturais ou modificadas especialmente para receberem o escoamento da água das chuvas proveniente de telhados ou áreas impermeabilizadas (Figura 2). Os jardins de chuva são compostos por uma depressão que deve ser coberta por vegetação. Abaixo da vegetação deve haver solo com composto orgânico, seguido de uma camada de brita (para facilitar a infiltração). Para solos com baixa permeabilidade pode-se fazer um ladrão para o escoamento do excesso de água. A função da depressão é armazenar água durante um curto período de tempo. Não é para ser transformado em uma caixa d'água permanente, mas apenas para que a água consiga infiltrar no solo por um período de tempo maior, e não escoar pelas ruas ou sistema de drenagem pluvial. Os jardins de chuva podem se tornar um elemento urbano interessante, compondo parques e praças.

Figura 24.2 – Esquema de um jardim de chuva.



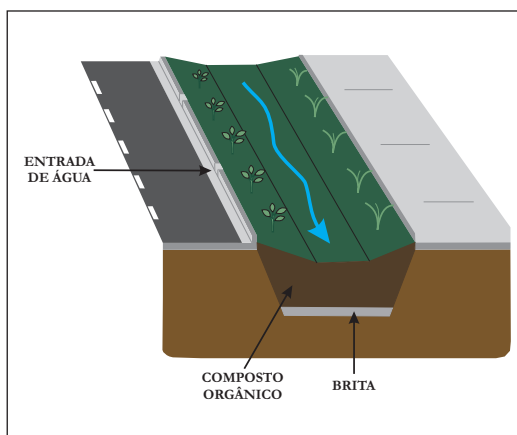
Fonte: Elaborado por Zabotto Ambiental a partir de Cormier & Pellegrino [25].

Canteiros pluviais: Assim como os jardins de chuva, os canteiros pluviais servem para infiltrar a água no solo. No entanto, podem ser feitos em áreas menores, como canteiros de praças e parques. Os canteiros pluviais são ideais para receber a água de chuva de telhados, principalmente de construções institucionais, como escolas e hospitais, que é distribuída pelos canteiros através de uma “entrada de água de chuva”, ligada ao coletor das calhas dos telhados.

Seguem basicamente o mesmo sistema construtivo dos jardins de chuva, mas ao invés de serem feitos em uma depressão no solo, são feitos acima do nível do solo. Por ser um sistema menor que o do jardim de chuva, é necessário fazer um dreno para um sistema convencional de drenagem para que, caso o canteiro encha, o excedente de água saia pelo dreno.

Biovaletas: As biovaletas, ou valetas de biorretenção vegetadas, são semelhantes aos jardins de chuva, mas se referem a depressões lineares preenchidas com vegetação, escoando a água da chuva para jardins de chuva ou sistemas convencionais de retenção e detenção das águas (Figura 3). As biovaletas funcionam como uma grande calha coberta com vegetação. Assim, a água que iria apenas escoar pela calha, pode também infiltrar pelo solo. Pode ser feita também próximo à calçadas. Diferenciam-se das calçadas verdes por serem compostas por valetas, e não por superfícies planas.

Figura 24.3 – Esquema de biovaleta.



Fonte: Elaborado por Zabotto Ambiental a partir de Cormier & Pellegrino [25].

Lagoas pluviais: São sistemas mais complexos, que exigem áreas maiores, mas capazes de armazenar um volume de água grande. Podem ser úteis em áreas onde ocorrem frequentes alagamentos. Funcionam como bacias de retenção, são semelhantes a piscinões e recebem o escoamento superficial por drenagens naturais ou tradicionais, exceto esgoto. Uma parte da água pluvial captada permanece retida entre as chuvas, formando um alagado, podendo receber tratamento paisagístico e tornar-se valioso à fauna e à flora.

Corredores verdes: A presença da cobertura vegetal na cidade tem de ser entendida como um dos elementos de composição da estrutura urbana, e não constituir uma mera consequência residual do planejamento urbano [26]. Nesse contexto, os corredores verdes devem ser inseridos ou aproveitar e melhorar os já existentes na paisagem urbana, conectando-se às diferentes áreas verdes da cidade.

Os corredores verdes podem ser implementados em canteiros centrais, calçadas verdes, parques e jardins. Devem ligar as áreas verdes da cidade, podendo ser utilizadas como “caminho” para a fauna local e também pela população nos horários de sol intenso. Nesse contexto, a utilização de espécies nativas da região é ideal para a formação do corredor verde urbano. Entretanto, o que vemos na região Norte (e também no restante do Brasil) é a utilização excessiva de espécies exóticas compondo estruturas verdes.

A presença das estruturas verdes contribui fortemente para a diminuição dos alagamentos nas cidades, melhoram o microclima, contribuem para a formação da arborização e paisagismo urbano, aumentam a qualidade da paisagem e por isso devem ser incorporadas aos Planos Diretores e aos Planos de Arborização Urbana das cidades da região Norte.

24.5. Economia verde associada à arborização

O conceito de Economia Verde surgiu em 2008 no Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente em substituição ao conceito de Ecodesenvolvimento. Delineando uma economia pautada no uso sustentável dos recursos naturais, redução de emissão de carbono e responsabilidade social, a economia verde pode ser um importante vetor de inclusão de jovens e de espaços periféricos ou de periurbanos de cidades, tanto de pequeno, médio e grande porte na região do norte brasileiro. A sua implantação contribuirá para o aumento da oferta de emprego, políticas de reciclagem, uso de energia limpa, consumo consciente, reutilização de bens e valorização da biodiversidade, resultando na melhoria do bem-estar e na igualdade social aliado à redução de riscos ambientais e escassez. Produzir sem compromisso com o desenvolvimento sustentável, como se os recursos naturais fossem infinitos, é o contrário dessa estratégia, que se mostra como um desafio global [27].

Assim, “sustentabilidade” enfatiza a importância de desenvolver estratégias que contemplem capacidades adaptativas e de transformação, considerando que ocorrerão escolhas em detrimento de outras em múltiplas escalas [28]. Destacam-se ações interdisciplinares e transdisciplinares, que não sejam condicionadas ao atendimento das demandas, à vontade política e institucional convergente para o desenvolvimento, de forma a atender aos anseios da sociedade como um todo [29]. Uma demanda observada em cidades de médio porte está atrelada à implementação de quintais produtivos a partir da homeopatia da terra e da agroecologia. Em espaços periurbanos desta cidade, como o projeto de assentamento agroextrativista do Eixo Forte, que liga Santarém

a Vila balneária de Alter do Chão, importantes sistemas de economia verdes são observados, sendo uma resistência ao modelo depredador de especulação imobiliária, o que precisa ser incentivada com medidas de maior capacidade técnica e tecnológica.

Quanto às capitais, distinguem-se os grandes centros e regiões metropolitanas, com crescimento acelerado e falta de planejamento urbano, e cidades como Manaus e Belém com grandes dificuldades associadas à mobilidade urbana.

Todas as capitais apresentam déficit de habitação e oferta de serviços ambientais direcionados à redução de emissões. Sendo as questões mais agudas relacionadas a congestionamentos, inundações, deslizamentos e poluição, faz-necessário investimentos em pequenos e médios agrupamentos urbanos, justamente onde se nota a ausência de serviços essenciais para evitar o êxodo migratório interno para as grandes capitais. Assim, planos diretores municipais, além de outras ferramentas de estabelecimento de critérios e socialização de conhecimento, apresentam grande potencial para contribuir com objetivos de economia verde [30].

O processo de urbanização na região Norte enfrenta a problemática em diferentes níveis e necessidades. A dimensão dessas cidades gera desafios de mobilidade, como espaços para ciclovias e pedestres, com calçamentos inteligentes nos centros comerciais, o que concomitantemente irá gerar menores necessidades de fluxos para áreas de maior densidade urbana. O clima marcadamente dividido em estações seca e chuvosa remete invariavelmente a alagamentos e colapsos em sistemas de drenagem, já sobrecarregados. Cidades como Itaituba, no Oeste do Pará, possuem um sistema de igarapés que se transformam em esgotos a céu aberto e precisam de urbanização e paisagismo com arquitetura ambiental que pode gerar intensa economia verde, tornando-se uma nova alternativa inovadora de uso dos espaços.

Na maioria das cidades, o uso do solo apresenta diversos problemas, além da estrutura arenosa na terra firme, nas áreas de várzeas. Fenômenos como o de *terras caídas* precisam de tecnologia específica para sanar riscos e danos observados com maior intensidade a cada ano. A abordagem estratégica da economia verde é fundamental para o desenvolvimento urbano e rural, que na região estão intrinsecamente associados.

Os quintais agroflorestais (típicos da região Norte) e cinturões verdes têm grande potencial de inclusão tanto em relação à renda quanto à segurança alimentar. As infraestruturas verdes no constructo coletivo da cidade, que se contrapõe à inércia de desarticulação urbana, necessitam de programas articulados com boas políticas para fomentar o consumo consciente, trabalhando melhor o uso do solo, buscando minimizar a impermeabilização, utilizando espécies nativas de comportamento adequado em detrimento de espécies exóticas como a Nim. A implantação de espaços verdes e arborização adequada irá manter estruturas arbóreas, o que implicará em captura de carbono que será imobilizado.

24.6. Educação ambiental

“Se queres colher a curto prazo, plante cereais. Se quer a médio prazo, plante árvores.
Mas se queres colher para sempre, treine e eduque o ser humano”.
Provérbio chinês

A educação ambiental é uma ferramenta fundamental para promover a boa gestão da arborização urbana e para a construção de municípios mais eficientes e sustentáveis. Muitos danos, como pregos para pendurar cartazes e placas, pintura de troncos, enfeites comemorativos, podas inadequadas e ações de vandalismo que, em geral, são identificados nas árvores de vias públicas, podem ser mitigados com ações educativas.

A educação ambiental busca a transformação das concepções e princípios humanos que norteiam as ações com os elementos do ambiente, ou seja, visa a estabelecer novos valores para uma relação responsável e consciente [31]. A Política Nacional de Educação Ambiental, instituída pela Lei Federal nº 9.795 de 1999, em seu Art. 1º, define educação ambiental como “os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente” [32]. Esse conceito possui caráter dinâmico, permanente e integrativo, pois todos os atores também são agentes transformadores que almejam diminuir os danos ambientais resultantes das atividades e ações do homem [31].

Dessa forma, as práticas educativas não devem acontecer somente em datas comemorativas, como o Dia da Árvore (21 de setembro) ou o Dia do Meio Ambiente (5 de junho), mas possuir cronograma de longa duração para que novos valores e conduta sejam consolidados, com o compromisso de atuar na mudança do estilo de vida com ações coletivas e eficazes.

Esse processo de aprendizado deve ser coletivo, pois a mudança de comportamento do indivíduo se dá “nas relações humanas, no embate, no diálogo, na busca de pontos de convergência de visões e na explicitação da diversidade de formas de sentir, pensar e atuar sobre o mundo” [33]. Os projetos de educação ambiental devem despertar a percepção ambiental, que ocorre quando o indivíduo adquire consciência do ambiente que o circunda e atribui para si a responsabilidade de protegê-lo. Para tanto, é essencial desenvolver o senso crítico e o sentimento de pertencimento na população a respeito das árvores e da arborização pública.

No âmbito do setor público, os gestores e técnicos ambientais podem se apropriar da educação ambiental como um meio para a formação, a disseminação e a multiplicação de novos educadores ambientais. Isso só é possível quando há a valorização da função social, da confiança na potencialidade transformadora e no aumento da autoestima de cada pessoa [33].

O plano diretor e o plano de arborização do município devem estabelecer de forma clara os responsáveis (ex.: órgão, departamento, setores) pela promoção da educação ambiental. Infelizmente, muitos documentos desse teor não detalham ou explicitam as diretrizes de programas de educação ambiental para a arborização urbana e se limitam à vagas abordagens.

O Plano Diretor de Arborização Urbana da Cidade de Manaus e Porto Velho, por exemplo, descrevem ações de educação ambiental para integrar e envolver a população, com vistas à manutenção e à preservação da arborização urbana. Também dedica um capítulo exclusivo para a educação ambiental aplicada à arborização urbana e programas de educação ambiental no sentido de: desenvolver ações educativas antes, durante e após as ações de plantio; sensibilizar a comunidade para o uso de espécies nativas, e sobre a sua contribuição (corresponsabilidade) por meio de ações de irrigação, retutoramento e proteção contra a depredação [34]. Entretanto, muitos espaços que poderiam estar conectados em programas diários como o Musa (Museu da Amazônia), Campus Universitário da Universidade Federal do Amazonas, Bosque da Ciência, Parque do Mindú e Parque Estadual Samaúma, atuam de formas isoladas, e poderiam se planejar a programas integrados e favorecer a recreação florestal e o turismo de natureza.

Outros planos também destinam atenção especial à educação ambiental voltada à arborização urbana, como é o caso do Plano Municipal de Arborização Urbana do Município de Araguaína, no estado do Tocantins, instituído pela Lei Municipal nº 2.874 de 2013 [35], e o Plano Municipal de Arborização Urbana de Marabá, no Pará. Nesta cidade, programas como o de proteção de tartarugas da Universidade Federal do Sudeste do Pará e o Museu da cidade, são importantes espaços que podem ser incorporados em programas de educação ambiental.

O Plano Municipal de Arborização Urbana de Belém detalha o papel da educação ambiental para a conservação das árvores urbanas, apresenta como diretriz a promoção de programas e parcerias para a educação ambiental da comunidade, visando a formação de agentes multiplicadores, considerando critérios semelhantes aos listados nos Planos Diretores de Porto Velho, Manaus e Araguaína.

O Plano de Arborização Urbana de Palmas, capital do Tocantins, destaca a necessidade de programas contínuos e participativos, específicos para diferentes segmentos sociais, a fim de despertar o interesse e incentivar o envolvimento dos munícipes na gestão da arborização urbana. Também estabelece o Programa de Educação Ambiental nas Escolas e Programa de Educação Ambiental para a Comunidade [36].

A educação ambiental deve integrar todos os programas e projetos desenvolvidos pelo poder público, sempre trabalhando o conteúdo de forma interdisciplinar, como a importância dos recursos hídricos, o papel das árvores para o ciclo hidrológico, quando tratar sobre resíduos sólidos ou limpeza urbana, ou receber orientação a respeito da escolha de espécies arbóreas perenes.

A educação ambiental, para ter êxito, necessita da “correta articulação entre os agentes envolvidos, da integração com os demais setores, bem como do espírito de cooperação institucional e pessoal” além de uma equipe competente e empenhada para realizar parcerias voltadas à melhoria da qualidade ambiental nas cidades brasileiras [33].

24.7. Considerações finais

A arborização urbana na Amazônia é um desafio que transcende o campo técnico, alcançando dimensões sociais, culturais, políticas e ambientais. A região, marcada por singularidades ecológicas e por intensos processos de urbanização, exige soluções que conciliem o desenvolvimento das cidades com a conservação da floresta e de seus serviços ecossistêmicos. Nesse sentido, a arborização urbana deve ser compreendida como uma política estratégica de bem-estar coletivo, de mitigação dos efeitos das mudanças climáticas e de promoção da justiça socioambiental. A avaliação das capitais demonstra avanços pontuais, como em Palmas, que se destaca pela qualidade de seus instrumentos de gestão, e em Belém e Manaus, que apresentam marcos regulatórios relevantes, ainda que de difícil aplicação. Por outro lado, cidades como Boa Vista, Rio Branco, Porto Velho e Macapá revelam lacunas significativas, seja na ausência de planos estruturados, seja na predominância de espécies exóticas, indicando a urgência de políticas mais consistentes e adaptadas à realidade amazônica.

Apesar desses contrastes, é imprescindível que governos locais, sociedade civil e comunidades valorizem os Planos Diretores como instrumentos centrais de ordenamento territorial e inclusão da arborização urbana. O fortalecimento do Plano Nacional de Arborização Urbana (PLANAU) surge, nesse contexto, como oportunidade de integrar diretrizes nacionais às especificidades regionais, ampliando o alcance de políticas voltadas à sustentabilidade, à conservação e à adaptação climática. O PLANAU, ao dialogar com saberes tradicionais e com a diversidade socioambiental amazônica, pode alinhar a conservação da floresta com o ordenamento urbano, favorecendo soluções inovadoras e inclusivas. Para tanto, é necessário estimular a participação popular, apoiar a bioeconomia, difundir práticas de educação ambiental e valorizar os conhecimentos ancestrais, como os saberes indígenas e comunitários, que oferecem alternativas para a criação de cidades mais resilientes, integradas e harmônicas com a natureza.

O grande desafio, portanto, consiste em transformar a arborização urbana em uma política pública efetiva e de longo prazo, articulada não apenas às agendas urbanísticas, mas também às de conservação da Floresta Amazônica e de enfrentamento da crise climática. Isso requer ampliar a cooperação entre governos, universidades, instituições de pesquisa e sociedade civil, além de garantir recursos financeiros e capacitação técnica para a implementação de projetos de arborização de maior escala. Somente com uma abordagem transdisciplinar — que una ciência, cultura, espiritualidade, tecnologia e participação social — será possível superar os paradigmas da falta de planejamento e consolidar cidades amazônicas mais verdes, justas e saudáveis.

24.8. Referências

- [1] Sousa JM, Soares BR. Reestruturação urbano-regional amazônica e seus reflexos na produção do espaço urbano de Imperatriz-MA. *Cad Geogr.* 2018;28(52):27.
- [2] Chagas MA, Santos JSA, Silva EL. Política ambiental: a negligência do urbano na Amazônia. *PRACS Rev Eletr Hum Sociais UNIFAP.* 2016;9(1):127.
- [3] Becker B. A urbe amazônica: a floresta e a cidade. 1. ed. Rio de Janeiro: Garamond Universitária; 2013.
- [4] Becker BK. A Amazônia como um território estratégico e os desafios às políticas públicas. In: Siffert-Filho NF, editor. *Um olhar territorial para o desenvolvimento: Amazônia.* Belém: BNDES; 2014. p. 396-401.
- [5] Conselho Municipal de Defesa do Meio Ambiente (COMDEMA). Resolução nº 090, de 2026. Dispõe sobre normas e diretrizes ambientais no âmbito municipal. [Município]: COMDEMA; 2026.
- [6] Câmara Municipal. Lei nº 002, de 2014. Dispõe sobre a organização administrativa e outras providências. [Município]: Câmara Municipal; 2014.
- [7] Manaus. Resolução COMDEMA nº 087 de 01 de dezembro de 2016. Dispõe sobre o Plano Diretor de Arborização Urbana da cidade de Manaus/AM. [acesso 9 dez. 2020]. Disponível em: <https://www.jusbrasil.com.br/diarios/133889148/dom-manaus-caderno1-21-12-2016-pg-29>
- [8] Câmara Municipal. Indicação nº 2.341, de 2019. Dispõe sobre a elaboração de Programa de Áreas Verdes e Arborização Urbana. Boa Vista; 2019. [acesso 21 ago. 2025]. Disponível em: <https://sapl.boavista.rr.leg.br/media/sapl/public/materialegislativa/2019/16947/2341.pdf>

- [9] Lei Complementar n.º 924, de 28 de novembro de 2006. Dispõe sobre o Plano Diretor Estratégico e Participativo de Boa Vista e dá outras providências. Diário Oficial do Município, n.º 1858, p. 3-13, Boa Vista; 30 nov. 2006. [acesso 22 ago. 2025]. Disponível em: https://sapl.boavista.rr.leg.br/media/sapl/public/normajuridica/2006/1467/lei_complementar_no_924-2006-exe-_de_28_de_novembro_de_2006.pdf
- [10] Lei Municipal n.º 2.222, de 26 de dezembro de 2016. Aprova e institui a revisão do Plano Diretor do Município de Rio Branco e dá outras providências. Diário Oficial do Município, n.º 57, p. 1-10, Rio Branco; 26 dez. 2016. [acesso 22 ago. 2025]. Disponível em: https://www.riobranco.ac.gov.br/wp-content/uploads/2020/10/57.-LEI-MUNICIPAL-N-_2.222-de-26-de-Dezembro-de-2016.pdf
- [11] Secretaria Municipal de Meio Ambiente. Instrução Normativa n.º 001/2017. Regulamenta o procedimento relativo à arborização urbana no município de Rio Branco. Rio Branco; 2017. [acesso 22 ago. 2025]. Disponível em: <https://portalcgm.riobranco.ac.gov.br/lai/wp-content/uploads/2013/10/SEMEIA-INSTRUÇÃO-NORMATIVA-Nº-001-2017.pdf>
- [12] Vieira de Paiva A, et al. Inventário e diagnóstico da arborização urbana viária de Rio Branco, AC. Rev Soc Bras Arbor Urb. 2019;5(1):144.
- [13] Sociedade Brasileira de Arborização Urbana (SBAU). Carta à Londrina e Ibiporã. Bol Inf. 1996;3(5):3.
- [14] Porto Velho. Lei Complementar n.º 590, de 23 de dezembro de 2015. Institui o Plano Diretor de Arborização Urbana do Município de Porto Velho e dá outras providências. [acesso 8 nov. 2020]. Disponível em: <https://www.jusbrasil.com.br/diarios/106779238/dom-pvh-normal-23-12-2015-pg-3>
- [15] Junior AS, Lacerda ES, Gomes WO. A arborização pública e a eficiência do sombreamento da superfície urbana em bairros residenciais de Porto Velho, RO. Rev SBAU. 2013;8(3):108-17.
- [16] Jimenez LA. Arborização urbana e políticas públicas na cidade de Macapá, Amapá: cenário atual e perspectivas futuras [dissertação]. Fortaleza (CE): Universidade Estadual do Ceará; 2019.
- [17] Lei n.º 8.909, de 11 de dezembro de 2012. Dispõe sobre o Plano Municipal de Arborização Urbana de Belém e dá outras providências. Diário Oficial do Município, Belém; 12 dez. 2012. [acesso 22 ago. 2025]. Disponível em: <http://www.belem.pa.gov.br/portal/leis>
- [18] Decreto n.º 75.278, de 30 de setembro de 2013. Institui o Manual de Orientação Técnica do Plano Municipal de Arborização Urbana. Diário Oficial do Município, Belém; 1 out. 2013. [acesso 22 ago. 2025]. Disponível em: <http://www.belem.pa.gov.br/portal/decretos>
- [19] Lei Complementar n.º 400, de 2 de abril de 2018. Plano Diretor Participativo do Município de Palmas-TO. Palmas: Câmara Municipal de Palmas; 2018. [acesso 22 ago. 2025]. Disponível em: <https://legislativo.palmas.to.gov.br/media/leis/lei-complementar-400-2018-04-02-15-6-2018-8-44-52.pdf>
- [20] Decreto n.º 1.490, de 30 de outubro de 2017. Reestrutura o Programa Adote uma Área Verde, instituído pelo Decreto n.º 923, de 21 de setembro de 2002, passando a ser denominado Programa Palmas Mais Verde. Palmas: Prefeitura Municipal de Palmas; 2017. [acesso 22 ago. 2025]. Disponível em: <https://legislativo.palmas.to.gov.br/media/leis/decreto-1.490-2017-10-30-1-11-2017-14-42-59.pdf>
- [21] Benedict M, McMahon E. Green infrastructure: linking landscapes and communities. Londres: Island Press; 2006.

- [22] Ferreira JC, Machado JR. Infra-estruturas verdes para um futuro urbano sustentável. O contributo da estrutura ecológica e dos corredores verdes. *Rev LABVERDE*. [acesso 12 jan. 2021]. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/issn.2179-2275.v0i1p69-90>
- [23] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Anuário estatístico do Brasil 2018. [acesso 12 jan. 2021]. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/>
- [24] PxHere. Calçada verde. Licença Creative Commons. [acesso 20 jan. 2021]. Disponível em: <https://pxhere.com/pt/photo/239802>
- [25] Cormier NS, Pellegrino PRM. Infra-estrutura verde: uma estratégia paisagística para a água urbana. *Paisagem e Ambiente*. 2008;(25):127-42. DOI: 10.11606/issn.2359-5361.v0i25p127-142. [acesso 12 jan. 2021]. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/paam/article/view/105962>
- [26] Madureira H. Processos de transformação da estrutura verde do Porto. *Rev Fac Letras-Geografia*. 2002;XVII-XVIII:137-2018.
- [27] United Nations Environment Programme (UNEP). The UNEP 2008 annual report. Nairobi: UNON/Publishing Section Services; 2009.
- [28] Jackson L, Van Noordwijk M, Bengtsson J, Foster W, Lipper L, Pulleman M, et al. Biodiversity and agricultural sustainability: from assessment to adaptive management. *Curr Opin Environ Sustain*. 2010;2(1-2):80-7. doi:10.1016/j.cosust.2010.02.007.
- [29] Philippi Junior A, Silva Neto AJ, editores. Interdisciplinaridade em ciência, tecnologia & inovação. Barueri: Manole; 2011.
- [30] Poppe MK, Oliveira MJG, Miranda Z, Oliveira AG. Economia verde para o desenvolvimento sustentável. Brasília (DF): Centro de Gestão e Estudos Estratégicos; 2012.
- [31] Marques Junior H, Silva AML. Concepções dos alunos do ensino médio e superior sobre arborização urbana inseridas no contexto da educação ambiental. *Enciclopédia Biosfera*. 2015; 11:2676-704.
- [32] Brasil. Lei nº 9795, de 27 abr. 1999. Dispõe sobre a educação ambiental e institui a Política Nacional de Educação Ambiental. Brasília (DF): Presidência da República; 1999. [acesso 8 nov. 2020]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9795.htm
- [33] Brasil. Ministério do Meio Ambiente. Cadernos de formação: instrumentos da gestão ambiental municipal. Brasília (DF): MMA; 2006. v. 4.
- [34] Porto LPM, Brasil HMS, organizadores. Manual de orientação técnica da arborização urbana de Belém: guia para planejamento, implantação e manutenção. Belém: UFRA; 2013.
- [35] Araguaína. Lei municipal nº 2874, de 19 nov. 2013. Cria o Plano Municipal de Arborização Urbana do Município de Araguaína. [acesso 9 dez. 2020]. Disponível em: https://araguaina.to.leg.br/wp-content/uploads/2017/05/lei_n_2_874.pdf
- [36] Pinheiro RT, coordenador. Plano de arborização urbana de Palmas. Palmas: FAPTO; 2016.

Capítulo 25

POLÍTICAS PÚBLICAS NACIONAIS RELACIONADAS À ARBORIZAÇÃO URBANA

*Por Jennifer Viezzer, Juliane Porto Cruz de Medeiros,
Ana Luisa Teixeira de Campos e Carlos Mauricio da Fonseca Guerra*

25.1. Destaques deste capítulo

1. A elaboração de políticas públicas de arborização urbana deve envolver diferentes setores, com participação ativa da sociedade civil. Isso garante decisões democráticas que contemplem diversas perspectivas;
2. O Programa Cidades Verdes Resilientes é a principal política pública nacional para arborização urbana. Seu foco é melhorar a qualidade ambiental e mitigar os efeitos das mudanças climáticas, especialmente em áreas metropolitanas vulneráveis;
3. O Plano Nacional de Arborização Urbana (PlaNAU), parte do Programa Cidades Verdes Resilientes, está em elaboração pelo Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima e parceiros. Ele inclui oficinas regionais para definir diretrizes nacionais de arborização urbana;
4. A falta de recursos financeiros e de infraestrutura é um dos principais desafios para expandir a arborização urbana, sobretudo em periferias de grandes cidades. Além das políticas nacionais, esforços locais são indispensáveis para uma implementação adequada;
5. Uma gestão eficaz da arborização urbana exige mudança cultural no planejamento das cidades. Isso envolve revisar políticas ambientais e urbanas e investir continuamente na capacitação de gestores, técnicos e cidadãos.

25.2. Introdução

A arborização urbana é estratégia essencial para a promoção de cidades mais justas, sustentáveis, verdes e resilientes, por responder a crescentes desafios, entre outros, os decorrentes da degradação ambiental, da urbanização e da emergência climática.

Quando bem distribuída e equitativa, a arborização urbana é uma ferramenta poderosa de promoção de justiça social e ambiental e de inclusão urbana, fazendo parte da garantia do acesso à cidade pelas pessoas e gerando aspectos paisagísticos, estéticos, identitários, comunitários,

culturais, espirituais, inspiracionais, de pertencimento, de promoção da cidadania, e de conexão com a natureza.

Além disso, a arborização urbana gera benefícios econômicos diretos, como a geração de emprego e renda resultante de sua cadeia produtiva, que envolve etapas, como: planejamento, produção de sementes e mudas, construção e adequação de infraestruturas, plantio, manutenção e poda, e monitoramento, abrangendo trabalhadores especializados, entre eles, técnicos e gestores municipais, viveiristas, arboristas e prestadores de serviços. De maneira indireta, cidades arborizadas atraem investimentos e geram valorização imobiliária, redução da necessidade de condicionamento térmico de edificações, promoção da visitação e do turismo, além de custos evitados graças aos seus benefícios ambientais – como aqueles para a saúde pública, defesa civil e reconstrução de infraestruturas.

Entre os benefícios ambientais da arborização urbana, estão a conservação da biodiversidade e a geração de serviços ecossistêmicos como ar limpo, produção da água, proteção do solo, fixação de carbono, regulação do clima, atenuação de eventos climáticos extremos, redução do risco de desastres, prevenção de doenças, produção de alimentos, ciclagem de nutrientes, polinização – tudo isso promovendo segurança climática, hídrica e alimentar para a população. E, embora a degradação ambiental, a urbanização e a emergência climática nas cidades imponham desafios principalmente para a conservação da biodiversidade e a proteção de habitats, existem evidências de que árvores urbanas armazenam e sequestram mais carbono, pois podem crescer mais e mais rápido, acima e abaixo do solo, do que indivíduos da mesma espécie em áreas naturais e rurais; além de proverem mais serviços ecossistêmicos culturais para as pessoas [1-3].

O Art. 225 da Constituição Brasileira diz que “todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações” [4]. Adicionalmente, o Estatuto da Cidade-, Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001, que regulamenta a Constituição, estabelece o direito das pessoas a cidades sustentáveis, inclusive buscando a proteção, conservação e recuperação do meio ambiente urbano [5].

Em um país onde a maioria das pessoas (87,4%) vive em áreas urbanas, com tendência de crescimento desta população ao ritmo de 0,82% ao ano [6], a arborização das cidades torna-se imprescindível para garantir o direito ao meio ambiente e a cidades sustentáveis para todos. Ainda assim, cerca de um terço dos domicílios urbanos brasileiros não tinham árvores no seu entorno em 2010 [7].

A arborização urbana, ao mesmo tempo em que deve ser entendida como direito para as cidadãs e os cidadãos, deve ser considerada dever e compromisso coletivo de toda a sociedade, principalmente do poder público por meio do pacto federativo – entre União, Estados, Distrito Federal e Municípios – que possui responsabilidade compartilhada sobre as políticas públicas ambientais (no geral) e as relacionadas à arborização urbana (em específico). As políticas públicas devem ser construídas, implementadas e monitoradas com a participação dos demais setores, como as empresas privadas, as organizações da sociedade civil, e as instituições de ensino e pesquisa, além de toda a população.

Nesse sentido, cabe destacar a sociedade civil como segmento de alta relevância no controle social das políticas públicas de cunho socioambiental. É este controle que assegura decisões democráticas e permite a consideração de diferentes perspectivas (em especial as de comunidades carentes de benefícios ambientais) nos processos de planejamento urbano. O envolvimento da sociedade nestes processos zela, acima de tudo, para que as políticas ambientais respeitem os direitos humanos e, mais do que isto, para que os cidadãos assumam sua parte na responsabilidade compartilhada, atuando como agentes de transformação social e ambiental.

No âmbito nacional, a arborização urbana é importante para a gestão da paisagem de forma mais ampla, inclusive conectando e integrando áreas urbanas, rurais e naturais, e como infraestrutura base para o desenvolvimento urbano sustentável do país. Para que a arborização urbana possa promover todos os seus benefícios potenciais e para todos, é necessário o fortalecimento de políticas públicas nacionais que a incentive, inclusive aquelas sobre soluções baseadas na natureza e sobre mitigação e adaptação à mudança do clima baseadas em ecossistemas, para que seja possível alcançar um país mais justo, verde e resiliente.

Nos últimos anos, diversas políticas públicas ambientais existentes no âmbito nacional foram revisadas e atualizadas, enquanto novas iniciativas vêm sendo desenvolvidas. Além da criação de políticas públicas específicas para a arborização urbana, com o crescente reconhecimento da importância desse tema, políticas com outros focos também passaram a incorporar ações sobre arborização urbana em seus escopos. Seguem informações sobre algumas dessas políticas.

25.3. Programa Cidades Verdes Resilientes

A principal política pública nacional específica para a arborização urbana que existe atualmente no Brasil é o Programa Cidades Verdes Resilientes, instituído pelo Decreto nº 12.041, de 5 de junho de 2024 [8]. O Programa Cidades Verdes Resilientes (daqui para a frente, PCVR) é uma iniciativa dos Ministérios do Meio Ambiente e Mudança do Clima (MMA), das Cidades (MCID), e da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). O processo de construção participativa da estratégia e do plano de ação do PCVR foi apoiado pelo Projeto de Apoio à Agenda Nacional de Desenvolvimento Urbano Sustentável no Brasil (ANDUS) e pela Rede para Desenvolvimento Urbano Sustentável (ReDUS).

O PCVR visa aumentar a qualidade ambiental e fomentar a mitigação e a adaptação à mudança do clima em áreas urbanas, priorizando Regiões Metropolitanas e os municípios com alta vulnerabilidade social e climática, principalmente nos territórios mais vulneráveis das cidades, para reduzir desigualdades sociais e riscos climáticos.

O Programa atua por meio de ações de articulação institucional; orientações técnicas e normativas; capacitação, educação ambiental e informação; fomento à elaboração de diagnósticos, planos, projetos e intervenções; e ampliação e facilitação do acesso a mecanismos de financiamento. Abrange seis temas de atuação, um deles específico de Áreas Verdes e Arborização Urbana. Além do tema específico, a arborização urbana tem sinergias com os demais temas do PCVR:

uso e ocupação sustentável do solo; soluções baseadas na natureza; tecnologias de baixo carbono na construção civil; mobilidade urbana sustentável; e gestão de resíduos urbanos.

Entre as ações do tema de Áreas Verdes e Arborização Urbana, estão: ampliar a utilização do Cadastro Ambiental Urbano (CAU) nos municípios; instituir o Sistema Nacional de Áreas Verdes Urbanas (SNAVU) com critérios e normas para o planejamento, a implantação e a gestão de áreas verdes urbanas nas cidades brasileiras; realizar cursos de educação à distância e materiais informativos sobre arborização urbana para gestores e técnicos estaduais e municipais e para a sociedade civil; regulamentar a Lei nº 13.731, de 8 de novembro de 2018, que dispõe sobre mecanismos de financiamento para a arborização urbana e a recuperação de áreas degradadas [9]; fomentar a elaboração e implementação de Planos Municipais, Metropolitanos ou Estaduais de Arborização Urbana (ou similares); e elaborar o Plano Nacional de Arborização Urbana (PlaNAU).

25.4. Plano Nacional de Arborização Urbana

Parte da implementação do Programa Cidades Verdes Resilientes, o Plano Nacional de Arborização Urbana (PlaNAU) está em elaboração pelo MMA e parceiros conforme sugerido nos Projetos de Lei nº 4.309/2021 [10] na Câmara dos Deputados e nº 3.113/2023 [11] no Senado Federal, ainda em tramitação, que propõe instituir uma Política Nacional de Arborização Urbana. O PlaNAU terá um processo de construção participativa por meio de oficinas regionais para desenvolver diretrizes para o planejamento, para a implementação, gestão (inclusive regionalizada, consorciada ou compartilhada), monitoramento e expansão da arborização urbana no Brasil, além de incluir medidas para incentivar a biodiversidade urbana e a promoção de serviços ecossistêmicos nas cidades.

25.5. Programa Agricultura Urbana e Periurbana

O Decreto nº 11.700, de 12 de setembro de 2023 [12], institui o Programa Nacional de Agricultura Urbana e Periurbana e seu Grupo de Trabalho, executado pelos Ministérios do Desenvolvimento Agrário e Agricultura Familiar (MDA), do Desenvolvimento e Assistência Social, Família e Combate à Fome (MDS), do Trabalho e Emprego (MTE) e do MMA. Essa política contempla atividades desenvolvidas nas áreas urbanas e periurbanas de produção, processamento, distribuição e comercialização de alimentos, de plantas medicinais, de plantas aromáticas e ornamentais, de fitoterápicos e de insumos, para o autoconsumo ou a comercialização, e os processos de gestão de resíduos orgânicos. Entre suas linhas de ação, estão a proteção e conservação do meio ambiente, da biodiversidade e dos mananciais para a promoção da qualidade ambiental em áreas urbanas e periurbanas; e a recuperação de áreas degradadas e manutenção e manejo sustentável de áreas verdes integradas à produção de alimentos.

25.6. Programa Periferia Viva

O Programa Periferia Viva, instituído pelo Decreto nº 12.260, de 28 de novembro de 2024 [13] e liderado pelo MCID, visa reduzir as desigualdades socioterritoriais em territórios periféricos.

Embora esta não seja uma política pública específica para a arborização urbana, o programa oferece oportunidades para o tema, uma vez que entre seus objetivos há a melhoria das condições de vida e do acesso a bens e serviços públicos, a redução de riscos de desastres e a adaptação dos territórios periféricos à mudança do clima – todos benefícios da arborização urbana. Seu plano de ação prevê o fomento a áreas verdes e à agricultura urbana, à recuperação de áreas degradadas e à promoção de soluções baseadas na natureza nas periferias.

25.7. Plano Clima

Conduzido pelo Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima, integrado por representantes de 23 ministérios, pela Rede Clima e pelo Fórum Brasileiro de Mudança do Clima, e instituído pelo Decreto nº 11.550, de 5 de junho de 2023 [14], o Plano Clima vem sendo elaborado composto por estratégias transversais para a ação climática e por duas estratégias nacionais, de Mitigação e de Adaptação. Cada estratégia nacional é formada por planos setoriais, ambas possuindo planos específicos para cidades. Foram propostas ações de arborização urbana para os dois planos setoriais de cidades: na estratégia de mitigação, ações de conservação de remanescentes de vegetação nativa para manutenção dos estoques de carbono armazenado e ações de recuperação da vegetação nativa e plantio de árvores para a captura de carbono; e, na estratégia de adaptação, ações de gestão e expansão da arborização urbana com foco na promoção de serviços ecossistêmicos e na redução do risco de desastres.

25.8. Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa

O Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa (Planaveg), realizado pelo MMA, visa ampliar e fortalecer políticas públicas e outras medidas necessárias para a recuperação de 12 milhões de hectares até 2030 [15]. Composto por quatro arranjos de implementação, dois deles estabelecem ações relacionadas à arborização urbana e conectadas ao Programa Cidades Verdes Resilientes. O primeiro trata da recuperação da vegetação nativa em Áreas de Preservação Permanente (APP), Reserva Legal (RL) e de Uso Restrito (AUR), tendo entre suas ações a criação de redes metropolitanas de corredores ecológicos ou de biodiversidade, conectando áreas urbanas e periurbanas, por meio da recuperação de APP, áreas verdes e arborização urbana, de forma integrada ao Programa Cidades Verdes Resilientes e ao Plano Nacional de Arborização Urbana. O segundo arranjo fala da recuperação da vegetação nativa em áreas públicas, com uma ação de instituir o Programa Cidades Verdes Resilientes, o Plano Nacional de Arborização Urbana e o Sistema Nacional de Áreas Verdes Urbanas para ampliar a cobertura vegetal das cidades, por meio de soluções baseadas na natureza, de áreas verdes e da arborização urbana.

25.9. Estratégia e Plano de Ação Nacionais para a Biodiversidade

À luz do Marco Global de Kunming-Montreal para a Biodiversidade [16], o MMA conduziu processo participativo para a adequação da sua Estratégia e Plano de Ação Nacionais para a

Biodiversidade (EPANB) e para a construção das Metas Nacionais de Biodiversidade para 2030, publicadas pela Resolução Conabio nº 9, de 28 de novembro de 2024 [17]. Entre elas, a Meta 12¹ visa ampliar e fortalecer os espaços verdes e azuis urbanos e explicita o Programa Cidades Verdes Resilientes como instrumento para a sua implementação. A EPANB prevê ações para a promoção da recuperação da vegetação nativa por meio de unidades de conservação, áreas verdes e arborização urbanas, em municípios de regiões metropolitanas e aqueles mais vulneráveis aos impactos da mudança do clima, priorizando a conectividade em recortes metropolitanos; e para a implementação do Programa Cidades Verdes Resilientes como um todo.

25.10. Programa Nacional de Conservação e Uso Sustentável dos Manguezais do Brasil

O Decreto nº 12.045, de 5 de junho de 2024, institui o Programa Nacional de Conservação e Uso Sustentável dos Manguezais do Brasil – ProManguezal [18]. Ele não explicita áreas urbanas, mas seu plano de ação publicado pela Portaria MMA nº 1.167, de 2 de outubro de 2024 [19] possui ações que se conectam ao Programa Cidades Verdes Resilientes, como explicitar os manguezais como ecossistemas importantes para o Plano Nacional de Arborização Urbana e para as ações do PCVR, principalmente do tema de Áreas Verdes e Arborização Urbana.

25.11. Novo Brasil Plano de Transformação Ecológica e Novo PAC

O Novo Brasil, liderado pelo Ministério da Fazenda (MF), é o Plano de Transformação Ecológica com políticas públicas e ações estratégicas distribuídas em seis eixos temáticos. Entre eles, há um eixo de nova infraestrutura verde e adaptação, voltado para segurança, prevenção e adaptação às crises e mudanças climáticas, com novas infraestruturas e qualidade de vida nas cidades. Este eixo viabiliza mecanismos para o financiamento privado e público de novas obras de infraestrutura e relaciona-se com o Programa de Aceleração do Crescimento (Novo PAC), coordenado pela Casa Civil. O Novo PAC está organizado em nove eixos de investimento, que são as grandes áreas de organização do programa que reúne todas as obras e serviços destinados à população, como o eixo de cidades sustentáveis e resilientes, com os subeixos minha casa, minha vida; financiamento habitacional; periferia viva – urbanização de favelas; mobilidade urbana sustentável; gestão de resíduos sólidos; prevenção a desastres – contenção de encostas e drenagem; e esgotamento sanitário.

1. Ampliar, até 2030, a área, a qualidade, a conectividade, o acesso e os benefícios de espaços verdes e azuis nas cidades, com uso de espécies nativas, priorizando municípios de regiões metropolitanas e aqueles mais vulneráveis aos impactos da mudança do clima, e especialmente incentivando intervenções nas áreas densamente povoadas, periferias e bairros com déficit de áreas verdes e de arborização urbana, por meio da implementação e monitoramento do Programa Cidades Verdes Resilientes e da difusão, aprimoramento e ampliação do Cadastro Ambiental Urbano; e garantir, até 2030, meios para que os espaços verdes e azuis sejam integrados a planejamentos urbanos inclusivos e participativos, potencializando a biodiversidade, os serviços ecossistêmicos, o bem-estar e o bem-viver em áreas urbanas e periurbanas, reduzindo a vulnerabilidade aos impactos da mudança do clima, respeitando territórios e conhecimentos tradicionais.

25.12. Considerações finais

Com o conjunto de políticas públicas nacionais em elaboração, instituídas e em andamento, observa-se um cenário promissor para o avanço da arborização urbana nas cidades, levando em consideração a premissa da justiça social, ambiental e climática.

No entanto, existem desafios significativos para a implementação efetiva dos programas e planos nacionais, bem como para o monitoramento dos seus resultados. Diante de tantas políticas, a integração entre elas é fundamental. O principal desafio aqui é, em primeiro lugar, garantir que essas políticas estejam bem articuladas não só em sua concepção, mas principalmente em sua implementação, de modo a potencializar os resultados sobre a arborização urbana. Em segundo lugar, é essencial fortalecer essa integração para que as políticas sejam perenes, independentemente de mudanças nas prioridades governamentais.

Ainda, um dos maiores obstáculos à expansão da arborização urbana no Brasil é a dificuldade de direcionamento de recursos financeiros para o tema e a falta de infraestrutura adequada nas cidades, especialmente nas áreas periféricas, além da grande diversidade entre municípios. Embora programas e planos nacionais ofereçam suporte, a aplicação efetiva das políticas públicas depende também da capacidade de estados e municípios mobilizarem recursos próprios, inclusive humanos, ou buscarem parcerias para viabilizar a implementação das ações no nível local.

Cabe destacar que algumas das políticas aqui citadas promovem ações de fortalecimento institucional e de atuação em rede, com previsão de apoio continuado entre União, Estados, Distrito Federal e Municípios, para ações coordenadas e eficazes na gestão das áreas verdes e da arborização urbana. Esse apoio, na maioria das vezes, é de natureza técnica e informacional, mas novos caminhos vêm sendo abertos para facilitar o acesso a linhas de financiamento que podem apoiar planos e projetos de arborização urbana.

Observa-se um esforço coletivo na captação de recursos não reembolsáveis visando apoiar as cidades brasileiras, especialmente na estruturação de planejamentos que considerem as dimensões urbana, ambiental e climática. No que tange às possibilidades de implementação desses programas e planos, a Mensagem Presidencial [20], referente ao Projeto de Lei Orçamentária Anual de 2025, por exemplo, prevê aproximadamente R\$ 20 bilhões para financiamentos reembolsáveis via Fundo Nacional sobre Mudança do Clima (FNMC), cuja operacionalização é responsabilidade do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES). Em 2025, a expectativa é captar até R\$ 20 bilhões no mercado financeiro, por meio da emissão de títulos verdes (*green bonds*) para fomentar investimentos em descarbonização.

O momento político atual, marcado por catástrofes climáticas, como as secas nas cidades amazônicas, o aumento da aridez no Nordeste, as ondas de calor no Sudeste e Centro-Oeste, e as inundações no Sul, Sudeste e Nordeste, traz à tona a necessidade e urgência de buscar recursos e realizar esforços em ações de mitigação e adaptação à mudança do clima. A intensificação da emergência climática deixa claro que é necessário romper com o paradigma de que as cidades são perenes e imutáveis, e que os modelos de desenvolvimento urbano anteriores podem ser mantidos. É preciso respostas rápidas dos gestores públicos e o engajamento da sociedade como agentes de transformação.

A gestão eficaz da arborização urbana requer uma mudança cultural no planejamento das cidades, com uma maior valorização dos ecossistemas urbanos e adaptação da infraestrutura urbana para a conservação e a recuperação da vegetação nativa. Isso implica em revisar políticas ambientais e urbanas, e promover esforços contínuos para educar gestores, técnicos e cidadãos sobre a importância da arborização urbana para o bem-estar coletivo.

25.13. Referências

- [1] Pretzsch H, Biber P, Uhl E, Dahlhausen J, Schütze G, Perkins D, et al. Climate change accelerates growth of urban trees in metropolises worldwide. *Sci Rep.* 2017;7(1):15403. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-14831-w>
- [2] Rötzer T, Moser-Reischl A, Rahman MA, Grote R, Pauleit S, Pretzsch H. Modelling urban tree growth and ecosystem services: review and perspectives. *Prog Bot.* 2020;82:405-64. https://doi.org/10.1007/124_2020_46
- [3] Berglihn EC, Gómez-Baggethun E. Ecosystem services from urban forests: the case of Osloomarka, Norway. *Ecosyst Serv.* 2021;51:101358. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2021.101358>
- [4] Brasil. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988 [Internet]. Brasília: Diário Oficial da União; 1988. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm
- [5] Brasil. Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal e estabelece diretrizes gerais da política urbana. Diário Oficial da União. Brasília; 2001. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10257.htm
- [6] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Censo 2022 [Internet]. 2022. Disponível em: <https://censo2022.ibge.gov.br/>
- [7] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Censo 2010 [Internet]. 2010. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/>
- [8] Brasil. Decreto nº 12.041, de 5 de junho de 2024. Institui o Programa Cidades Verdes Resilientes. Diário Oficial da União. Brasília; 2024a. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2024/decreto/d12041.htm
- [9] Brasil. Lei nº 13.731, de 8 de novembro de 2018. Dispõe sobre mecanismos de financiamento para a arborização urbana e a recuperação de áreas degradadas. Diário Oficial da União. Brasília; 2018. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/lei/l13731.htm
- [10] Câmara dos Deputados. Projeto de Lei nº 4.309/2021 [Internet]. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2310535>
- [11] Senado Federal. Projeto de Lei nº 3.113/2023 [Internet]. Disponível em: <https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/158198>
- [12] Brasil. Decreto nº 11.700, de 12 de setembro de 2023. Institui o Programa Nacional de Agricultura Urbana e Periurbana e o Grupo de Trabalho do Programa Nacional de Agricultura Urbana e Periurbana. Diário Oficial da União. Brasília; 2023a. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2023/decreto/D11700.htm
- [13] Brasil. Decreto nº 12.260, de 28 de novembro de 2024. Institui o Programa Periferia Viva. Diário Oficial da União. Brasília; 2024b. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/CCivil_03/_Ato2023-2026/2024/Decreto/D12260.htm
- [14] Brasil. Decreto nº 11.550, de 5 de junho de 2023. Dispõe sobre o Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima. Diário Oficial da União. Brasília; 2023b. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2023/decreto/D11550.htm

- [15] Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima (MMA). PLANAVEG: Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa: rota estratégica para recuperação de 12 milhões de hectares 2025-2028 [Internet]. Brasília; 2024a. Disponível em: https://www.gov.br/mma/pt-br/composicao/sbio/dflo/plano-nacional-de-recuperacao-da-vegetacao-nativa-planaveg/planaveg_2025-2028_2dez2024.pdf
- [16] Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB). Decisão 15/4 do Marco Global da Biodiversidade Kunming-Montreal. Kunming-Montreal; 2022. 12 f. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/biodiversidade-e-biomas/biodiversidade1/convencao-sobre-diversidade-biologica/decisao-15-4.pdf>
- [17] Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima (MMA), Comissão Nacional de Biodiversidade (Conabio). Resolução Conabio nº 9, de 28 de novembro de 2024. Dispõe sobre as Metas Nacionais de Biodiversidade para 2030. Diário Oficial da União. Brasília; 2025.
- [18] Brasil. Decreto nº 12.045, de 5 de junho de 2024. Institui o Programa Nacional de Conservação e Uso Sustentável dos Manguezais do Brasil – ProManguezal. Diário Oficial da União. Brasília; 2024c. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2024/decreto/d12045.htm
- [19] Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima (MMA). Portaria nº 1.167, de 2 de outubro de 2024. Institui o Plano de Ação do Programa Nacional de Conservação e Uso Sustentável dos Manguezais do Brasil – ProManguezal. Diário Oficial da União. Brasília; 2024b.
- [20] Brasil. Mensagem presidencial: Projeto de Lei Orçamentária Anual 2025. Brasília; 2024d. 128 f. Disponível em: https://www.gov.br/planejamento/pt-br/assuntos/orcamento/orcamentos-anuais/2025/ploa/ploa_2025_mensagem_presidencial_2024_08_30

Capítulo 26

POLÍTICAS PÚBLICAS INTERNACIONAIS EM ARBORIZAÇÃO URBANA

Por Luiz Octavio de Lima Pedreira

26.1. Destaques deste capítulo

1. Existem exemplos internacionais de políticas públicas, programas, projetos e iniciativas de vários países, estados e cidades na gestão da arborização urbana;
2. Recursos financeiros, tomada de decisão baseada em dados e metas, uso de critérios e indicadores, objetivos definidos são fundamentais para a boa gestão das florestas urbanas, garantindo serviços ecossistêmicos e a manutenção da resiliência urbana;
3. A participação da sociedade civil, ciência cidadã e o manejo florestal urbano adaptativo são temas importantes na gestão das florestas urbanas;
4. Agentes públicos, empresas, instituições de ensino e pesquisa, organizações da sociedade civil e cada cidadão têm o dever e a responsabilidade de atuar em parceria para uma melhor gestão das florestas urbanas.

26.2. Introdução

A ligação emocional dos seres humanos com outros organismos vivos e a natureza que está em nossos genes e se tornou hereditária, é denominada biofilia, estando inscrita em nosso cérebro, expressando dezenas de milhares de anos de experiência evolutiva [1]. Esse desejo inato de estar perto dos elementos naturais, como as árvores e outras formas de vegetação, explica em parte porque mesmo após o advento da urbanização ainda mantemos o desejo de estarmos cercados por árvores e plantas.

No contexto da tradição cultural da civilização ocidental, podemos considerar que o uso de árvores nas cidades se caracteriza por quatro principais configurações da paisagem: jardins privados residenciais; vias arborizadas; pequenas praças; e grandes parques [2].

Na atualidade, pesquisadores, gestores e ativistas vêm tratando dessa necessidade objetiva e subjetiva da presença das árvores e do verde em ambiente urbano, e que recebem diferentes denominações como arborização urbana e floresta urbana, mas cujo princípio fundamental é conformar espaços com desempenho estratégico no que diz respeito à infraestrutura das cidades,

construindo paisagens mais atraentes para o descanso e lazer, mais saudáveis e promotoras de resiliência frente às mudanças climáticas contemporâneas [3].

26.3. As florestas urbanas e a arborização urbana

Discutimos a seguir algumas definições dos termos: arborização urbana e floresta urbana, suas diferenças e semelhanças.

Uma das definições de florestas urbanas mais clássicas considera a soma de toda a vegetação lenhosa e associada dentro e ao redor de assentamentos humanos adensados, variando de pequenas comunidades rurais a áreas metropolitanas [4]. Outra mais moderna é a da Estratégia Canadense de Florestas Urbanas [5], que define as florestas urbanas como as árvores, florestas, áreas verdes e componentes abióticos, bióticos e culturais relacionados em áreas que se estendem do centro urbano à periferia urbano-rural.

As florestas urbanas podem ser definidas como redes ou sistemas que compreendem grupos de árvores e árvores individuais localizadas em áreas urbanas e periurbanas; elas incluem, portanto, árvores nas ruas, árvores em parques e jardins e árvores em quaisquer outros lugares na malha urbana, representando um ecossistema formado por árvores e outros tipos de vegetação lenhosa em associação com pessoas e suas infraestruturas [6].

O Plano Diretor de Arborização Urbana da cidade de Porto Alegre [7] define a arborização urbana como o conjunto de exemplares arbóreos que compõem a vegetação localizada em área urbana. Para outros autores, a arborização urbana tem como conceito toda a vegetação, independentemente de porte (plantas lenhosas e herbáceas), que compõe o cenário ou a paisagem urbana, sendo um dos componentes bióticos mais importantes da cidade por estar diretamente relacionado ao conforto ambiental [8]. Para alguns autores no Brasil, o termo Florestas Urbanas pode ser considerado como sinônimo para Arborização Urbana [9] e [10].

Considerando que o termo Arborização Urbana não é empregado em países e publicações que utilizam a língua inglesa, que se referem às *Urban Forests*, *Urban and Peri-urban Forests* na Europa e *Urban and Community Forests* nos Estados Unidos da América, e que países que usam o idioma espanhol empregam os termos *Bosques Urbanos* e *Arbolado Urbano*, doravante iremos empregar esses termos como sinônimos.

26.4. Casos de sucesso em políticas públicas em arborização urbana

Apresentaremos alguns exemplos internacionais de políticas públicas, programas, projetos e iniciativas de vários países, estados e cidades, na gestão da arborização urbana. São casos que se referem a diferentes escalas de abordagem, contemplando: Governança, Programas Internacionais, Federais e Estaduais, Diagnósticos, Inventários, Planos Diretores de Arborização Urbana, Estratégias em Arborização Urbana, Legislação, Projetos e Melhores Práticas.

Governança diz respeito a uma estratégia na qual atores governamentais compartilham a tomada de decisão e o estabelecimento de regras com a sociedade civil e empresas, envolvendo decisões, negociações e relações de poder entre as partes interessadas. Atualmente na gestão da

Arborização Urbana observa-se um crescimento dessa forma que transforma o modelo de governo em governança [11].

Recente estudo sobre quais fatores de sucesso da governança em relação às florestas urbanas são considerados mais importantes por especialistas canadenses apontou os recursos financeiros, a tomada de decisão baseada em dados, e metas, objetivos e foco. Os maiores desafios que o modelo de governança enfrenta são o financiamento para várias etapas de planejamento e implementação, a obtenção de apoio de terceiros, incluindo instâncias da própria gestão, como outros departamentos, a comunidade em geral, bem como organizações não governamentais, as pressões do desenvolvimento urbano sobre as áreas verdes e o estabelecimento de leis e políticas [12].

Um caso exemplar de como isso pode se organizar regionalmente é a Parceria Estratégica de Silvicultura Urbana Regional para a região metropolitana de Portland-Vancouver, do Departamento de Florestas do Estado do Oregon e do Departamento de Recursos Naturais do Estado de Washington, em coordenação com vários parceiros regionais, em resposta à recomendação nº 6 do programa *Vibrant Cities; Urban Forests*, do Serviço Florestal norte-americano (USDA-FS), que propõe a criação de Planos de Recursos Naturais Urbanos Regionais abrangentes e multijurisdicionais. O objetivo dessa parceria é ajudar as administrações locais a realizarem programas de silvicultura urbana bem-sucedidos, que aumentem a cobertura das copas, garantam a saúde futura das florestas urbanas e permitam o equilíbrio entre os requisitos de densidade urbana e as metas de cobertura de copas das árvores. Essa estratégia serve como um plano regional de recursos naturais urbanos para a região de Portland-Vancouver [13].

Uma experiência de governança urbana na América Latina vem da Cidade de Medellín, na Colômbia, com o estabelecimento de sistemas de informação que contribuem para o manejo e proteção da arborização urbana. Em 2010, a Secretaria do Meio Ambiente de Medellín desenvolveu o *Sistema de Árbol Urbano* (SAU), uma ferramenta tecnológica digital, acessível pela internet, que permite o monitoramento de cada árvore, fornecendo informações sobre a espécie, localização, estado fitossanitário e intervenções sofridas, como poda ou fertilização. O sistema considera as árvores localizadas em espaços públicos, e permitirá, com o tempo, a criação de um histórico para cada indivíduo, bem como o cálculo dos custos e valores associados a cada árvore [14] e [15].

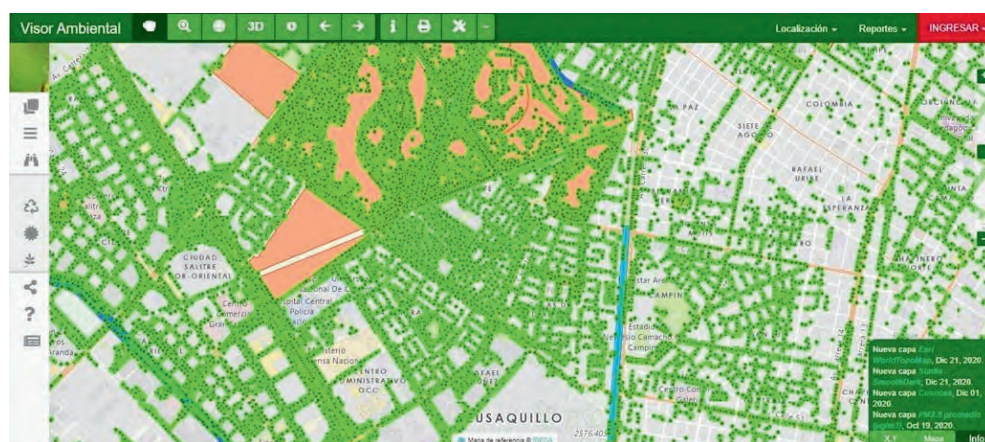
Figura 26.1 – Tela do *Sistema de Árbol Urbano* de Medellín.



Fonte: *Secretaría de Medio Ambiente de Medellín* [15].

Com objetivo de difundir informações que permitam uma maior participação do cidadão na gestão das florestas urbanas, a Secretaria Distrital de Meio Ambiente da Cidade de Bogotá criou um *Visor Geográfico para la Difusión Ambiental y Participación Ciudadana*, ou Visor Geográfico Ambiental, uma ferramenta para disponibilizar ao cidadão, ao meio acadêmico, aos setores público e privado informações ambientais da cidade, que faz parte do Sistema de Informação Ambiental da Secretaria, e tem entre seus objetivos a divulgação de informações institucionais georreferenciadas, destinadas a fornecer acesso e consultar o público sobre o estado ambiental da cidade, apoiado por um histórico de dados coletados e analisados pela entidade. A ferramenta permite que os cidadãos participem na geração dos dados geográficos, apoiados em ferramentas *online* na plataforma Web e em dispositivos móveis [16].

Figura 26.2 – Tela do Visor Geográfico Ambiental da cidade de Bogotá.



Fonte: *Secretaría Distrital de Ambiente* [16].

Alguns recursos simples como o infográfico das florestas urbanas da cidade de Melbourne, Austrália, podem ajudar não só a informar os cidadãos de forma simples e rápida, como a mobilizar seus habitantes sobre desafios e ações que devem ser tomadas para garantir os benefícios proporcionados por suas árvores [17].

Essas ações potencialmente estabelecem situações nas quais as informações e a gestão das florestas urbanas podem ser compartilhadas garantindo uma forma contemporânea de pensar e agir sobre o território.

26.5. Programas internacionais, federais e estaduais

Um exemplo de programa desenvolvido a nível internacional, que visa gestão e utilização das florestas urbanas como patrimônio natural nas cidades do Rio Danúbio (com a sigla *URBforDAN*), é um projeto cofinanciado pela UE, que foi concebido para promover uma mudança na gestão das florestas urbanas e na utilização dos serviços dos ecossistemas. Esse projeto está sendo implementado em sete cidades do Danúbio. Sua implementação é observada de perto por três cidades parceiras associadas: Praga na República Tcheca; Sarajevo na Bósnia; e Podgorica em

Montenegro, bem como pela Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura – FAO. O programa pretende mobilizar atores-chave dessas cidades para garantir sua participação ativa no planejamento e gestão integrada, por meio de um processo participativo para fornecer Planos de Gestão Integrada Multiuso para as Florestas Urbanas e Periurbanas em nível estratégico e operacional [18].

Na América do Norte, o governo dos Estados Unidos, por meio do USDA-FS, possui um Programa de Florestas Urbanas e Comunitárias que, em conjunto com os estados, fornece informações, ferramentas e recursos financeiros, apoiando práticas recomendadas baseadas na ciência, em diálogo com comunidades e cidades, mantendo, restaurando e melhorando os mais de 140 milhões de acres de terras florestais comunitárias. O programa reúne 63 agências florestais de estados e territórios, mais de 30 parceiros nacionais e 150 grupos comunitários de defesa das árvores fornecendo recursos e apoio técnico para agências florestais estaduais e organizações sem fins lucrativos, ajudando comunidades a realizarem inventários arbóreos, elaborarem planos diretores de arborização urbana e políticas públicas, além de capacitar equipes do setor público e moradores a plantar e cuidar das árvores [19].

Por sua vez, a organização não governamental *American Forests* desenvolve o programa *Community ReLeaf* com objetivo de chamar a atenção nacionalmente para o valor das florestas urbanas e alcançar comunidades geograficamente distribuídas e culturalmente diversificadas nos Estados Unidos. Ela desenvolve e realiza planos de plantio e cuidados com as árvores nas cidades. A abordagem do *Community ReLeaf* é focar os bairros da cidade que mais precisam de árvores, partindo do princípio de que um mapa de cobertura arbórea das cidades americanas é muitas vezes um mapa de renda e raça. A partir da constatação de que em muitas cidades as árvores são esparsas em bairros de baixa renda e em alguns bairros afro-americanos, foi desenvolvida a iniciativa *Tree Equity* – árvores em todas as partes de cada cidade. Por meio do índice desenvolvido pela *American Forests*, o *Tree Equity Score* para áreas urbanas de cidades com pelo menos 50.000 habitantes nos Estados Unidos, é possível avaliar o número certo de árvores por bairro, para que todas as pessoas tenham os benefícios que as árvores oferecem. Baseado em fatores como a cobertura arbórea existente, densidade populacional, renda, emprego, raça e etnia, idade e efeito da ilha de calor urbana, seus resultados podem ser utilizados pelos tomadores de decisão para identificar onde os recursos devem ser aplicados a fim de tornar mais equitativa a distribuição espacial da cobertura arbórea entre os bairros [20].

O Departamento de Silvicultura e Proteção contra Incêndios da Califórnia desenvolve o Programa de Florestas Urbanas, em apoio ao desenvolvimento de florestas urbanas e comunitárias sustentáveis, administrando subsídios estaduais e federais em todas as comunidades da Califórnia para promover as boas práticas em silvicultura urbana. O programa fornece suporte especializado em silvicultura urbana para comunidades, grupos sem fins lucrativos e governos municipais para a gestão de florestas urbanas sustentáveis. Seus especialistas administram e fornecem suporte técnico para atividades relacionadas aos subsídios, como plantio de árvores, inventários de árvores municipais e planos de manejo, esforços educacionais em florestas urbanas e projetos inovadores de silvicultura urbana [21].

O Serviço Florestal do Estado do Texas (*Texas A&M Forest Service* – TFS) desenvolve um programa de Florestas Urbanas e Comunitárias, com florestais urbanos atuando como

facilitadores, reunindo as partes interessadas para encontrar soluções para os problemas locais das árvores. Ao se reunir e treinar líderes locais, os florestais urbanos do TFS ajudam a aumentar a consciência pública sobre o valor das árvores urbanas, elevar o nível de habilidade dos trabalhadores florestais locais, definir padrões de qualidade para o plantio e cuidado de árvores e orientar as comunidades no manejo sustentável de suas florestas urbanas e comunitárias [22].

O Instituto de Ciências da Agricultura e Alimentação da Universidade da Flórida desenvolve desde 2005 o Programa de Recuperação de Furacões das Florestas Urbanas, financiado pela Divisão Florestal da Flórida e pela Regional Sul do USDA-FS, com o objetivo principal de fomentar uma floresta urbana saudável e mais resistente ao vento, direcionado a cidadãos e comunidades que buscam reconstruir e estabelecer melhores práticas de gestão para que futuras tempestades sejam menos devastadoras [23]. O Wisconsin é outro estado americano que, por meio do Departamento de Recursos Naturais, mantém vários programas de florestas urbanas, como a concessão de subsídios, apoio financeiro, para cidades, vilas, condados, tribos e organizações sem fins lucrativos [24] e [25].

Aprovada por unanimidade pelo Conselho de Supervisores da cidade de São Francisco, em 18 de abril de 2018, a Resolução nº 107-18 direciona quinze departamentos municipais a fortalecer a colaboração em nome da Visão de Biodiversidade da Cidade, como parte da implementação da Política de Biodiversidade de São Francisco, realizando pesquisas no âmbito de cada departamento e assumindo compromissos públicos para apoiar a biodiversidade por meio de ações e responsabilidades das agências [26]. Com base em anos de cooperação entre agências, a implementação dessa política foi um passo significativo para alinhar ainda mais as agências sob uma visão, agenda e objetivos comuns. O Programa de Biodiversidade reúne periodicamente funcionários de vários órgãos municipais para colaborar na implementação das metas de biodiversidade da cidade [27].

26.6. Diagnósticos e Inventários

Para desenvolver políticas, programas, planos e projetos, é fundamental realizar um consistente processo de diagnóstico acerca das problemáticas presentes na realidade. O modelo mundialmente mais utilizado para diagnosticar a estrutura, os benefícios e os valores das florestas urbanas e periurbanas é o *i-Tree*, um conjunto de ferramentas disponíveis gratuitamente, desenvolvido pelo Serviço Florestal dos Estados Unidos (USDA-FS) por meio de uma parceria público-privada [28].

Toronto avaliou sua Floresta Urbana em 2008 utilizando o *i-Tree Eco*, um dos módulos do *i-Tree*, com objetivo de descrever a composição, estrutura e distribuição de suas florestas urbanas, quantificar os serviços ecológicos e benefícios que elas fornecem, e definir uma linha de base das condições de suas florestas para monitorar o progresso rumo aos objetivos de gestão florestal estabelecidos [29].

A cidade de Nova Iorque também utilizou o *i-Tree Eco* na avaliação de suas florestas urbanas em 2013, com a mensuração de 296 parcelas, resultando em uma estimativa de 6.977.000 de árvores, com uma cobertura de copas de 21%, estimada com base em um voo com sensor *LiDAR* de 2012, com árvores com DAP (diâmetro à altura do peito – 1,3 m) entre 2,5 cm e 15 cm

representando quase 70% das árvores, e um valor monetário das árvores estimado em \$5,7 bilhões de dólares americanos, equivalentes a aproximadamente R\$ 33 bilhões [30].

Londres utilizou o *i-Tree Eco*, para conhecer melhor a estrutura (os atributos físicos, como densidade de árvores, saúde das árvores, área foliar e biomassa), composição e distribuição de sua floresta urbana, a fim de obter uma linha de base a partir da qual definir metas e monitorar o progresso, e com esses dados, determinar os benefícios da floresta urbana e o valor desses benefícios calculados e expressos em termos monetários. A avaliação da floresta urbana de Londres foi um dos maiores projetos que utilizaram o *i-Tree*, com mais de 700 parcelas mensuradas na cidade e em sua região periurbana. Aqui estão alguns dos serviços ecossistêmicos e valores fornecidos pelas aproximadamente 8,4 milhões de árvores na floresta urbana de Londres: 2,4 milhões de toneladas de carbono armazenado avaliado em £146,9 milhões; 77.000 toneladas de carbono sequestradas anualmente avaliadas em £4,79 milhões por ano; 2.241 toneladas de poluição removidas anualmente avaliadas em £126,1 milhões por ano; 3,5 milhões de metros cúbicos de escoamento de águas pluviais evitados avaliados em £2,8 milhões por ano; e £260.600,0 por ano de economia de energia atribuída às árvores em relação aos edifícios. O valor total dos benefícios fornecidos pelos serviços ecossistêmicos das árvores de Londres foi calculado em £132,7 milhões por ano, equivalentes a aproximadamente R\$ 950 milhões em valores atualizados [31].

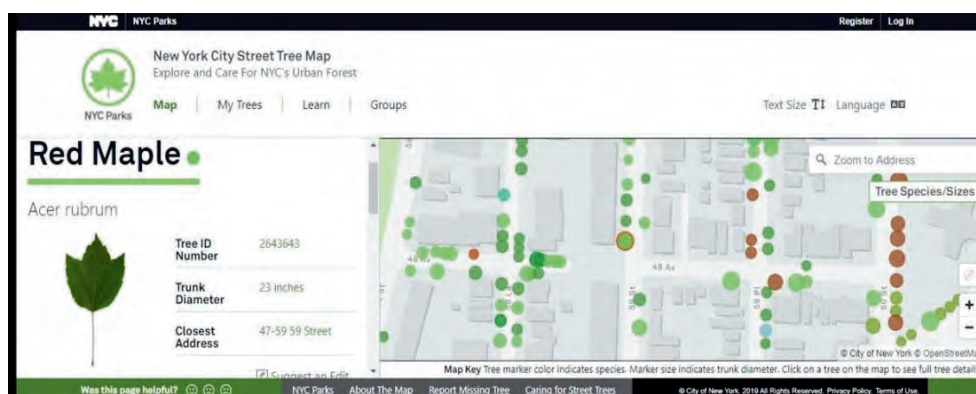
A cidade de Tampa, na Flórida, em conjunto com universidades locais, tem investigado uma série de métodos de avaliação da cobertura vegetal de suas florestas urbanas para apoiar seu manejo sustentável. Por meio de imagens de satélite *LANDSAT*, foi realizado o mapeamento e identificadas tendências das últimas quatro décadas. Aerofotos em preto e branco foram sendo digitalizadas para identificar tendências de longo prazo (60 anos) [32]. Avaliações complementares detalhadas são realizadas a cada cinco anos, conforme seu Plano de Manejo da Floresta Urbana. Essas ferramentas de avaliação agora permitem que a cidade exija a mitigação da perda da copa das árvores urbanas em até 5 anos após sua remoção [33].

Em relação à realização dos processos de inventariar, alguns casos são exemplares. O USDA-FS disponibilizou um conjunto de documentos (Guia de Recursos, Guia de Campo, Ficha de Campo e Instruções de Preenchimento da Ficha de Campo) e vídeos sobre o monitoramento de árvores urbanas, visando atender à necessidade de protocolos padronizados de monitoramento de árvores urbanas. O monitoramento de campo de árvores urbanas pode servir a vários objetivos, entre os quais: a avaliação do desempenho do plantio; a compreensão dos fatores ecológicos e sociais que ajudam a prever a mortalidade, o crescimento e a saúde das árvores; envolvimento das comunidades locais, inclusive em projetos de ciência cidadã; gerenciamento de ciclos de poda e risco de árvores; geração de dados empíricos para projeções populacionais e modelos de serviços ecossistêmicos; detecção de ameaças emergentes de pragas e doenças; e avaliação dos resultados do plantio experimental de árvores. Esses documentos apresentam estratégias gerais para monitoramento de árvores urbanas, o planejamento para coleta, gerenciamento e análise de dados, o gerenciamento do trabalho de campo, treinamento das equipes de campo, equipamentos de campo, conjuntos de dados para monitoramento de árvores urbanas, gerenciamento de árvores jovens e dados da comunidade [34].

Desde 1995, a cidade de Nova Iorque realiza inventários de suas árvores de rua com a participação de centenas de voluntários treinados. O Censo de Árvores de Rua de 1995-1996 forneceu informações detalhadas sobre o número, tamanho e espécies de árvores de

rua na cidade de Nova Iorque pela primeira vez. O censo também revelou que a cidade tinha mais de 10.000 árvores mortas nas ruas. Foi criado um programa de manutenção de árvores de poda em bloco e assumido um compromisso de remover todas as árvores mortas dentro de 30 dias da solicitação inicial. Dez anos depois, foi realizado o Censo de Árvores de Rua de 2005-2006 que encontrou 592.130 árvores crescendo ao longo das ruas de Nova Iorque – um aumento de 19 por cento em relação ao censo de 1995-1996. Com base nos dados obtidos, foi possível estimar os valores dos serviços ambientais fornecidos pelas árvores, num total de quase \$ 122 milhões anuais. A partir dessas informações, foi lançada a iniciativa *MillionTrees NYC* – com a promessa de plantar e cuidar de um milhão de árvores e envolver e aumentar o número de voluntários e adotantes de árvores na cidade. Entre os anos de 2015-2016, um novo inventário superou todos os esforços anteriores em tamanho e escopo. Foram mapeadas 666.134 árvores de rua. Os 2.241 voluntários que participaram desse censo representaram o dobro do número de participantes em 2006. Os voluntários foram responsáveis por 34% do censo. O uso de tecnologia geoespacial inovadora e um forte processo de revisão de qualidade gerou um inventário excepcionalmente preciso das árvores nas ruas [35].

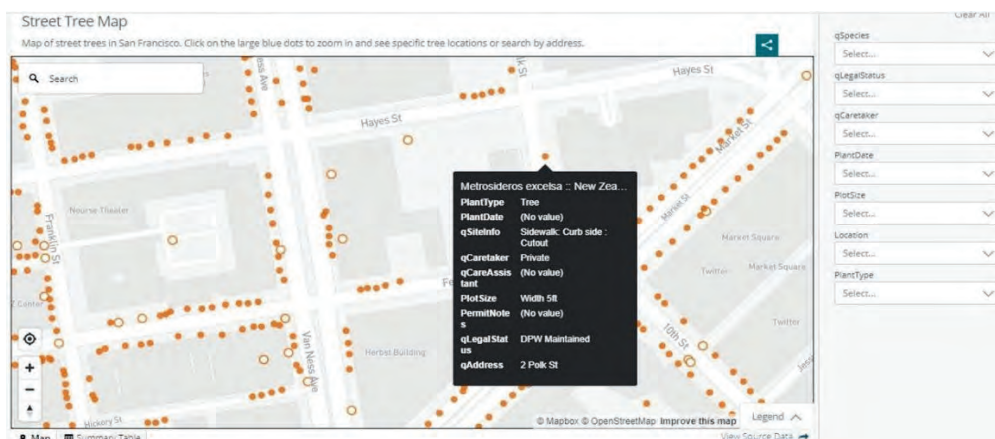
Figura 26.3 – Mapa interativo das árvores das ruas de Nova Iorque.



Fonte: *EveryTreeSF* [35].

Como uma necessidade no Plano da Floresta Urbana (Fase 1: Árvores de Rua) de São Francisco, uma estratégia municipal para melhorar a sustentabilidade da floresta urbana da cidade, o *EveryTreeSF* foi o primeiro censo de árvores de rua da cidade. Realizado entre os anos de 2016 e 2017, foi um esforço colaborativo entre os setores de Planejamento e de Obras Públicas da prefeitura de São Francisco, a organização sem fins lucrativos Amigos da Floresta Urbana (*Friends of the Urban Forest*) e os especialistas em inventário de árvores da empresa *ArborPro*. Uma equipe de arboristas certificados mapeou e registrou todas as árvores das ruas da cidade, identificando a localização exata, espécie e condição atual de cada uma das 124.795 árvores de rua, num total de 628 taxa, além de apontar 40.000 locais de plantio potenciais para futuros plantios. Esses dados estão sendo usados pelo Escritório de Florestas Urbanas da municipalidade para realizar a manutenção das árvores e atividades de plantio como parte do Programa *StreetTreeSF* [36].

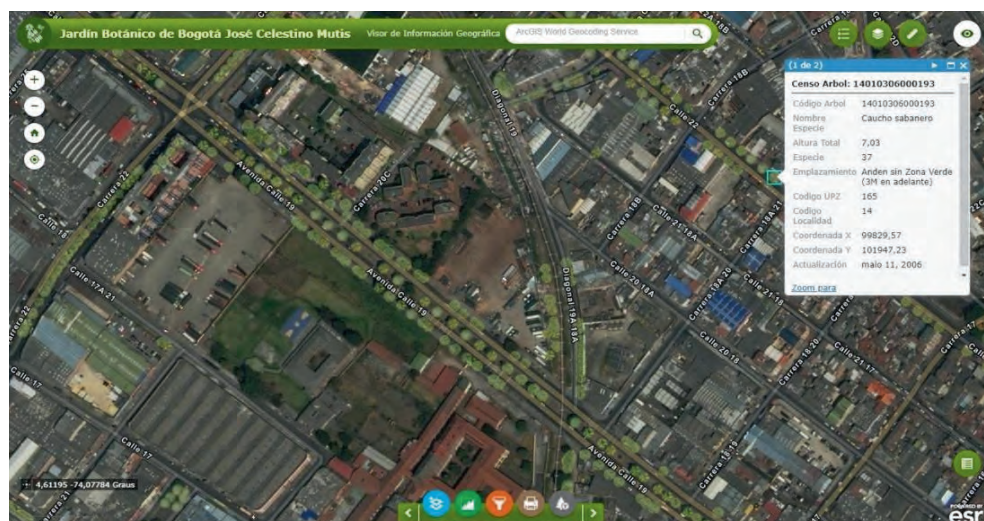
Figura 26.4 – Mapa interativo das árvores das ruas de São Francisco.



Fonte: *Jardín Botánico de Bogotá* [36].

Na América do Sul, a Secretaria Distrital de Meio Ambiente da cidade de Bogotá, em parceria com o Jardim Botânico de Bogotá, utiliza o SIGAU, o *Sistema de Gestión del Arbolado Urbano*, em ambiente *SIGWEB ESRI ARCGIS*, que permite aos gestores públicos acesso a dados de tratamentos silviculturais e fitossanitários, plantios, quedas de árvores e galhos, ciclos de poda, entre outros dados, além de disponibilizar ao cidadão informações sobre a espécie, dados dendrométricos, coordenadas e data de atualização [37].

Figura 26.5 – Tela do Sistema de Gestão da Arborização Urbana da cidade de Bogotá.



Fonte: Kenney WA, Van Wassenae PJE, Satel AL [37].

26.7. Planos Diretores de Arborização Urbana

Um estudo propõe um conjunto abrangente de critérios e indicadores para avaliação do sucesso do planejamento e da gestão estratégica da floresta urbana, baseados no desempenho

relativo do recurso de vegetação da comunidade, da estrutura da comunidade e da abordagem de gestão de recursos. Com base em trabalho realizado nas cidades de Oakville e Ajax, no Canadá, entre os anos de 2008 e 2010, foram apontados 25 critérios e indicadores de longo prazo, com o objetivo de contribuir para a avaliação da eficiência da gestão da arborização urbana. As medidas podem ser classificadas em 3 áreas principais: A) Recursos vegetais: 1) cobertura do dossel relativa; 2) distribuição de idade de árvores na comunidade; 3) adequação das espécies ao habitat; 4) composição de espécies; 5) condição das árvores públicas plantadas e manejadas intensivamente; 6) condição das árvores públicas em áreas naturais e manejadas extensivamente; e 7) áreas naturais; B) Estrutura da comunidade: 8) cooperação de agências públicas; 9) envolvimento de grandes empresas privadas e proprietários institucionais; 10) cooperação da indústria verde; 11) ação de bairro; 12) interação empresarial cidadão-município; 13) consciência geral das árvores como um recurso da comunidade; e 14) cooperação regional; e C) Abordagem de gestão de recursos: 15) inventário das árvores; 16) inventário da cobertura de copas; 17) plano de gestão municipal; 18) orçamento municipal; 19) pessoal municipal; 20) planejamento e implementação do plantio; 21) adequação das árvores plantadas ao habitat; 22) manutenção das árvores públicas plantadas e manejadas intensivamente; 23) manejo de risco de árvores; 24) política de proteção e fiscalização de árvores; e 25) planejamento e implementação do manejo de árvores públicas em áreas naturais. Essa lista de critérios e indicadores pode ser aplicada em qualquer fase do manejo florestal urbano, desde a identificação de objetivos até a comunicação com as partes interessadas. Devido ao sucesso do processo, essa experiência é considerada um modelo a seguir para o desenvolvimento do planejamento e da gestão com níveis semelhantes de recursos florestais urbanos em outras partes do mundo [38].

Como ação exemplar no que tange a iniciativas não governamentais, o *Inland Urban Forest Council*, uma rede de defensores das árvores que trabalha para promover as áreas verdes urbanas e o manejo sustentável das florestas urbanas e comunitárias do interior do sul da Califórnia, desenvolveu uma “caixa de ferramentas”, hospedada em um *site* que fornece uma abordagem “como fazer” para o desenvolvimento de um Plano Diretor de Arborização Urbana. Essa “caixa de ferramentas” se propõe a orientar membros da comunidade por meio do processo de desenvolvimento de um plano estratégico para o manejo de árvores urbanas e infraestrutura verde. As decisões de manejo influenciarão os tipos e a quantidade de benefícios derivados da floresta urbana para as gerações futuras [39].

26.8. Manejo, Gestão e Estratégias para consolidação de Florestas Urbanas

As florestas urbanas são sistemas ecológicos complexos e dinâmicos, cujo manejo deve se dar de acordo com as constantes mudanças econômicas, sociais e ambientais que ocorreram ao longo do processo, visando atingir objetivos preestabelecidos. Nesse contexto, o manejo adaptativo ativo, um processo sistemático de melhoria contínua das políticas e práticas de gestão, aprendendo com os resultados das políticas e práticas anteriormente utilizadas, sendo o manejo tratado como um experimento deliberado de aprendizagem, pode fornecer as ferramentas para garantir o desenvolvimento bem-sucedido das florestas urbanas ao longo do tempo. Essa abordagem reduz a incerteza monitorando sistematicamente as metas, por meio da coleta, análise e uso de informações sobre as florestas urbanas, para otimizar as ações de manejo [40].

A cidade de Portland no Oregon, EUA, atualizou seu plano de manejo da floresta urbana, elaborado em 1995, no ano de 2004, com três objetivos principais, proteger, preservar, restaurar e expandir sua floresta urbana, promover o manejo da floresta urbana e fornecer serviços ecossistêmicos das florestas urbanas de forma equitativa para todos os residentes da cidade. Como recomendações, foram apontadas a necessidade de coordenar as funções, responsabilidades, políticas e projetos de diferentes órgãos e parceiros da cidade para planejamento e gestão da floresta urbana, documentar a saúde e a condição da floresta urbana, preservar, manter e restaurar a floresta urbana existente e garantir a segurança do público, aumentar a qualidade e a quantidade de árvores adequadas e vegetação, especialmente grandes árvores de dossel em áreas apropriadas, financiar e fornecer pessoal e recursos adequados para manter, preservar, restaurar e aumentar todos os aspectos da floresta urbana, regular quando necessário para garantir a saúde, qualidade e benefícios da floresta urbana [41]. Para garantir a consecução dos objetivos e recomendações, em 2007 a cidade elaborou um Plano de Ação para a Floresta Urbana, que especificou 63 ações, cada qual com prazos e prioridades. Anualmente são elaborados relatórios atualizando a implementação dessas ações, como os programas de plantio, regulação, política e educação, bem como os de manutenção e cuidados com as árvores [42].

O plano diretor da floresta urbana da cidade de Alexandria, no estado da Virgínia, EUA, foi elaborado pela *Davey Resources Group* no ano de 2009, para fazer frente a desafios como a redução de sua cobertura arbórea, falta de recursos para a manutenção das árvores em áreas públicas, ausência de programas de educação ambiental sobre a importância das árvores e de regulação eficiente sobre as áreas privadas com cobertura florestal. O objetivo geral do plano diretor da floresta urbana de Alexandria foi aumentar a cobertura arbórea em toda a cidade, mantendo melhor as árvores existentes e aumentando o número de novas árvores. Ele inclui recomendações específicas para melhorar cada parte da floresta urbana: árvores públicas ao longo de ruas, parques, escolas e como parte de outras áreas verdes; árvores de domínio privado em áreas residenciais e em terrenos institucionais; e árvores em faixas marginais de cursos d'água, fundos de vales e outras áreas naturais. As principais recomendações do plano foram divididas em quatro categorias estratégicas: plantio de árvores, cuidados com árvores, gestão e educação pública e divulgação [43].

O Plano de Manejo da Floresta Urbana da cidade de Tampa foi desenvolvido por meio de um esforço colaborativo que envolveu a administração da cidade de Tampa, a Universidade da Flórida, Universidade do Sul da Flórida, o Departamento de Extensão do condado de Hillsborough, organizações empresariais e profissionais, associações de moradores e cidadãos, entre os anos de 2008 e 2013. Desenvolvido segundo o modelo de planejamento estratégico da floresta urbana [44], utilizou uma série de critérios de gestão e indicadores de desempenho para medir o sucesso da gestão da floresta urbana. O plano foi elaborado com base nos princípios de eficiência governamental, crescimento econômico, parcerias público-privadas, aumento dos aspectos sociais, econômicos e ambientais da floresta urbana por meio da redução de custos, dando apoio às comunidades e se apoiando nos princípios básicos da cidade do plano diretor de desenvolvimento da cidade. Teve como objetivos: entender e comunicar a necessidade de manter e proteger a complexidade dos sistemas naturais da floresta urbana para que o público apoie um habitat rico e diverso; promover o conhecimento público dos valores econômicos, sociais e ambientais da floresta urbana de Tampa em todos os ambientes de educação, desde a escola até a educação de adultos e campanhas de serviço público, de modo a criar uma ética de cuidados individuais; promover o cuidado adequado das

árvores na floresta urbana por meio da educação e fiscalização; criar parcerias inclusivas que incentivem a colaboração entre todas as partes envolvidas para beneficiar a floresta urbana; melhorar o quadro de políticas para a conservação, recuperação, restauração e o aumento dos recursos naturais da floresta urbana; e promover o reconhecimento, a manutenção e a regeneração da floresta urbana de Tampa que é economicamente e ecologicamente viável. Foi definido um conjunto de critérios e indicadores de desempenho que deram suporte ao processo de manejo adaptativo empregado na elaboração do plano, permitindo uma maior flexibilidade na tomada de decisões. O monitoramento cuidadoso desses critérios e indicadores ajuda a ajustar políticas ou ações como parte de um processo de aprendizagem iterativo [32].

“Enraizando para o Futuro” (*Putting Down Roots for the Future*) é o plano de manejo florestal urbano estratégico de 20 anos para a cidade de Ottawa. Este plano identifica 26 recomendações a serem implementadas entre 2018 e 2037, as quais foram desenvolvidas com base na contribuição de funcionários da cidade, outras partes interessadas e membros da sociedade civil, avaliações do estado atual da gestão florestal urbana e da estrutura de planejamento em Ottawa, e identificou oportunidades de melhoria com base nas melhores práticas. Ele tem como objetivo fornecer a orientação estratégica e técnica necessária para alcançar a sustentabilidade da floresta urbana em Ottawa nas próximas décadas. O plano tem uma abordagem abrangente e integrada para sustentar e cultivar a floresta urbana de Ottawa, abordando desafios e oportunidades relacionados a quatro áreas temáticas principais: Estrutura e administração do programa de manejo florestal urbano; Planejamento da floresta urbana: Manutenção e cultivo da floresta urbana; e Divulgação, educação e cuidado da floresta urbana. Ele se baseia em um horizonte de planejamento de vinte anos (2018 a 2037), definido em uma estrutura de três camadas. A estrutura inclui: um Plano Estratégico de 20 anos, para delinear a visão de longo prazo, os princípios orientadores, objetivos e metas a serem alcançados ao longo do horizonte de planejamento; uma série de cinco Períodos de Gestão de 4 anos, que facilitam a revisão contínua do plano e a gestão adaptativa, incluindo a revisão das recomendações; e Planos Operacionais Anuais, desenvolvidos para uso interno pela equipe da cidade a cada ano para facilitar a implementação diária das recomendações do plano [45].

Para combater o calor intenso e a elevação da temperatura nas últimas décadas, a cidade de Phoenix, no Arizona, que já foi conhecida como a *Cidade das Árvores e Jardins*, adotou o Plano Diretor de Árvores e Sombra em 2010, com o objetivo de aumentar as árvores e a sombra do dossel, considerando como uma estratégia de investimento para criar uma Phoenix mais saudável, habitável e próspera. A cobertura de copas existente é de aproximadamente 12 por cento da cidade, e a meta é crescer para 25 por cento até 2030. A gestão da cidade está fazendo parcerias com a comunidade empresarial, organizações sem fins lucrativos e cidadãos para trazer de volta árvores, sombra e espaços verdes como um componente significativo do processo de desenvolvimento em Phoenix [46].

Syracuse, no estado de Nova Iorque, elaborou seu primeiro plano diretor da floresta urbana em 2001, com recomendações de aumentar sua cobertura arbórea para 30% e atualização no ano de 2010. A partir de 2017 foi iniciado um processo de planejamento participativo, que incluiu órgãos municipais, fundações privadas e uma organização não governamental, que resultou na campanha *ReLeaf Syracuse*, um processo de estimular a participação da população, empresas e outros atores, para planejar o futuro das florestas urbanas da cidade. Foram realizadas sete audiências públicas, com mais de 300 participantes, além de uma consulta pública com 1.200 respostas. Essas consultas

mostraram que as pessoas se importavam com as árvores, além de apontados problemas, como a necessidade de mais educação para o público sobre as árvores, melhor manutenção das árvores, melhores regulamentações sobre o uso da terra, a importância do envolvimento das pessoas que não se beneficiam com os serviços ecossistêmicos da floresta urbana e da melhor distribuição da cobertura arbórea na cidade, no desejo de se explorar melhor a agricultura urbana e a necessidade de se estabelecer uma meta de cobertura arbórea para a cidade. Como resultado desse processo, foi elaborado um novo plano diretor da floresta urbana no ano de 2020, pela *Davey Resources Group*, uma das maiores empresas de consultoria em arboricultura nos EUA, que definiu três objetivos principais, aumentar a educação e o envolvimento da população e outros atores sobre o valor das árvores e como cuidar e preservá-las, aumentar a cobertura arbórea para 34% da área da cidade, aumentando sua qualidade e distribuição na cidade [47].

Na Espanha, Barcelona desenvolveu um Plano do Verde e da Biodiversidade, visando garantir no longo prazo ações destinadas a alcançar uma infraestrutura ecológica capaz de: produzir benefícios para as pessoas; fornecer serviços ambientais e social; gerar locais de vida dentro do habitat urbano; inserir a natureza na cidade; conectar e ligar a cidade no território; e tornar a cidade mais fértil e dotá-la de maior resiliência face aos desafios futuros. Assim, esse plano é um instrumento estratégico que demonstra o compromisso municipal em relação à conservação do verde e da biodiversidade, proporcionando à população o conhecimento de seu patrimônio natural, seu aproveitamento e cuidado. Em outras palavras, o que se pretende é alcançar uma infraestrutura ecológica que ofereça o máximo de serviços a uma cidade onde a natureza e o urbano interagem e se potencializam. Seus objetivos são conservar e valorizar o patrimônio natural da cidade, evitar a perda de espécies e habitats, atingir a quantidade máxima de área de superfície verde e sua conectividade, obter o máximo de serviços ambientais e sociais do verde e da biodiversidade, aumentar o valor que a sociedade confere ao verde e à biodiversidade, e aumentar a resiliência da cidade frente aos desafios emergentes, como as mudanças climáticas [48].

Entre suas linhas estratégicas estão conservar o patrimônio natural da cidade, planejar o verde urbano buscando a conectividade e uma distribuição equitativa, desenhar a cidade e os espaços verdes considerando os serviços ambientais e integrando critérios a favor da biodiversidade, criar novos espaços para a natureza e aumentar a presença do verde e da biodiversidade, gerir os parques, jardins e as demais áreas verdes com critérios de eficiência e sustentabilidade, favorecendo a biodiversidade, preservar e valorar o patrimônio natural, particularmente os jardins históricos, aumentar o conhecimento para o manejo e a conservação do verde e da biodiversidade, divulgar o conhecimento do verde e da biodiversidade, assim como seus valores, estimular o uso das áreas verdes como espaços de saúde e lazer, promovendo o envolvimento do cidadão na criação de áreas verdes e na conservação da biodiversidade, e fortalecer a liderança municipal, o trabalho em rede e engajamento na conservação do verde e da biodiversidade [48].

Posteriormente, Barcelona desenvolveu um plano diretor de arborização, o *Plan director del arbolado de Barcelona 2017-2037*, que entre seus objetivos específicos até 2037 prevê o aumento da cobertura arbórea em 5%, chegando a 30% da área urbana coberta por copas de árvores, garantir que dentro da malha urbana, 40% das espécies de árvores sejam adaptadas às mudanças climáticas globais. Assim, em vez dos atuais 30%, alcançar um patrimônio arbóreo biodiverso, no qual dentro da malha urbana nenhuma espécie represente mais de 15% do total, disponibilizando ao público todas as informações sobre características e serviços de cada uma das árvores da malha urbana, por meio de tecnologias interativas que facilitam o conhecimento e a colaboração cidadã [49].

Na Colômbia, a Região Metropolitana do Vale de Aburrá, entidade planejadora regional e autoridade ambiental urbana nos municípios de Medellín, Caldas, La Estrella, Itagüí, Sabaneta, Bello, Barbosa, Copacabana e Girardota, formulou e adotou por meio do Acordo Metropolitano nº 16 de 2006, o Plano Diretor de Espaços Públicos Verdes Urbanos da Região Metropolitana do Vale de Aburrá, instrumento de política de gestão do espaço público verde e flora urbana [50].

26.9. Estratégias em Arborização Urbana

Uma organização não governamental do Canadá, a Rede Canadense de Floresta Urbana (*Canadian Urban Forest Network*), a maior rede de profissionais, especialistas e educadores florestais urbanos no Canadá, apresentou a terceira versão da Estratégia Canadense de Florestas Urbanas 2019-2024, uma estratégia de ação em nível nacional. Com base na visão de florestas urbanas sustentáveis, biodiversas e saudáveis que protejam e aumentem o bem-estar e a prosperidade das comunidades canadenses, são definidos cinco objetivos estratégicos: capacitação em nível nacional em florestas urbanas, comunicação e educação pública, pesquisa, técnicas e tecnologias para o planejamento e manejo florestal urbano e desenvolvimento profissional [5].

Em nível municipal, a cidade de Vancouver, no Canadá, atualizou em 2018, expandindo e refinando, sua Estratégia para a Floresta Urbana de 2014. Essa atualização buscou um alinhamento com a Estrutura Estratégica de Departamento de Parques (2012), a Estratégia de Biodiversidade (2016) e o Plano de Educação e Gestão Ambiental (2014). Ela também apoia outras políticas e estratégias da cidade, como o Plano de Ação para uma Cidade Mais Verde (2011), a Estratégia para uma Cidade Saudável (2015) e a Estratégia para as Chuvas na Cidade (em andamento em 2018). Seus objetivos gerais são proteger a floresta urbana durante o processo de expansão urbana, plantar árvores para o cultivo da floresta urbana, manejar as árvores para saúde e segurança, engajar os cidadãos na floresta urbana e monitorar o *status* e a condição da floresta urbana. Seus objetivos específicos são o plantio de 150.000 árvores entre 2010 e 2020, o aumento do dossel da floresta urbana para 22% até 2050, a restauração ou a melhoria de 25 ha de áreas naturais, incluindo florestas, até 2020, e dobrar a densidade de árvores em ruas de bairros com densidade abaixo da média em alguns bairros até 2030. Na sua elaboração, foram empregadas ferramentas como o *LiDAR* e o *i-Tree* [51].

Na Austrália, planos testemunham uma atenção crescente e ação contínua de envolvimento da população. Melbourne desenvolveu uma estratégia para sua floresta urbana para o período de 2012 a 2032, com a visão de que uma floresta urbana resiliente, saudável e diversa contribui para a saúde e o bem-estar da sua comunidade e na criação de uma cidade habitável [52]. Essas ações pretendem melhorar a ecologia urbana protegendo e aumentando um nível de biodiversidade contribuindo para um ecossistema saudável, o que inclui informar e consultar a comunidade, possibilitando uma compreensão mais ampla da importância de nossa floresta urbana, aumentando a conexão floresta e sociedade, que se envolve com seu processo de evolução.

Esse processo de conscientização se expressou na preocupação da comunidade em relação às altas taxas de desmatamento no estado de Perth, na Austrália, e ao fato de a cidade de Victoria Park apresentar uma cobertura arbórea de 10% de sua área territorial, uma das menores do estado. Observou-se o desenvolvimento de sua primeira estratégia para a floresta urbana, num processo iniciado e conduzido pela comunidade, com apoio do legislativo municipal, que identificou

a necessidade de expandir e melhor manejar as árvores na cidade, tanto em terras públicas quanto privadas. Esse trabalho levou à criação de um plano de ação para implementação da estratégia para a floresta urbana no período de 2019 a 2024, que irá informar seu orçamento anual necessário para as tarefas operacionais e incluirá relatórios de medidas [53].

Essa união entre comunidade e legislativo se mostra estratégica e se revela fundamental no que diz respeito ao planejamento e à consolidação de florestas urbanas.

26.10. Legislação

Nos Estados Unidos, o estado da Califórnia possui desde 1978 uma lei sobre suas florestas urbanas, o *California Urban Forestry Act of 1978*, com objetivo de promover o uso de recursos florestais urbanos visando ao aumento de projetos integrados com múltiplos benefícios para as comunidades urbanas [54]. Essa lei foi posteriormente modificada pela AB 1530, em outubro de 2017, acrescentando aos seus objetivos a promoção de políticas e incentivos que resultem na melhoria da manutenção do dossel da floresta urbana para otimizar seus múltiplos benefícios [55].

Por sua vez, o estado de Nova Jersey aprovou a Lei de Assistência Florestal Comunitária e de Árvores de Sombra em 5 de dezembro de 1996, garantindo proteção e responsabilidade aos municípios e condados participantes. Essa lei possibilitou aos municípios assumir a responsabilidade pela proteção das árvores, atendendo a requisitos como um Plano de Manejo Florestal Comunitário aprovado pelo Estado e a participação no Programa de Treinamento e um Programa de Acreditação. Também previu a criação de um Conselho Estadual de Florestas Comunitárias, composto por 20 representantes de grupos envolvidos com a silvicultura comunitária: arboristas, produtores de árvores, governos municipais/distritais, companhias de seguros, empresas de eletricidade etc., e criou um programa de apoio financeiro a municipalidades e condados, com subsídios como o *Green Communities Grant*, ou Subsídio para Comunidades Verdes, destinado à contratação de um consultor florestal para apoio à elaboração do Plano de Manejo Florestal Comunitário, e o *Community Stewardship Incentive Program Grant*, ou Subsídio do Programa de Incentivo de Manejo Comunitário, destinado às comunidades que possuem o *status* aprovado, conforme essa lei, visando implementar metas e objetivos de seu plano de manejo [56].

Na Califórnia, em São Francisco, foi adotada uma Política de Biodiversidade, por meio da Resolução 004-17-COE, de 23 de maio de 2017, que definiu o papel do Departamento de Meio Ambiente na proteção do patrimônio natural de São Francisco e os objetivos de biodiversidade da cidade, procurando garantir ecossistemas biologicamente ricos, restaurando e mantendo habitats indígenas robustos e interconectados, áreas naturais, espaços abertos, bacias hidrográficas, ecossistemas marinhos e florestas urbanas que sustentam uma rica teia de vida e mitigam os impactos das mudanças climáticas em espécies e comunidades raras. Essa política procura proporcionar acesso equitativo, consciência e experiência da natureza, conectando todos os residentes, trabalhadores e visitantes com a natureza todos os dias nos espaços verdes [26].

Na Austrália, especificamente em South Austrália, uma lei de 1993 e suas regulamentações estabelecem regras para a proteção de árvores denominadas como reguladas e significativas na área metropolitana de Adelaide e áreas periféricas. Para os efeitos desta lei, árvores denominadas reguladas são as que possuem uma circunferência de tronco superior a 2 m, medida a 1 m de altura, e árvores significativas são as que possuem uma circunferência de tronco superior a 3 m,

medida a 1 m de altura, ou qualquer árvore definida como tal pelos planos diretores das cidades de Adelaide, Burnside, Prospect e Unley [57].

O Estatuto Número T-600 da Municipalidade de Halifax, no Canadá, conhecido como o “Estatuto da Árvore”, regulamenta a gestão das árvores em terras públicas, definindo as intervenções nas árvores que necessitam de autorização [58].

Singapura, uma cidade-Estado insular, editou sua Lei de Parques e Árvores em 1996, a qual passou por várias revisões e emendas, a última em 2019. Essa lei visa ordenar o plantio, manutenção e conservação de árvores e plantas dentro de parques nacionais, reservas naturais, áreas de conservação de árvores e corredores verdes ao longo de estradas históricas e outras áreas específicas [59].

Outro exemplo importante e que demonstra a iniciativa da sociedade civil organizada na formulação de leis foi a da *Red Nacional Pro Ley de Arbolado Urbano*, um grupo de organizações da sociedade civil sem fins lucrativos, formado por ONGs e organizações profissionais de todo o Chile, que trabalham para a conservação e promoção das árvores, áreas verdes e da biodiversidade nas áreas urbanas do país, apresentou uma Proposta Cidadã de Organizações Ambientais para a formulação de uma Lei Nacional de Arborização Urbana (*Ley de Arbolado Urbano*) para o Chile, documento entregue em 2018 ao ministro da Agricultura. Essa proposta é constituída de 5 títulos, Disposições gerais, Regime legal e administração das árvores, Planejamento local da arborização urbana e participação cidadã, Manejo das árvores urbanas, Solicitações, permissões e recepção no manejo das árvores urbanas e Outras considerações [60].

26.11. Projetos: iniciativas que ligam planos e ações à governança

Em 2007, a cidade de Nova Iorque lançou o *MillionTreesNYC*, com o objetivo de plantar e cuidar de um milhão de árvores na cidade, em parceria com a organização sem fins lucrativos *New York Restoration Project* (NYRP), plantando árvores em diversos locais, inclusive conjuntos habitacionais, pátios de escolas, em terras do estado de Nova Iorque e perto de templos religiosos, centros de saúde e *campi* universitários em bairros. Em 2015, com a NYRP e outros parceiros, de quase 50.000 nova-iorquinos que ajudaram a plantar árvores em parques, ruas e em quintais, foi plantada a milionésima árvore. Este programa tornou-se uma referência como modelo de educação ambiental para cidades em todo o mundo [61].

Como parte do plano de manejo das florestas urbanas da cidade de Ottawa, Canadá, atualmente em seu primeiro período de manejo de quatro anos, 2017-2021, realizam-se revisões sistemáticas no corpo legal, que atualizam ou criam novas leis, como as Leis das Árvores, a Lei de Conservação das Árvores Urbanas e a Lei de Proteção das Áreas Naturais e Árvores Municipais. Ao mesmo tempo, se desenvolve uma Estratégia de Manutenção de Áreas Florestais, documento de trabalho operacional usado no planejamento e na execução dos ciclos de manutenção, com o objetivo de melhorar a saúde, resiliência e segurança das florestas de propriedade municipal, identificando áreas florestais que requerem manejo e garantem a regeneração bem-sucedida da vegetação nativa em vez de espécies invasoras; mapeamento da cobertura arbórea, disponível no *GeoOttawa*, bem como a definição de áreas florestadas relevantes, orientando o trabalho em parceria com a indústria e a comunidade na atualização das Diretrizes para Avaliação de Impacto Ambiental, com ênfase no sistema de patrimônio natural urbano e

revisando as políticas do plano de manejo para a proteção do sistema do patrimônio natural em áreas de expansão urbana [62].

Na Austrália, a cidade de Melbourne desenvolveu Diretrizes de Diversidade da Floresta Urbana, documento subsidiário da Estratégia de Floresta Urbana, com o objetivo de informar os Planos de Plantio de Árvores na determinação das espécies a serem plantadas nas ruas. A diversidade da floresta urbana busca torná-la mais resiliente e robusta, ajudando a protegê-la contra pragas e patógenos, e agilizando programas de manutenção. O plantio anual regular de árvores até 2040 é proposto para reduzir essa predominância e criar uma floresta com maior distribuição por idade. Esse documento fornece um conjunto de critérios não subjetivos e com base científica para estabelecer quais espécies de árvores são adequadas para as condições urbanas encontradas na cidade de Melbourne. Cruzando a referência da Lista de Árvores para Plantio em Ruas e Parques com as Tipologias de Locais, foi estabelecido um conjunto de listas de árvores para os diversos locais da cidade [63].

A cidade de Vancouver no Canadá desenvolveu uma iniciativa ousada denominada *Greenest City* para enfrentar os desafios ambientais de Vancouver. Seu plano de ação é uma estratégia para permanecer na vanguarda da sustentabilidade urbana, trabalhando com a Câmara Municipal, habitantes, empresas, outras organizações e todos os níveis de governo para implementar este plano. Sua visão é criar oportunidades hoje, enquanto se constrói uma economia local forte, bairros vibrantes e inclusivos e uma cidade internacionalmente reconhecida que atende às necessidades das gerações futuras. O plano se baseia em três pilares, Carbono Zero, Desperdício Zero e Ecossistemas Saudáveis, tendo entre seus objetivos: melhorar o acesso a espaços verdes, como parques, hortas comunitárias e vias verdes, fortalecendo a comunidade e melhorando a saúde dos residentes; estimular a produção de comida local, já que o sistema alimentar local mais forte reduz o impacto ambiental da produção e do transporte de alimentos e contribui para a saúde humana, limpar o ar, trabalhando em parceria com empresas, residentes e outros níveis de governo para atingir nossa meta de ar limpo; e estimular os empregos verdes, empresas verdes são mais competitivas, eficientes e preparadas para o futuro. O desenvolvimento de uma economia verde é essencial para um futuro saudável e sustentável [64].

Bangkok na Tailândia era originalmente repleta de infraestrutura verde natural – canais, arrozais, manguezais e pomares. O desenvolvimento posterior à sua colonização a transformou numa urbanidade com sérios conflitos, com seu tráfego emaranhado de fios elétricos e escassos espaços verdes. Esse quadro vem mudando nos últimos anos, com a Administração Metropolitana de Bangkok planejando sistemicamente o aumento das áreas verdes públicas, com parques em áreas periféricas. Alguns parques remotos, como Beung Nong Bon e Beung Makhamtes, foram habilmente concebidos como captadores de água, preservando paisagens originais, com campos de arroz e pomares de frutas [65].

Um projeto exemplar e colaborativo desenvolvido em Bangkok é o “Projeto 60 parques para a Princesa Sirindhorn”, iniciado em 2014 pelo Projeto Big Trees com financiamento do Grupo PTT, o *Siam Commercial Bank* e a Fundação para a Promoção da Saúde da Tailândia. Essa ação teve como objetivo fornecer arquitetos paisagistas voluntários para as administrações locais para ajudar no estabelecimento de parques públicos em todo o país. Dez parques foram criados em Bangkok com foco na vegetação nativa – como o manguezal dos parques em Bang Kachao e Bang Khuntien para ajudar a proteger áreas costeiras e comunidades. A Universidade Chulalongkorn, uma das principais na formação profissional em arboricultura e nos esforços de conservação dos

espaços verdes, criou um magnífico parque público em seu próprio terreno no meio da cidade. O Parque Centenário Universitário Chulalongkorn cobre 40 ha e abrange uma área úmida, um jardim de chuva e um sistema de drenagem de água subterrânea. Outra ação promissora é o estabelecimento, em 2016, da Rede Tailandesa de Árvores Urbanas, que congrega entidades públicas e privadas, profissionais e grupos da Sociedade Civil para promover a silvicultura urbana em Bangkok [65].

Liubliana, capital da Eslovênia, se desenvolveu em uma planície, com colonos evitando áreas montanhosas e áreas baixas perto do rio. A floresta natural ainda cobre mais de 46% de seu território. A maioria desta floresta é propriedade privada, logo envolver e educar as pessoas sobre as florestas é crucial. Em 2017, a cidade estabeleceu a meta de ser uma cidade sustentável, que vive em harmonia com seu ambiente natural. Em 2010, a cidade declarou aproximadamente 1.150 hectares de florestas naturais como “floresta para fins especiais”, em geral designadas para recreação visando melhorar a aptidão física e mental dos residentes e visitantes. Mil hectares dessas florestas estão localizados dentro e ao redor do centro de Liubliana. A cidade criou um “instrumento de compra de terras” em 2014 e priorizou os termos de interesse público a serem cumpridos para a aquisição, sendo prioridade os terrenos localizados perto de caminhos e trilhas públicas para permitir uma manutenção econômica e garantir a segurança do visitante. A segunda prioridade são as florestas adjacentes a áreas residenciais ou outros usos do solo, para facilitar o acesso público às florestas, e a terceira prioridade é a ampliação e a conexão dos fragmentos florestais existentes. O principal objetivo do instrumento de compra de terras é interligar a floresta urbana e periurbana por meio de uma rede de caminhos, trilhas, estradas de arraste e outras infraestruturas florestais [66].

Singapura está desenvolvendo estratégias inovadoras para conservar seu patrimônio natural e expandir sua rede de corredores interligando parques, instalações esportivas e espaços verdes em toda a ilha. Isso permitirá que seus habitantes tenham mais oportunidades de se conectar com a natureza, desfrutar de uma ampla variedade de experiências recreativas e vivenciar sua biofílica “Cidade no Jardim”. Todos os dias, pessoas de todos os tipos usam os parques para se exercitar, brincar e se conectar com a natureza. O planejamento prevê cerca de 1.000 hectares a mais de parques e corredores no futuro. Os parques serão conectados por corredores recreativos, bem como uma rede diversificada de Conectores de Parque. A cidade possui ainda uma rede de hidrovias e 17 reservatórios que se conectam e fornecem espaços compartilhados. Desde o lançamento, em 2006, do Programa Águas Ativas, Bonitas e Limpas, 102 km de cursos d’água e 974 hectares de corpos d’água foram abertos para atividades recreativas e 41 projetos deste programa foram concluídos, além de outros 13 projetos em andamento em toda a ilha nos próximos 5 anos. O Plano Diretor de Conservação da Natureza de Singapura busca o equilíbrio entre o desenvolvimento e a conservação da natureza, tendo entre seus objetivos: a conservação de habitats-chave e o desenvolvimento de conexões ecológicas; levantamentos abrangentes e monitoramento de longo prazo de ecossistemas e espécies; a gestão participativa com a comunidade e promoção dos valores e serviços da natureza. Singapura tem investido no incentivo a projetos de *Skyrise greenery*, ou vegetação nas alturas, com telhados e paredes verdes, o que ajuda a resfriar o ambiente urbano, limpar o ar e suavizar nossa paisagem urbana, bem como recursos de *design* sensíveis à água, auxiliando no gerenciamento sustentável da água da chuva, que reduzem e tratam o escoamento da água da chuva [67].

Infraestrutura verde comestível, principalmente na forma de florestas e árvores urbanas alimentícias, florestas alimentares urbanas ou comestíveis auxiliam na Meta de Desenvolvimento Sustentável 11 das Nações Unidas da Agenda de Desenvolvimento Sustentável 2030, “tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis”. O uso de plantas comestíveis em áreas urbanas e periurbanas é influenciado por fatores históricos, culturais e socioeconômicos. Países desenvolvidos começaram a redescobrir as árvores urbanas e o paisagismo comestível, mas, na maioria dos casos, a produção de comida ainda não é o objetivo principal da silvicultura urbana e periurbana [68].

Como exemplo, uma floresta alimentar e de plantas nativas foi implantada em um pequeno parque público na Julia Road em Durban, África do Sul, no ano de 2009, de livre acesso e uso da comunidade local. Dentro de 1.700 metros quadrados existem mais de 160 espécies comestíveis, úteis e nativas (plantas e árvores). Uma pequena seção é dedicada ao cultivo de verduras sazonais. Uma floresta alimentar e de plantas nativas semelhante está se desenvolvendo numa extensão do Jardim de Permacultura no Jardim Botânico de Durban, está sendo desenvolvida e documentada à medida que se desenvolve e se conecta à coleção existente de espécies comestíveis do jardim. Este espaço oferecerá uma oportunidade para aulas práticas de educação ambiental e sustentabilidade urbana, e fará parte do programa de extensão do Jardim Botânico de Durban [69].

Entre os exemplos de silvicultura alimentar urbana nos Estados Unidos da América, a floresta alimentar urbana de Seattle é provavelmente a mais estudada. A *Seattle Public Utilities*, agência de serviços públicos da cidade de Seattle, Washington, possui a *Beacon Food Forest*, mas as árvores frutíferas dessa floresta foram plantadas por voluntários da comunidade, muitos dos quais continuam a trabalhar na floresta e manter os pomares. A participação contínua dá aos membros da comunidade um senso de pertencimento e orgulho do espaço [70].

Na África do Sul, árvores frutíferas de quintais são fontes importantes de alimento, especialmente em assentamentos informais, onde as pessoas mais pobres vivem. Residentes de novas moradias de baixo custo fazem uso de árvores urbanas frutíferas, colhendo frutos em espaços públicos urbanos porque eles têm menos árvores nos quintais do que os residentes em áreas informais mais antigas [71].

Em relação à restauração florestal, um exemplo é o desenvolvido pelo Grupo de Recursos Naturais do Departamento de Parques e Recreação da cidade de Nova Iorque que definiu diretrizes para a restauração de áreas naturais com as teorias e práticas desenvolvidas, implementadas e testadas durante trinta anos. Os desafios enfrentados para estabelecer florestas saudáveis em Nova Iorque são os mesmos encontrados na maioria das grandes metrópoles: um legado de invasão e negligência de áreas naturais, fragmentação e a disseminação desenfreada de espécies de plantas invasoras. A restauração florestal é o caminho para alcançar um ambiente urbano ecologicamente sustentável. A iniciativa de plantio de um milhão de árvores na cidade, a *MillionTreesNYC*, entre os anos de 2007 e 2017, resultou no crescimento dos esforços de restauração florestal. As estratégias empregadas se aplicam a projetos de restauração de áreas naturais urbanas em qualquer local, e muitos dos métodos de seleção e preparação de local, remoção de espécies invasoras e monitoramento são úteis na restauração de áreas alagadas e outros ecossistemas. A floresta urbana nativa ainda existe e pode ser protegida, restaurada e expandida por meio de manejo florestal, e embora elas nunca retornem ao seu estado primitivo, medidas significativas podem ser tomadas para manter a função ecológica e manejá-las para as gerações futuras. Espécies invasoras, ou espécies não nativas que sufocam, expulsam, consomem ou estrangulam

a vegetação existente, são um dos maiores desafios para a estrutura e função das florestas da cidade. A proteção contra os danos causados pela expansão urbana descontrolada e outros usos humanos prejudiciais, o controle de espécies invasoras, o plantio de espécies nativas e a pesquisa contínua e o manejo adaptativo das florestas são essenciais. Entre os benefícios esperados, estão a compensação da mudança climática, a absorção do escoamento de águas pluviais, o fornecimento de sombra e redução do efeito de ilha de calor urbano, a melhoria da qualidade do ar, da biodiversidade e da saúde pública, e a valorização dos imóveis [72].

Outro caso exemplar em relação a políticas, planos, projetos e ações e que tem como princípio a questão da justiça social é o da cidade de Portland no Oregon, EUA. Com o objetivo de melhorar a qualidade do ar, a saúde pública e a habitabilidade da cidade, a gestão vem investindo milhões de dólares a cada ano no plantio de árvores. A distribuição atual das árvores é desigual e, constatada a partir de pesquisas, está diretamente ligada à renda. As comunidades afro-americanas, de baixa renda, de refugiados e imigrantes têm maior necessidade de plantios e cuidados com as árvores. Em conjunto com a Universidade Estadual de Portland, o Departamento de Parques e Recreações desenvolveu um projeto para identificar as barreiras, oportunidades e recomendações para o cultivo de uma floresta urbana mais justa. Alguns dos maiores obstáculos ao plantio de árvores para essas comunidades são os valores culturais e relações com árvores, prioridades concorrentes e recursos limitados, medos e preocupações, custo, perda de poder dos locatários e a necessidade de maior envolvimento do governo. As principais propostas para a superação desse problema são o financiamento do plantio e a manutenção em áreas de baixa renda e baixa cobertura arbórea incluindo o aumento dos programas de plantio que se concentram em propriedades de aluguel, desenvolver ações de divulgação e educação culturalmente específicas para as comunidades de baixa renda [73].

Em relação a ações de monitoramento, destaca-se na Espanha a cidade de Madri que possui, desde 2018, o Serviço de Avaliação e Revisão Verde, *Servicio de Evaluación y Revisión Verde* “SERVER”, encarregado de fiscalizar, detectar e resolver as situações de risco que existam nas árvores de manutenção municipal. As empresas contratadas para a conservação dos espaços verdes de Madri, ao realizar suas tarefas de manutenção e inspeção, detectam possíveis riscos de danos a pessoas ou propriedades. Os dados registados permitem avaliar e analisar o estado do arboreto madrilenho, detectar problemas e aprender padrões de comportamento das diferentes espécies arbóreas da cidade [74].

O patrimônio verde da cidade de Turim na Itália foi projetado e construído ao longo do tempo, segundo uma organização por sistemas tipológicos. Com o tempo, os grandes parques das zonas periféricas foram agregando-se aos jardins históricos da zona central urbana, ligados a eles por largas avenidas arborizadas e, posteriormente, por ciclovias. Da década de 1970 até hoje, a área verde urbana cresceu de 4 para 18,4 milhões de metros quadrados, atingindo um total de 19,05 metros quadrados por habitante. Este significativo aumento, fruto de uma estratégia visionária e de alto valor ecológico, foi norteador por uma série de estudos e análises de planejamento urbano desenvolvidos a partir do final da década de 1970, os quais serviram para a elaboração do Plano Geral de Urbanismo aprovado em 1994. Os principais pilares desta estratégia centraram-se na hipótese da criação do Sistema Verde Azul, do Anel Verde, do sistema de ciclovias, do sistema *Spine*, a partir da década de 1990. Nos últimos anos foi iniciada uma sistematização e classificação por tipologia, a fim de otimizar a sua gestão. A princípio, foi dada atenção aos grandes parques urbanos e suas características físicas, classificando-os em Parques Urbanos,

Parques Fluviais e Parques de Colinas, atribuindo a cada um deles diferentes formas de manutenção e gestão. Posteriormente, com a Deliberação da Câmara Municipal nº 01669/46 de 27 de Março de 2007, foi lançada uma nova definição de tipologias urbanas verdes, visando à racionalização da gestão e permitindo um desenvolvimento harmonioso da cidade, um maior envolvimento dos cidadãos, valorizando além das grandes avenidas arborizadas, também os jardins de interesse local, semelhantes aos grandes parques em termos de formas de gestão, e às menores áreas verdes dos bairros [75].

O *Grupo Ecomunitário de Bogotá*, Colômbia, um grupo de moradores e amigos dos parques El Virrey e El Chicó, motivado pela falta de informações sobre a biodiversidade das áreas verdes urbanas de Bogotá iniciou um projeto comunitário para entender melhor a flora e a fauna locais. Ele buscou por melhores práticas internacionais de gestão, visando incorporar serviços ecossistêmicos ao planejamento urbano e inspirar mais moradores da cidade a descobrir sua biodiversidade urbana local. Desde 2004, esse grupo utiliza a ciência cidadã para coordenar esforços para um melhor conhecimento da biodiversidade de *Gran Chicó*, as percepções sociais e seus estressores. Atualmente colabora com vários cidadãos e especialistas em ecologia, paisagismo, silvicultura urbana, jardinagem e educação para entender melhor a biodiversidade local e promover sua conservação [76].

No México, a Rede de Florestas Urbanas de Guadalajara (*Red de Bosques Urbanos de Guadalajara*) é um projeto cujo objetivo é preservar, proteger e renovar de forma abrangente um conjunto de áreas verdes públicas de livre acesso, localizadas na capital do estado de Jalisco, México, para que elas funcionem como zonas de amortecimento ambiental, estimulando a convivência dos cidadãos e a adoção de estilos de vida saudáveis. Essas áreas verdes oferecem uma ampla gama de atividades educativas, esportivas e culturais para todos os gostos e idades. O Centro de Educação e Cultura Ambiental da Rede Florestal de Guadalajara oferece ao longo do ano uma ampla gama de cursos, oficinas e passeios ambientais, sobre a água, o lixo, os mamíferos, os pássaros, as árvores entre outros temas, para famílias, empresas ou escolas [77].

O projeto do Arboreto Comunitário de Stonehouse, cidade do Centro-Oeste inglês, adota uma abordagem inovadora, focando o estabelecimento das mudas e não só o seu plantio, a qualidade e não a quantidade, em vez de plantios em massa, introduzindo um número de árvores para as quais a cidade tem espaço e pode cuidar e manter adequadamente a longo prazo. Este é um projeto colaborativo de grande impacto educacional que envolverá moradores locais, grupos comunitários, Conselho da Cidade de Stonehouse e escolas locais, devendo contar com apoio especializado da *The Arboricultural Association* inglesa, órgão profissional nacional para o cuidado de árvores. Após o plantio, cada árvore será monitorada com inspeções regulares, irrigação adequada, poda de condução quando necessário, manutenção de tutores e amarrios e cobertura morta (*mulching*). Um elemento-chave do projeto é o estabelecimento de um dia de celebração comunitária para as árvores, com atividades de manutenção e plantio [78].

26.12. Melhores práticas

A organização não governamental *TREE CANADA* hospeda em seu sítio na internet <<https://treecanada.ca/resources/canadian-urban-forest-compendium/>> o Compendio de Melhores Práticas de Manejo para as Florestas Urbanas Canadenses (*Compendium of Best Management*

Practices for Canadian Urban Forests), com o objetivo de disponibilizar na internet um recurso que descreve para os municípios, seus habitantes, funcionários e representantes eleitos alguns dos componentes, padrões técnicos e exemplos de um programa de florestas urbanas municipal. Apresenta uma definição de Florestas Urbanas, uma breve história delas no Canadá, seus benefícios, noções de planejamento de gestão estratégica e operacional, legislação e regulamentos municipais, inventário arbóreo e ciclos de inspeção das árvores, sistemas de informações geográficas e outras geotecnologias, seleção de espécies e plantio, manutenção, poda, plantio em superfícies desfavoráveis, gestão de áreas florestadas e parques urbanos, proteção de árvores durante a construção, conflitos de sistemas radiculares de árvores e fundações de edifícios, estresses abióticos, insetos e doenças, espécies de plantas invasoras, gestão de águas pluviais e florestas urbanas, fogo e a interface urbano-rural, gerenciamento de redes de distribuição de serviços urbanos, qualidade do ar, mudança climática e florestas urbanas, preparação para emergências climáticas, valor econômico e avaliação de árvores, desenvolvimento profissional e outros aspectos sociais [79].

O projeto *Vibrant Cities Lab* é desenvolvido pelo *USDA-FS*, em conjunto com a organização não governamental *American Forests* e a associação nacional dos legislativos regionais, a *National Association of Regional Councils*, combinando as pesquisas mais recentes com as melhores práticas para a implementação de projetos de infraestrutura verde, árvores, vegetação e água, em sua comunidade. Em seu sítio, esse programa hospeda a caixa de ferramentas da silvicultura urbana, a *Urban Forestry Toolkit*, um guia passo a passo do *USDA-FS* para implementação de programas de silvicultura urbana nas cidades. O processo é baseado em seis fases, subdivididas em 17 etapas. A seguir apresentamos as fases e suas respectivas etapas. Avaliar: a cobertura arbórea e realização de inventário das árvores públicas em logradouros. Priorizar: onde plantar e o porquê, procurando garantir uma distribuição equitativa da cobertura arbórea. Organizar: construir um entendimento entre os principais atores, mobilizando-os para a ação. Planejar: melhores práticas no planejamento da silvicultura urbana, promovendo melhor gestão das florestas e áreas verdes em áreas privadas e planejando em nível de paisagem. Construir: uma ação que promove árvores em todas as políticas, iniciando por meio de poucos projetos pequenos, plantando árvores certas nos locais estratégicos. Proteger: considerar os riscos. Manter: monitorar e manter a floresta urbana; conquistando parcerias de longo prazo, financiamentos e avaliação de como seu programa de silvicultura urbana está acontecendo comparado às melhores práticas [80].

Na China, a Seção de Manejo de Áreas Verdes, Paisagem e Árvores, do Escritório de Desenvolvimento de Hong Kong, desenvolveu o “Manual de Manejo de Árvores”, *Handbook on Tree Management* (HTM), que fornece diretrizes e padrões de boas práticas na gestão de árvores. Os principais objetivos do documento são aumentar a conscientização do público sobre a segurança das árvores, promover bons padrões de prática nos trabalhos em arboricultura e melhorar a qualidade dos trabalhos de gestão de árvores em propriedades privadas. Dividido em três partes e vinte e cinco apêndices, a primeira parte do HTM apresenta as disposições legais para os proprietários realizarem o manejo adequado das árvores, a segunda parte apresenta as principais etapas para a gestão do risco das árvores, incluindo o conhecimento do conjunto das árvores, a realização da avaliação de risco das árvores, a mitigação do risco das árvores e a manutenção dos registros de inspeção das árvores, e a terceira e última parte enfatiza a importância do cuidado com as árvores por meio de práticas adequadas de plantio e manutenção regular das árvores [81].

Na França, a cidade de Paris monitora seu patrimônio arbóreo, a reposição de árvores moribundas e a instalação de novos plantios. Os condicionantes específicos do ciclo de vida de uma árvore na cidade exigem um suporte cuidadoso e sua renovação periódica, entre os muitos cuidados presentes no documento destacam-se: na idade adulta, a árvore é podada regularmente para poder coexistir com seu ambiente, desobstruindo semáforos e placas de trânsito, mantendo uma boa distância entre a árvore e as fachadas, levantando galhos baixos para tráfego rodoviário e de pedestres, removendo madeira morta e galhos secos. As árvores plantadas ao longo das ruas raramente ultrapassam os 80 anos [82].

O manejo das árvores parisienses é baseado em um banco de dados, mapeamento e um aplicativo móvel para monitoramento próximo das árvores no campo. O Serviço de Árvores e Madeira da Cidade de Paris monitora e mantém cerca de 200.000 árvores nas ruas ou em parques, jardins, cemitérios, escolas e outras instalações municipais. Essas árvores são inspecionadas anualmente e 20% delas submetidas a um levantamento fitossanitário detalhado. Os dados produzidos pelo aplicativo são manipulados em um aplicativo SIG (Sistema de Informação Geográfica) permitindo a visualização e elaboração de mapas temáticos (mapa de estados fitossanitários, diferentes espécies etc.), facilitando seu uso, análise e disseminação [82].

A cidade de Toronto publicou as Diretrizes Técnicas das Ruas Verdes (*Green Streets Technical Guidelines – GSTG*) para orientar o planejamento, projeto, integração e manutenção de um conjunto de opções de infraestrutura verde (IV), apropriadas para as ruas de Toronto. Com base em uma série de outros planos e políticas da cidade, como o *Toronto Green Standards*, um conjunto de medidas de desempenho para projetos de construção sustentável que identifica as principais pressões ambientais que auxiliaram a categorizar as técnicas de IV do *GSTG* com benefícios diretos para: qualidade do ar, mitigação das mudanças climáticas e eficiência energética, gestão da quantidade e qualidade da água, ecologia e gestão de resíduos sólidos. Esse estudo gerou uma lista de quarenta técnicas de IV que são adequadas às condições geográficas e climáticas locais e trinta e duas técnicas viáveis para implementação nas condições específicas da faixa de domínio dos logradouros da cidade [82].

26.13. Considerações finais

Os exemplos internacionais de políticas públicas, planos, programas, projetos e iniciativas de vários países, estados e cidades na gestão de sua arborização urbana demonstram que as três esferas de governo e diferentes atores da sociedade civil podem desempenhar papel significativo na gestão das florestas urbanas.

Os conceitos de governança, participação da sociedade civil, ciência cidadã e manejo florestal urbano adaptativo cada vez mais são considerados fundamentais para a boa gestão e perenização dos serviços ecossistêmicos fornecidos pela infraestrutura verde das cidades. Fatores como recursos financeiros, tomada de decisão baseada em dados e metas, objetivos e foco na gestão das florestas urbanas são fundamentais para a consecução desses objetivos.

A importância das florestas urbanas para a saúde pública dos habitantes das cidades e dos benefícios por ela gerados na manutenção da resiliência urbana, cada vez se torna mais evidente em uma sociedade que se defronta com as mudanças climáticas em meio a um processo crescente de urbanização.

Os agentes públicos, empresas, instituições de ensino e pesquisa, diversas organizações da sociedade civil e cada um de nós, moradores das cidades, temos o dever e a responsabilidade de garantir um futuro melhor para os habitantes de nossas cidades, atuando em parceria com o objetivo da melhor gestão das florestas urbanas.

26.14. Referências

- [1] Wilson EO. *Biophilia*. Cambridge, MA: Harvard University Press; 196.
- [2] Lawrence HW. Changing forms and persistent values: historical perspectives on the urban forest. In: Bradley GA, editor. *Urban Forest landscapes: integrating multidisciplinary perspectives*. Seattle, WA: University of Washington Press; 1995. p. 17-40.
- [3] Hauer RJ, Miller RW, Werner LP, Van den Bosch CCK. The history of trees in the city. In: Ferrini F, Van den Bosch CCK, Fini A, editors. *Routledge Handbook of Urban Forestry*. London; New York: Routledge; 2019. p. 17-32.
- [4] Grey GW, Deneke FJ. *Urban forestry*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons; 1986.
- [5] Canadian Urban Forest Network. *Canadian Urban Forest Strategy 2019-2024*. Montreal; 2019 [acesso 7 dez. 2020]. Disponível em: <https://treecanada.ca/wp-content/uploads/2018/10/TC-CUFS-2019-2024-Eng-1.pdf>
- [6] Pedreira LOL, Fico BV, Andrade FN. Índices de áreas verdes do município do Rio de Janeiro. Nota Técnica 37. Rio de Janeiro: Instituto Municipal de Urbanismo Pereira Passos; 2017 [acesso 16 dez. 2020]. Disponível em: <https://www.data.rio/datasets/16f6aecd4fef4a24a7b-f81407c22bc28>
- [7] Piccoli L, coordenador. *Plano Diretor de Arborização Urbana de Porto Alegre*. Porto Alegre: Secretaria Municipal do Meio Ambiente; 2007.
- [8] Paiva HN, Gonçalves W. *Florestas urbanas: planejamento para melhoria da qualidade de vida*. Série Arborização Urbana; Coleção Jardinagem e Paisagismo. Viçosa, MG: Aprenda Fácil Editora; 2002.
- [9] Biondi D. *Arborização urbana: aplicada à educação ambiental nas escolas*. Curitiba, PR: Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná (FUPEF); 2008.
- [10] Biondi D. *Floresta urbana*. Curitiba, PR: A autora; 2015.
- [11] Van den Bosch CCK, Rodbell P, Salbitano F, et al. The changing governance of urban forests. *Unasylva*. 2018;69(250):37-42.
- [12] Wirtz Z, Hagerman S, Hauer RJ, Konijnendijk CC. What makes urban forest governance successful? A study among Canadian experts. *Urban For Urban Green*. 2020 [acesso 17 dez. 2020]. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1618866720307184>
- [13] Driscoll AN, Ries PD. *Cultivating a greener collective impact: a guidebook for regional urban forestry collaboration*. Salem, OR; 2015 [acesso 12 dez. 2020]. Disponível em: <https://www.oregon.gov/ODF/Documents/ForestBenefits/RegionalUCFGuidebook.pdf>
- [14] Secretaría de Medio Ambiente de Medellín. *Manual de silvicultura urbana para Medellín: gestión, planeación y manejo de la infraestructura verde*. Medellín, Colômbia: Fondo Editorial Jardín Botánico de Medellín; 2015.
- [15] Secretaría de Medio Ambiente de Medellín. *Sistema de Árbol Urbano (SAU)*. Medellín, Colômbia; 2019 [acesso 20 dez. 2020]. Disponível em: <https://www.medellin.gov.co/sau/>

- [16] Secretaría Distrital de Ambiente. Visor geográfico ambiental. Bogotá, Colômbia; 2022 [acesso 20 mar. 2022]. Disponível em: <https://visorgeo.ambientebogota.gov.co/>
- [17] City of Melbourne. Melbourne's urban forest infographic. Melbourne; 2020 [acesso 9 dez. 2020]. Disponível em: <https://www.melbourne.vic.gov.au/community/greening-the-city/urban-forest/Pages/urban-forest.aspx>
- [18] Danube Transnational Programme – Interreg. URBforDAN participatory approach workshop implementation guidelines. Ljubljana; 2018 [acesso 10 dez. 2020]. Disponível em: http://www.interreg-danube.eu/uploads/media/approved_project_output/0001/38/72d2a1e918d30cf7ee7c5ee810c9bb3896f82702.pdf
- [19] U.S. Forest Service. Urban and community forestry program. Washington, DC; 2020 [acesso 14 dez. 2020]. Disponível em: <https://www.fs.usda.gov/managing-land/urban-forests/ucf>
- [20] American Forests. Tree equity in America's cities. Washington, DC; 2020 [acesso 14 dez. 2020]. Disponível em: <https://www.americanforests.org/our-work/urban-forestry/#goals>
- [21] Institute of Food and Agricultural Sciences. Urban forest hurricane recovery program. Gainesville, FL: University of Florida; 2020 [acesso 14 dez. 2020]. Disponível em: <https://hort.ifas.ufl.edu/treesandhurricanes/>
- [22] Texas A&M Forest Service. Urban and community forestry. College Station, TX: Texas A&M Forest Service; 2020 [acesso 15 dez. 2020]. Disponível em: <https://tfsweb.tamu.edu/abouturbanandcommunityforestry/>
- [23] California Department of Forestry and Fire Protection. Urban forestry program. Sacramento, CA; 2022 [acesso 15 jun. 2022]. Disponível em: <https://www.fire.ca.gov/programs/resource-management/resource-protection-improvement/urban-community-forestry/>
- [24] State of Wisconsin. Urban forests – the forest outside your door. Madison, WI; 2020 [acesso 18 dez. 2020]. Disponível em: <https://dnr.wisconsin.gov/topic/UrbanForests>
- [25] Wisconsin Department of Natural Resources. Urban forestry grants. Madison, WI; 2022 [acesso 17 jun. 2022]. Disponível em: <https://dnr.wisconsin.gov/topic/urbanforests/grants>
- [26] San Francisco. San Francisco biodiversity policy. San Francisco, CA; 2017 [acesso 15 dez. 2020]. Disponível em: <https://sfenvironment.org/policy/resolution-adopting-citywide-biodiversity-goals>
- [27] San Francisco. San Francisco biodiversity program. San Francisco, CA; 2020 [acesso 16 dez. 2020]. Disponível em: <https://sfenvironment.org/article/the-biodiversity-program/biodiversity-program-summary#biodpolicy>
- [28] Nowak DJ, Hoehn RE III, Bodine AR, et al. Assessing urban forest effects and values: Toronto's urban forest. Resource Bulletin NRS-79. Newtown Square, PA: USDA Forest Service, Northern Research Station; 2013.
- [29] U.S. Forest Service. The urban forest of New York City. Newtown Square, PA; 2018 [acesso 14 dez. 2020]. Disponível em: https://www.fs.fed.us/nrs/pubs/rb/rb_nrs117.pdf
- [30] Rogers K, Sacre K, Goodenough J, Doick K. Valuing London's urban forest: results of the London i-Tree Eco project. London: Treeconomics; 2015 [acesso 17 dez. 2020]. Disponível em: https://www.london.gov.uk/sites/default/files/valuing_londons_urban_forest_i-tree_report_final.pdf
- [31] Landry SM, Koeser AK, Northrop RJ, et al. City of Tampa tree canopy and urban forest analysis 2016. Tampa, FL; 2018 [acesso 10 dez. 2020]. Disponível em: https://waterinstitute.usf.edu/upload/documents/TampaUEA2016_FinalReport-lowres.pdf

- [32] Northrop RJ. Advanced assessment and mitigation of urban tree canopy conservation. Gainesville, FL; 2020 [acesso 16 dez. 2020]. Disponível em: <https://blogs.ifas.ufl.edu/hillsboroughco/2020/10/19/advanced-assessment-and-mitigation-for-urban-tree-canopy-conservation/>
- [33] U.S. Forest Service. Urban tree monitoring: a resource guide. Albany, CA; 2020 [acesso 15 dez. 2020]. Disponível em: <https://www.fs.fed.us/research/urban-webinars/tracking-tree-survival-growth-health.php>
- [34] New York City Parks. TreesCount! 2015-2016 street tree census. New York; 2016 [acesso 14 dez. 2020]. Disponível em: <https://www.nycgovparks.org/trees/treescount>
- [35] San Francisco. EveryTreeSF street tree census. San Francisco, CA; 2020 [acesso 16 dez. 2020]. Disponível em: <https://sfplanning.org/project/everytreesf-street-tree-census>
- [36] Jardín Botánico de Bogotá. Sistema de información para la gestión del arbolado urbano. Bogotá; 2020 [acesso 17 dez. 2020]. Disponível em: <http://sigau.jbb.gov.co/SigauJBB/VisorPublico/VisorPublico>
- [37] Kenney WA, van Wassenaeer PJE, Satel AL. Criteria and indicators for strategic urban forest planning and management. *Arboric Urban For.* 2011;37(3):108-17.
- [38] Inland Urban Forest Council. Urban forest management plan toolkit. Riverside, CA; 2016 [acesso 18 dez. 2020]. Disponível em: <https://ufmptoolkit.net/>
- [39] Suárez J, Borelli S. Planificación, diseño y gestión de la silvicultura urbana y periurbana. Seminario virtual Silvicultura Urbana y Periurbana. Sección 1. Santiago, Chile: FAO; 2020.
- [40] Portland. Portland urban forest master plan 2004. Portland, OR; 2004 [acesso 21 dez. 2020]. Disponível em: <https://www.portlandoregon.gov/parks/38306?a=184641>
- [41] Portland. Urban forest action plan 2019 implementation update. Portland, OR; 2020 [acesso 21 dez. 2020]. Disponível em: <https://www.portlandoregon.gov/parks/article/765841>
- [42] Syracuse. Urban forest master plan. Syracuse, NY; 2020 [acesso 21 dez. 2020]. Disponível em: <https://www.syr.gov/Departments/Parks-Recreation/Urban-Forest-Master-Plan>
- [43] Northrop RJ, Beck K, Irving R, et al. City of Tampa urban forest management plan. Tampa, FL; 2013 [acesso 18 dez. 2020]. Disponível em: https://waterinstitute.usf.edu/upload/documents/Tampa_UrbanForestManagementPlan_Nov2013_web.pdf
- [44] Ottawa. Putting down roots for the future – City of Ottawa urban forest management plan 2018-2037. Ottawa: Urban Forest Innovations Inc.; 2017 [acesso 15 dez. 2020]. Disponível em: https://documents.ottawa.ca/sites/documents/files/final_ufmp_en.pdf
- [45] dkins R. Trees: the cool approach to city cooling in Phoenix, Arizona. In: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). *Forests and sustainable cities: inspiring stories from around the world*. Rome: FAO; 2018. p. 9-14.
- [46] Davey Resources Group. Urban forest master plan. Alexandria, VA; 2009 [acesso 16 dez. 2020]. Disponível em: <https://www.alexandriava.gov/uploadedFiles/planning/info/master-plan/MPA200900012.pdf>
- [47] Barcelona. Plan del verde y de la biodiversidad de Barcelona 2020. Parés M, Rivero M, Rull C, coordinadores. Barcelona: Medi Ambient i Serveis Urbans – Hàbitat Urbà, Ajuntament de Barcelona; 2013 [acesso 18 dez. 2020]. Disponível em: https://ajuntament.barcelona.cat/ecologiaurbana/sites/default/files/PlanVerde_2020.pdf
- [48] Barcelona. **Árboles** para vivir: plan director del arbolado de Barcelona 2017-2037. Guitart J, Martí I, Rull C, coordinadores. Barcelona: Área de Ecología Urbana, Ajuntament de Barcelona; 2017 [acesso 18 dez. 2020]. Disponível em: <https://ajuntament.barcelona.cat/ecologiaurbana/sites/default/files/Pla-director-arbrat-barcelona-CAST.pdf>

- [49] Cardona MC, Ramírez N. Normativa asociada a la gestión de la flora y el arbolado urbano. In: Hurtado FM, Estrada CHH, editores. Guía para el manejo del arbolado urbano en el Valle de Aburrá. Medellín; 2015. p. 313-45 [acesso 10 dez. 2020]. Disponível em: <https://www.metropol.gov.co/ambiental/Documents/Zonas%20verdes/Guia%20para%20o%20manejo%20del%20arbolado%20urbano%20en%20el%20Valle%20de%20Aburra%20Nuevo.pdf>
- [50] City of Vancouver, Vancouver Park Board. Urban forest strategy: 2018 update. Vancouver, Canadá; 2018 [acesso 11 dez. 2020]. Disponível em: <https://vancouver.ca/files/cov/urban-forest-strategy.pdf>
- [51] City of Melbourne. Urban forest strategy: making a great city greener 2012-2032. Melbourne, Austrália; 2012 [acesso 12 dez. 2020]. Disponível em: <https://www.melbourne.vic.gov.au/community/greening-the-city/urban-forest/Pages/urban-forest.aspx>
- [52] Victoria Park. Urban forest strategy. Victoria Park, Austrália; 2019 [acesso 17 dez. 2020]. Disponível em: <https://www.victoriapark.wa.gov.au/about/strategic-direction/strategic-programs/urban-forest-strategy>
- [53] State of California. California Urban Forestry Act of 1978. Sacramento, CA; 1978 [acesso 16 dez. 2020]. Disponível em: https://leginfo.ca.gov/faces/codes_displayText.xhtml?lawCode=PRC&division=4.&title=&part=2.5.&chapter=2.&article
- [54] State of California. Assembly bill n. 1530. Sacramento, CA; 2017 [acesso 16 dez. 2020]. Disponível em: https://leginfo.ca.gov/faces/billTextClient.xhtml?bill_id=201720180AB1530
- [55] State of New Jersey. New Jersey Shade Tree and Community Forestry Assistance Act. Trenton, NJ; 1996 [acesso 15 dez. 2020]. Disponível em: <https://www.nj.gov/dep/parksandforests/forest/docs/cf-assistance-act.pdf>
- [56] Government of South Australia. Protecting regulated and significant trees. Adelaide; 2011 [acesso 10 dez. 2020]. Disponível em: https://www.sa.gov.au/__data/assets/pdf_file/0003/17571/Protecting_Reg_and_Sig_Trees_Comm_Info.pdf
- [57] Halifax Regional Municipality. By-law number T-600. Halifax, Canadá; 2012 [acesso 11 dez. 2020]. Disponível em: <https://www.halifax.ca/sites/default/files/documents/transportation/streets-sidewalks/By-LawT-600.pdf>
- [58] Singapore. Parks and trees act. Singapura; 2020 [acesso 16 dez. 2020]. Disponível em: <https://sso.agc.gov.sg/Act/PTA2005>
- [59] Red Nacional Pro Ley de Arbolado Urbano. Propuesta ciudadana de organizaciones ambientales para la formulación de una ley de arbolado urbano para Chile. La Serena, Chile; 2018 [acesso 11 dez. 2020]. Disponível em: <http://leydearboladourbano.com/docs/guias/lineamiento-red.pdf>
- [60] New York City Parks. MillionTreesNYC. New York; 2020 [acesso 11 dez. 2020]. Disponível em: <https://www.nycgovparks.org/trees/milliontreesnyc>
- [61] Ottawa. UFMP management period 1 – projects currently underway. Ottawa; 2020 [acesso 15 dez. 2020]. Disponível em: <https://ottawa.ca/en/living-ottawa/environment-conservation-and-climate/trees-and-urban-forests/ottawas-urban-forest-management-plan>
- [62] Aspect Studios, Tree Logic. Urban forest diversity guidelines: tree species selection strategy for the city of Melbourne. Melbourne, Austrália; 2011 [acesso 12 dez. 2020]. Disponível em: <https://myga-prod-files.s3.ap-southeast-4.amazonaws.com/public/2024-07/urban-forest-diversity-guidelines.pdf>
- [63] City of Vancouver. Greenest city action plan. Vancouver, Canadá; 2020 [acesso 10 dez. 2020]. Disponível em: <https://vancouver.ca/green-vancouver/greenest-city-action-plan.aspx>

- [64] Sutabutr O, Soipetch C. People power is bringing green and blue back to Bangkok. In: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Forests and sustainable cities: inspiring stories from around the world. Rome: FAO; 2018. p. 41-6.
- [65] Božić ZS, Verlic A, Kobe J, et al. Ljubljana: the “beloved” green capital. In: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Forests and sustainable cities: inspiring stories from around the world. Rome: FAO; 2018. p. 41-6 [acesso 15 dez. 2020]. Disponível em: <http://www.fao.org/urban-food-actions/resources/resources-detail/en/c/1315218/>
- [66] Singapore. Complementing recreation with green and blue options. Singapura; 2020 [acesso 21 dez. 2020]. Disponível em: <https://www.ura.gov.sg/Corporate/Planning/Master-Plan/Master-Plan-2019/Themes/Liveable-and-Inclusive-Communities/More-Greenery-Play-Spaces>
- [67] Castro J, Ostoić SK, Cariñanos P, Fini A, Sitzia T. “Edible” urban forests as part of inclusive, sustainable cities. *Unasylva*. 2018;69(250):59-64 [acesso 15 dez. 2020]. Disponível em: <http://www.fao.org/urban-food-actions/resources/resources-detail/en/c/1315218/>
- [68] McCracken D, Boon R, Glen H, et al. The Durban forest. Durban, África do Sul: Durban Botanic Gardens Trust; 2015.
- [69] McLain R, Poe M, Hurley PT, et al. Producing edible landscapes in Seattle’s urban forest. *Urban For Urban Green*. 2012;11(2):187-94 [acesso 15 dez. 2020]. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1618866711001002>
- [70] Kaoma H, Shackleton CM. Collection of urban tree products by households in poorer residential areas of three South African towns. *Urban For Urban Green*. 2014;13(2):244-52 [acesso 15 dez. 2020]. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1618866714000247>
- [71] New York City Parks. Guidelines for urban forest restoration. New York: Vanguard Direct; 2014 [acesso 10 dez. 2020]. Disponível em: <https://www.nycgovparks.org/pagefiles/84/guidelines-to-urban-forest-restoration.pdf>
- [72] Portland Parks & Recreation. Growing a more equitable urban forest: Portland’s citywide tree planting. Portland, OR; 2018 [acesso 22 dez. 2020]. Disponível em: <https://www.portland.gov/trees/tree-planting/growing-more-equitable-urban-forest>
- [73] Madrid. Servicio de Evaluación y Revisión Verde (SERVER). Madrid, Espanha: Parques y Jardines; 2020 [acesso 16 dez. 2020]. Disponível em: [https://www.madrid.es/portales/muni-madrid/es/Inicio/Medio-ambiente/Parques-y-jardines/SERVER-el-servicio-de-inspeccion-evaluacion-y-actuacion-en-el-arbolado-de-riesgo-de-Madrid/?vgnnextfmt=default&vgnnextoid=4a9013f26f552710VgnVCM1000001d4a900aRCRD&vgnnextchannel=2ba279ed268fe410VgnVCM1000000b205a0aRCRD](https://www.madrid.es/portales/muni-madrid/es/Inicio/Medio-ambiente/Parques-y-jardines/SERVER-el-servicio-de-inspeccion-evaluacion-y-actuacion-en-el-arbolado-de-riesgo-de-Madrid/?vgnnextfmt=default&vgnextoid=4a9013f26f552710VgnVCM1000001d4a900aRCRD&vgnnextchannel=2ba279ed268fe410VgnVCM1000000b205a0aRCRD)
- [74] Torino. Verde pubblico. Turim, Itália: Città di Torino; 2020 [acesso 18 dez. 2020]. Disponível em: <http://www.comune.torino.it/verdepubblico/index.shtml>
- [75] Grupo Ecomunitario. Bogotá; 2020 [acesso 12 dez. 2020]. Disponível em: <https://www.grupoecomunitario.org/>
- [76] Red de Bosques Urbanos de Guadalajara. Guadalajara, México; 2020 [acesso 14 dez. 2020]. Disponível em: <https://www.c40.org/es/case-studies/guadalajara-urban-forests/>
- [77] Parker J. Stonehouse Community Arboretum: project summary. Destinatário: Luiz Octavio de Lima Pedreira. Stonehouse, Inglaterra; 8 nov. 2020. 1 mensagem eletrônica.

- [78] Bardekjian AC. Compendium of best urban forest management practices. 2nd ed. Ottawa, Canadá: Tree Canada; 2018 [acesso 12 dez. 2020]. Disponível em: <https://treecanada.ca/resources/canadian-urban-forest-compendium/>
- [79] Vibrant Cities Lab. Urban forestry toolkit. Washington, DC; 2021 [acesso 14 mar. 2021]. Disponível em: <https://www.vibrantcitieslab.com/toolkit/>
- [80] Hong Kong. Handbook on tree management. Hong Kong: Greening, Landscape and Tree Management Section, Development Bureau; 2016 [acesso 15 dez. 2020]. Disponível em: https://www.greening.gov.hk/en/tree_care/Handbook_on_Tree_Management.html
- [81] Paris. L'arbre à Paris. Paris; 2020 [acesso 15 dez. 2020]. Disponível em: www.paris.fr/arbres
- [82] Toronto. Toronto green streets technical guidelines. Boudreau S, Cheung P, coordenadores. Toronto, Canadá; 2017 [acesso 17 dez. 2020]. Disponível em: https://www.toronto.ca/ext/digital_comm/pdfs/transportation-services/green-streets-technical-guidelines-document-v2-17-11-08.pdf

LISTA DOS AUTORES

(em ordem alfabética)

Alana Carine Sobrinho Soares da Costa	Glenda Kely de Araújo Santana
Amanda Vilhena Bezerra Kurisaka	Jackson Fernando Rêgo Matos
Ana Luísa Teixeira de Campos	James Rodrigues de Souza
Anderson Sandro da Rocha	Jennifer Viezzer
Andressa J. Viana de Souza	José Julio de Toledo
Benedito Alísio da Silva Pereira	Juliana Mendes de Oliveira
Breno Marques da Silva e Silva	Juliane Porto Cruz de Medeiros
Cândida Helena Lopes Alves	Juliane Regina Becker
Carlos Alberto Cid Ferreira (in memoriam)	Leonardo Lincoln de Oliveira Rosa
Carlos Maurício da Fonseca Guerra	Lorena Antunes Jimenez
Clodoaldo Marques da Costa	Luciana Bongiovanni Martins Schenk
Cristina Aledi Felsemburgh	Lucia Helena Ferreira Moura
Daniel do Amaral Gomes	Luiz Octavio de Lima Pedreira
Darlisson Bentes dos Santos	Marcelo Gordo
David J. Nowak	Márcia da Costa Rodrigues de Camargo
Denise Castro Lustosa	Marcos Silveira
Eduardo Ribeiro dos Santos	Mariana Barbosa Vilar
Élcio Meira da Fonseca Júnior	Maria Cristina de Campos Paiva
Eliane Guaraldo	Marta Enokibara
Eliza Maria da Costa Brito Lacerda	Nelson A. Rosa (in memoriam)
Elizabeth Santos Cordeiro Shimizu	Noemi Vianna Martins Leão
Espólio de Ary Vieira de Paiva	Patrick de Castro Cantuária
Everaldo Marques de Lima Neto	Quezia Leandro de Moura
Everton Cristo de Almeida	Rafael de Paiva Salomão
Felippe Benavente Canteras	Raíi Moraes Sampaio de Paiva
Fernando da Costa Brito Lacerda	Raimundo Cosme de Oliveira Junior
Flavio Ricardo Costa Nascimento	Ricardo Flores Haidar
Franciane Aguiar Santana Matos	Ricardo Franco Trudes de Mattos
Francisco Pinheiro da Silva	Rommel Noce
Frederico Augusto Guimarães Guilherme	Ronaldo Oliveira dos Santos
Givago da Silva Souza	Rubiene Neto Soares

Sabina Cerruto Ribeiro
Salustiano Vilar da Costa Neto
Sérgio Brazolin
Sérgio Heitor Sousa Felipe
Sérgio Henrique Borges
Siglea Sanna Noirtin Freitas Chaves
Sílvia Fernanda Mardegan
Simone Andréa Pozza
Susi Pacheco
Tâmara Thaiz Santana Lima

Tania Cristina Castroviejo
Thalison Bruno Campos Correa
Thiago Allain Martins Siqueira Mouta
Thiago Almeida Vieira
Vanessa Gomes de Sousa
Vitor Eduardo Molina Junior
Vitória Regina Souza de Abreu e Silva
Yêda Maria Boaventura Corrêa Arruda
Ygor Lafaeth Vieira Nunes

GLOSSÁRIO

- Aerossol** – Suspensão de partículas sólidas ou líquidas muito pequenas dispersas em um gás, geralmente no ar. Pode ter origem natural (poeira, maresia, pólen) ou antrópica (queima de combustíveis, industriais).
- Agenda 2030** – Plano global da Organização das Nações Unidas (ONU) composto por 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que orientam políticas e ações voltadas ao desenvolvimento social, econômico e ambiental até 2030.
- Albedo** – Proporção da luz solar refletida por uma superfície, em relação à luz incidente. Superfícies claras têm albedo elevado; escuras, albedo baixo.
- Amazônia Legal** – Delimitação político-administrativa brasileira que abrange nove estados da região Norte e partes do Centro-Oeste e Nordeste, criada para planejamento econômico, ambiental e territorial. É composta por Acre, Amapá, Amazonas, norte do Mato Grosso, Pará, Rondônia, Roraima, Tocantins e parte do Maranhão.
- Arborização urbana e periurbana (AUP)** – É definida como a prática de gerenciar desde árvores isoladas até fragmentos florestais urbanos, de modo a garantir a integridade ecológica da vegetação e o bem-estar social, econômico e ambiental nas cidades. A prática da AUP é, indubitavelmente, interdisciplinar, pois envolve, em última instância, aspectos ecológicos e urbanísticos em seu manejo. Além disso, a AUP incorpora uma abordagem sistêmica, participativa e estratégica para solucionar problemas socioambientais e promover ambientes saudáveis. Planejamento, gestão, participação popular e monitoramento são elementos centrais das boas práticas de arborização urbana e periurbana, tanto em megalópoles quanto em pequenos vilarejos.
- Barroco** – Movimento artístico e cultural dos séculos XVII e XVIII, marcado pelo detalhamento, dramatização e forte expressão religiosa.
- Bioeconomia** – Modelo econômico baseado no uso sustentável de recursos biológicos renováveis para produção de alimentos, energia, materiais e serviços, agregando tecnologia e conservação ambiental.
- Cadeia trófica** – Sequência de transferência de energia e matéria entre organismos, desde produtores (plantas) até consumidores e decompositores.
- Calda bordalesa** – Fungicida tradicional composto de sulfato de cobre e cal hidratada, usado no controle de doenças fúngicas em plantas.

- Campinarana (geografia)** – Formação vegetal amazônica encontrada em solos arenosos, pobres e bem drenados, caracterizada por vegetação baixa, arbustos e árvores de pequeno porte.
- Coevolução (ecologia)** – Processo pelo qual duas ou mais espécies influenciam reciprocamente sua evolução, como plantas e polinizadores.
- Commodity, commodities** – Produto primário padronizado e comercializado em grande escala no mercado internacional, como soja, petróleo, minério e café.
- Condicionador de solo** – Substância aplicada ao solo para melhorar propriedades físicas, químicas ou biológicas, como retenção de água, estrutura e fertilidade.
- Cultura clássica** – Conjunto de produções intelectuais, filosóficas e artísticas da Grécia e Roma antigas, que serviram de base para o pensamento ocidental.
- Déficit nutricional** – Condição em que um organismo recebe nutrientes em quantidade inferior à necessária para seu pleno desenvolvimento.
- Depressão (geomorfologia)** – Área do relevo mais baixa que as regiões ao redor, podendo ser natural (bacia, vale) ou formada por processos erosivos e tectônicos.
- Desbrota** – Remoção de brotos excedentes em plantas para direcionar energia ao crescimento desejado, aumentar a produtividade ou facilitar manejo.
- Diversidade genética** – Variedade de genes dentro de uma espécie, essencial para adaptação, resistência a doenças e manutenção de populações saudáveis.
- Ervas daninhas** – Plantas que crescem espontaneamente e competem com plantas cultivadas por luz, nutrientes e água, reduzindo a produtividade.
- Evapotranspiração** – Perda conjunta de água para a atmosfera pela evaporação do solo e pela transpiração das plantas.
- Folíolo (botânica)** – Cada uma das pequenas lâminas que compõem uma folha composta.
- Fumagina** – Ferrugem preta formada por fungos que crescem sobre a camada açucarada deixada por insetos sugadores; reduz a fotossíntese.
- Galha (entomologia)** – Deformação ou crescimento anormal de tecidos vegetais induzido pela ação de insetos, fungos, bactérias ou ácaros.
- Gema floral (botânica)** – Broto que se diferencia para produzir uma flor, contendo órgãos reprodutivos em desenvolvimento.
- Germinação** – Processo pelo qual a semente retoma atividade metabólica, rompe o tegumento e forma uma nova plântula.
- Goma (botânica)** – Substância viscosa exsudada por plantas, especialmente quando feridas; Algumas são usadas industrialmente como espessante e adesivo.
- Grupos ecológicos (ecologia)** – Categorias de espécies que apresentam comportamentos semelhantes em relação a habitat, sucessão ecológica, tolerância ambiental ou estratégia de vida (ex.: pioneiras, secundárias, clímax, oportunistas).
- Idade Média** – Período histórico europeu entre os séculos V e XV, marcado pelo feudalismo, influência da Igreja e formações dos reinos modernos.
- Idade Moderna** – Período histórico do século XV ao XVIII, caracterizado pelo Renascimento, grandes navegações, expansão comercial e fortalecimento dos Estados nacionais.
- Igarapé** – Curso de água estreito na Amazônia, geralmente temporário ou de pequeno porte, que atravessa a floresta e deságua em rios maiores.
- Ilha de calor** – Fenômeno urbano em que a temperatura do centro das cidades é maior que a das áreas ao redor, devido à impermeabilização do solo, concreto, tráfego e baixa arborização.

- Inflorescência** – Conjunto organizado de flores em um mesmo eixo ou galho, com padrão específico de arranjo.
- Inseto sugador (entomologia)** – Inseto que se alimenta sugando seiva de plantas ou fluidos de animais, como pulgões e percevejos.
- Inverno amazônico** – Período mais chuvoso da Amazônia, geralmente entre dezembro e maio, caracterizado por alta pluviosidade e menor insolação.
- Limbo foliar (botânica)** – Parte expandida da folha, responsável pela captação de luz e realização da fotossíntese; também chamada de lâmina foliar.
- Mangue** – Ecossistema costeiro de transição entre ambientes marinhos e terrestres, dominado por árvores adaptadas à salinidade e à variação de marés.
- Metafísica** – Ramo da filosofia que investiga a natureza fundamental da realidade, do ser, do tempo e da existência, além do que é observável fisicamente.
- Meteorologia, condições meteorológicas** – Ciência que estuda a atmosfera e os fenômenos climáticos. Condições meteorológicas referem-se ao estado momentâneo da atmosfera (temperatura, vento, chuva, umidade).
- Método de Delphi (pesquisa)** – Técnica de investigação prospectiva baseada em consultas sucessivas a especialistas, buscando consenso por meio de rodadas de questionários anônimos.
- Mulch (agricultura)** – Cobertura morta aplicada ao solo (palha, serragem, folhas, cascas) para reduzir evaporação, regular temperatura, diminuir plantas daninhas e conservar nutrientes.
- Novo Mundo** – Termo histórico empregado pelos europeus para designar as Américas após os descobrimentos do século XV.
- Ocupação desordenada (urbanização)** – Processo de expansão urbana sem planejamento, frequentemente associado a falta de infraestrutura, riscos ambientais e degradação do espaço urbano.
- Panicula (botânica)** – Inflorescência ramificada em que os pedicelos se desdobram em vários eixos menores, como em cumaru e garapeira.
- Parasitoide (entomologia)** – Inseto que se desenvolve às custas de outro organismo, levando-o à morte ao final do ciclo; comum em vespas e moscas usadas no controle biológico de pragas.
- Patógeno** – Organismo capaz de causar doenças em plantas, animais ou humanos; pode ser fungo, bactéria, vírus ou nematoide.
- Planalto** – Forma de relevo caracterizada por áreas altas e relativamente planas, onde a erosão predomina sobre a deposição de sedimentos.
- Platô (geomorfologia)** – Tipo específico de planalto com topos amplos e superfícies muito planas, geralmente de origem sedimentar.
- Polietileno, polipropileno** – Polímeros plásticos derivados do petróleo, amplamente usados em embalagens, utensílios e aplicações industriais pela leveza e resistência.
- Polinização, polinizador** – Polinização é o transporte de grãos de pólen até o estigma da flor, permitindo formação de sementes e frutos. Polinizador é o agente que realiza esse transporte, como abelhas, mariposas, aves ou vento.
- Projeto Radam (RADAMBRASIL)** – Levantamento aeroespacial e terrestre realizado no Brasil (1970–1985) para mapear solo, vegetação, geologia e recursos naturais, referência nacional em cartografia.
- Pseudofruto (botânica)** – Estrutura semelhante a um fruto, mas formada por partes florais que não são o ovário, como caju (pedúnculo) e figos (receptáculo).

Quaternário – Período geológico que compreende 2,6 milhões de anos atrás até o presente, marcado por glaciações e a evolução da espécie humana; inclui Pleistoceno e Holoceno.

Raios ultravioleta – Radiação eletromagnética de comprimento de onda menor que a luz visível; pode causar danos celulares, mutações e queimaduras.

Renascimento – Movimento cultural entre os séculos XIV e XVI que retomou valores da Antiguidade clássica e impulsionou avanços nas artes, ciência e filosofia.

Revolução Industrial – Transformação econômica e tecnológica iniciada no século XVIII, marcada pela mecanização, uso de combustíveis fósseis e surgimento das fábricas.

Síndrome de polinização e dispersão de sementes – Conjunto de características morfológicas e ecológicas das plantas que indicam os agentes responsáveis por polinizar flores ou dispersar sementes (ex.: aves, vento, mamíferos).

Sistema agroflorestal – Modelo produtivo que integra cultivo agrícola e espécies arbóreas, gerando benefícios econômicos e ecológicos, como sombra, ciclagem de nutrientes e conservação do solo.

Software – Conjunto de instruções e programas que orientam o funcionamento de sistemas computacionais. Pode incluir sistemas operacionais, aplicativos, programas embarcados e bancos de dados.

Substrato – Material onde plantas ou microrganismos se desenvolvem, podendo ser solo, casca, fibra de coco ou misturas de materiais, muito usados no cultivo de plantas em viveiros.

Troposfera, troposférico – Camada mais baixa da atmosfera, onde ocorrem fenômenos climáticos e se concentra a maior parte do vapor d'água e dos aerossóis. Vai da superfície até cerca de 12 km de altitude.

Wetland – Ecossistema úmido, natural ou artificial, que permanece inundado total ou parcialmente e abriga alta biodiversidade; inclui pântanos, brejos e áreas alagáveis.

ÍNDICE REMISSIVO

- Abelha** 32, 151, 162, 185, 188, 197, 199, 201, 204, 246, 258
- Agricultura** 7, 26, 16, 25, 56, 73, 89, 103, 105, 127, 157, 160, 188, 248, 379, 451, 471, 492–493, 496, 502–503, 510, 513
- Amazônia Legal** 23, 269, 271, 278, 316–281, 283, 323, 382, 472
- Aquecimento global** 211, 245, 298, 480
- Arco do desmatamento** 417
- Arquitetura** 2, 13–14, 50, 59, 61, 107, 114, 121, 142–143, 256, 395, 420, 478, 483
- Aterro** 9, 66, 172
- Atropelamento** 184, 187, 189
- Bifurcação** 30, 43, 110, 116, 396
- Bioeconomia** 246, 253–254, 259, 279, 475–476, 486
- Calda bordalesa** 85
- Canal** 10, 65
- Capitalismo** 6
- Ciclagem de nutrientes** 125, 149, 154, 171, 490
- Ciclo da borracha** 379
- Cidade planejada** 136, 461
- Colheita** 18, 36–37, 39, 42–43, 103
- Companhia energética** 150
- Conforto térmico** 48, 61, 63, 106, 145, 152, 159, 172, 175, 213, 234, 237, 246, 251, 255, 335, 337, 339, 367–368, 370, 382, 386, 415
- Cultura clássica** 2
- Câncer** 223, 234
- Degradação florestal** 233, 279
- Desbrota** 71
- Dispersão de sementes** 156, 162, 185–186, 190, 197, 201
- Doenças cardiovasculares** 231, 234, 237
- Doenças infecciosas** 233–234
- Doenças respiratórias** 159–160, 176, 207, 223, 227
- Energia nuclear** 7, 161
- Ervas daninhas** 41, 54, 69
- Estoque de carbono** 21, 145, 147–148, 153, 160, 169, 446, 448
- Estética** 9, 1, 8, 12, 19, 83, 122, 132, 140, 154, 189, 261, 282, 286, 326, 337, 394, 397–398, 411, 466–468, 470
- Eventos climáticos extremos** 106, 122, 459, 490
- Fachada** 48, 51, 471, 520
- Fiação elétrica** 48, 142, 168, 170, 189, 249, 326
- Floresta urbana** 18, 29–30, 16, 54–58, 107, 127, 378, 408, 461, 498–499, 503–512, 514–517, 519, 521
- Fronteira agropecuária** 417
- Frota veicular** 212–213
- Fármaco** 231–232
- Geoprocessamento** 215, 420
- Gradil** 51, 71
- Hidrelétrica** 38, 161, 278, 392, 461
- Indicador ambiental** 166, 167, 174

Infraestrutura verde 2, 1, 5, 153, 164, 225, 227, 229, 235, 386, 479–480, 488, 494, 507, 514, 516, 519–520

Inseticida 84, 91, 95, 99, 103, 109, 258

Inventário 18, 27, 29, 16, 20–21, 28, 46–47, 49, 52–54, 56, 58–60, 73, 136, 150, 152, 161, 168–170, 176, 181, 226, 262, 283, 285, 299, 337, 340, 375, 379, 382, 384, 410–412, 420, 454, 464, 487, 499, 502–505, 507, 519

Inverno amazônico 65, 80, 258

Invertebrados 184–185

Jardim de chuva 34, 481, 515

Lago 5, 165, 245, 256, 283, 347, 349, 351–352, 367, 461–462, 476

Lixo 8, 54, 68, 94, 97–98, 124, 156, 172, 210, 245, 249, 324, 465, 485, 492, 494, 518, 520

Manilha 66

Metabolismo 139, 237

Miopia 22, 231, 238–240

Morcego 162, 178–179, 185–186, 188, 191, 194–195, 197–198, 200, 444

Organização Não Governamental 265, 502, 509, 511, 513, 518–519

Parque municipal 257, 325

Pavimentação 4, 50, 67, 142, 144, 257, 470, 479

Pesca 56, 157, 232

Produtos madeireiros 157

Qualidade do ar 13, 22, 32, 35, 15, 48, 131, 153, 158–159, 168, 172, 177, 206–215, 219, 221, 223–225, 227–228, 232, 236, 471, 517, 519–520

Queimadas 22, 84, 176, 206–207, 209–212, 223, 225, 227–228, 247, 249, 446, 462, 472

Quintal 6

Recursos hídricos 2, 11–12, 154, 157, 182, 226, 417, 466–467, 485

Rede aérea 251

Restauração florestal 266, 388, 516

Resíduo 8, 54, 94, 97–98, 156, 172, 210, 485, 492, 494, 520

Ribeirinho 254

Rotatória 26, 462, 464, 468–469

Saberes locais 155, 247, 267, 281

Satélite 16, 46, 52–53, 169, 206, 210–211, 215, 224, 299, 381, 504

Saúde 13, 17, 22, 32, 3, 5, 8, 15, 17–18, 20, 24–25, 33, 51, 100, 109, 116, 119, 122–123, 125, 174, 153–154, 158–161, 163–164, 178–179, 190, 207–214, 223, 225–227, 231–238, 240–241, 245–246, 253, 261–262, 265, 298, 322–324, 337, 378, 382, 398, 414, 459, 466, 471–472, 490, 500, 504, 508, 510–511, 513–514, 517, 520

Saúde mental 163, 190, 234, 261

Segurança pública 51, 53, 122

Sementeira 18, 43

Sequestro de carbono 15, 20, 174, 140, 143, 146–147, 150, 152–153, 161, 171, 219, 266

Seringueiros 298

Silvicultura 62, 131, 278, 301–302, 321, 382, 385–386, 500, 502, 512, 515–516, 518–519, 521, 523

Sistema agroflorestal 532

Sombra 32, 1, 8–10, 15, 40–42, 89, 94, 96, 98–100, 132, 140, 144–145, 149, 159, 163, 214, 249, 258–259, 297, 318, 335, 337, 341, 345–346, 349, 360, 362, 365, 368, 370, 375, 386–388, 396–397, 415–416, 462, 469, 487, 509, 512, 51

Telhado verde 213, 214, 225

Transamazônica (rodovia) 247, 475

Tumor 82

Turismo 13, 154, 165, 190, 256–257, 476, 484, 490

Tutoramento 19, 30, 70–71

Universidade 2, 7, 10, 12–14, 44–45, 47, 56, 60–61, 72–73, 101–105, 121, 127, 137, 151, 176–177, 181–183, 203–206, 210, 225, 227–228, 249–250, 252–253, 255, 257, 262, 268, 286, 301, 323, 325, 375, 389–390, 392, 412–413, 460, 473, 484–487, 503–504, 508, 514, 517

Vandalismo 46, 51, 63–65, 70, 72, 396, 484

Vertebrados 185

Áreas de conservação 278, 513

Ônibus 11, 123, 161, 471



CIDADES VERDES RESILIENTES