



## ***Documento técnico***

# Indicadores da Vegetação para Monitoramento e Avaliação da Recuperação Ambiental



## Apresentação

Este documento tem como objetivo subsidiar o processo de definição de indicadores de vegetação, métodos de amostragem e valores de referência para avaliação, em campo, da recuperação ambiental pelos órgãos ambientais federais Ibama e ICMBio. A versão preliminar ora apresentada será aprimorada durante a Oficina Técnica “Indicadores da Vegetação para Monitoramento e Avaliação da Recuperação Ambiental”, que ocorrerá entre os dias 25 e 29 de novembro de 2024. Após a Oficina, será consolidado um documento técnico final para orientar a definição desses indicadores e respectivos métodos de amostragem e valores de referência no âmbito do Ibama e ICMBio.

## Como ler este documento

O documento é uma revisão da literatura técnica publicada sobre protocolos de monitoramento da vegetação nativa no contexto de recuperação de áreas degradadas. Esse documento está organizado em seções por **biomas** brasileiros. Em cada seção, são apresentados os protocolos consultados, os indicadores relevantes e os valores de referência por **formação vegetal**. Quando pertinente, propõe-se a inclusão de novos indicadores que não constam nos protocolos atuais publicados. Essas recomendações baseiam-se em discussões técnicas e consultas prévias com pesquisadores, executores e fiscais de projetos de restauração de cada bioma. Além da revisão bibliográfica, foram realizadas entrevistas abertas com profissionais de restauração, cujas percepções e principais desafios foram compilados na seção ‘Desafios e Perspectivas na Visão dos Executores de Monitoramento’ dentro de cada bioma. Dado o grande volume de informação compilada, sugere-se que cada participante

da Oficina Técnica direcione sua leitura para a seção correspondente ao bioma de sua especialidade ou interesse.

**IMPORTANTE:** Os indicadores listados nesse documento são exclusivamente indicadores ligados à vegetação e aferidos em campo. Esses indicadores passaram por um filtro prévio de viabilidade dos 133 listados nos 35 protocolos consultados.

## Sumário

Contextualização.....	4
Visão Geral.....	6
Amazônia.....	8
Indicadores da vegetação para avaliação e monitoramento.....	10
Formação Florestal e seus Indicadores Quantitativos.....	11
Fisionomias não florestais no Bioma Amazônia.....	15
Desafios e perspectivas na visão de executores do monitoramento.....	16
Cerrado.....	18
Indicadores da vegetação para avaliação e monitoramento.....	21
Formação Florestal e seus Indicadores Quantitativos.....	22
Formação Savânicas e seus Indicadores Quantitativos.....	25
Formação Campestre e seus Indicadores Quantitativos.....	29
Caatinga.....	35
Indicadores da vegetação para avaliação e monitoramento.....	36
Indicadores Qualitativos Pertinentes à Todas Formações vegetais.....	37
Formação Florestais e seus Indicadores Quantitativos.....	37
Desafios E Perspectivas Na Visão De Executores Do Monitoramento .....	39
Pantanal.....	40
Formação Florestal e seus Indicadores Quantitativos.....	45
Formação Não Florestal e seus Indicadores Quantitativos.....	48
Desafios e Perspectivas Na Visão De Executores Do Monitoramento .....	50
Unidade de Conservação, concessão florestal e situações específicas de restauração.....	52
Unidade de Conservação .....	53
Concessão Florestal .....	54

CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	57
----------------------------	----

## Contextualização

Nos projetos de recuperação da vegetação nativa no Brasil é essencial considerar os parâmetros de quitação. Para isso, a definição de indicadores e critérios é crucial para avaliar e monitorar o sucesso desses projetos. Em nível federal, os órgãos responsáveis pela avaliação final do resultado das ações de recuperação deverão estabelecer critérios que indiquem com clareza o momento em que a recuperação da vegetação nativa é considerada bem-sucedida. Em nível estadual, percebeu-se que esses critérios têm sido definidos por meio de resoluções acompanhadas de protocolos de monitoramento para aplicação dos métodos e aferição de indicadores desejados.

A definição de indicadores que caracterizam o sucesso ou o insucesso de qualquer projeto de recomposição é um pilar fundamental das regulamentações estaduais e do Distrito Federal, as quais visam orientar e monitorar os processos de recomposição de vegetação nativa. Esses critérios claros fortalecem a segurança jurídica relacionada à aprovação, implementação, acompanhamento e monitoramento dos projetos pelos órgãos ambientais.

Os indicadores ecológicos permitem aferir o desenvolvimento e o sucesso dos projetos, independentemente do método de recomposição utilizado e das ações previstas no projeto técnico. Embora possam ser divididos em vários eixos, como indicadores sociais e indicadores ecológicos de solo, neste documento e para a nossa Oficina Técnica, focamos em indicadores ecológicos de vegetação, que possam ser coletados em campo e tragam resultados sobre a estrutura e diversidade da vegetação nativa em processo de recuperação/recuperada.

No geral, um indicador ecológico é um atributo descritivo, quantitativo e/ou qualitativo que, medido periodicamente, é utilizado para descrever ou avaliar a condição de um ecossistema. Nem todos os indicadores ecológicos são pertinentes para a avaliação da recomposição da vegetação nativa. Bons indicadores para a avaliação do sucesso da recomposição da vegetação nativa devem ser:

- **Simple e fáceis de mensurar, utilizando métodos e tecnologias acessíveis e de baixo custo;**
- **Capazes de oferecer informações sobre o processo de recomposição da vegetação independentemente do método de restauração utilizado.**
- **Sensíveis e capazes de responder de forma previsível aos fatores que influenciam o processo de recomposição da vegetação (como, por exemplo, fatores de degradação);**
- **Possuir embasamento teórico-ecológico.**
- **Possuir potencial para antecipar futuras mudanças na trajetória da vegetação ao longo do tempo.**

Ressaltamos a importância de que, no nível federal, os valores de referência dos indicadores considerem as particularidades de cada bioma, bem como as diferenças nas fisionomias, abrangendo formações florestais e não florestais, incluindo campo e savana.

Neste documento, compilamos os principais indicadores baseados nos critérios de viabilidade apresentados anteriormente. Os indicadores são apresentados por bioma e formação, especificando as fisionomias quando

pertinente. Essa revisão tem como objetivo oferecer um panorama geral sobre os indicadores de monitoramento e assegurar que nada do que seja sugerido no âmbito federal invalide os esforços já realizados em âmbito estadual para o monitoramento da vegetação nativa.

No presente documento, assume-se que os valores de referência dos indicadores para a aprovação da recuperação devem ser alcançáveis até os 4 anos de idade após a implantação do projeto/ação de recuperação. Nesse contexto, o enfoque considerado foi o de reportar os valores de referência para o intervalo de 1 a 5 anos.

Por fim, considerando que profissionais e organizações que trabalham com restauração enfrentam desafios e complexidades no monitoramento de áreas em recuperação, especialmente em biomas como Amazônia, Cerrado e Mata Atlântica, realizamos consultas com esses profissionais para reportar os principais desafios e suas perspectivas sobre os protocolos de monitoramento utilizados. Essas dificuldades abrangem desde a adequação de protocolos de monitoramento à especificidade de cada ecossistema até a execução prática e a continuidade dos processos de avaliação.

### PARÂMETRO

*Variável para a qual se atribui um **valor de referência** definido por um conjunto de critérios*

### VALORES DE REFERÊNCIA

*São os valores dos **indicadores ecológicos** ou do parâmetro utilizado considerados adequados para atestar a recomposição da vegetação nativa em cada bioma, formação vegetal e fisionomia.*

### RECUPERAÇÃO OU RECOMPOSIÇÃO DA VEGETAÇÃO NATIVA:

*Restituição da cobertura vegetal nativa, abrangendo diferentes abordagens que podem contemplar implantação de sistema agroflorestal, reflorestamento, condução da regeneração natural, reabilitação ecológica, restauração ecológica*

### INDICADOR ECOLÓGICO

*São atributos do ecossistema ou medidas ambientalmente relevantes usadas para descrever ou avaliar a condição de um ecossistema (por exemplo, aferir a recomposição da vegetação nativa). Podem ser quantitativos, como altura, diâmetro, densidade e biomassa, ou qualitativos, como a ocorrência de espécies indicadoras.*

## Visão Geral

No total, encontramos 35 protocolos e 141 indicadores citados, incluindo resoluções, instruções normativas, guias e protocolos publicados.

Na Mata Atlântica, há 14 protocolos publicados, e representa o bioma com maior quantidade de protocolos e indicadores. Para a Amazônia, foram identificados 9 protocolos, no Cerrado, foram identificados 8 protocolos, enquanto na Caatinga foram identificados 5 protocolos. O Pantanal, possui apenas um protocolo que é dividido com os outros Biomas (Protocolo de Monitoramento do Mato Grosso). Além disso, foram consultados 8 protocolos que não são específicos para nenhum bioma, abrangendo situações específicas para Unidades de Conservação (UCs), concessão para restauração e demais contextos. Vale ressaltar que muitos desses protocolos são específicos para o reflorestamento de florestas ribeirinhas pelo método de plantio de mudas em cada bioma.

Alguns estados possuem protocolos próprios para monitoramento no contexto do Programa de Regularização Ambiental (PRA). Entre os estados onde esses protocolos estão disponíveis estão Pará, Rondônia, Tocantins, Goiás, Bahia, Mato Grosso, São Paulo, Paraná e Rio de Janeiro. Em outros estados, como Amazonas, Acre, Amapá, Mato Grosso do Sul e Minas Gerais, os protocolos ainda estão em fase de construção (Figura 1). Os demais estados destacados em não possuem protocolos disponíveis ou não foi possível acessar a informação desses protocolos de monitoramento no contexto do Programa de Regularização Ambiental (PRA).

Apesar do alto número de protocolos e indicadores, a revisão partiu das premissas da viabilidade dos indicadores para o monitoramento da recomposição da vegetação nativa, o que reduziu significativamente o número de indicadores detalhados nesse documento.

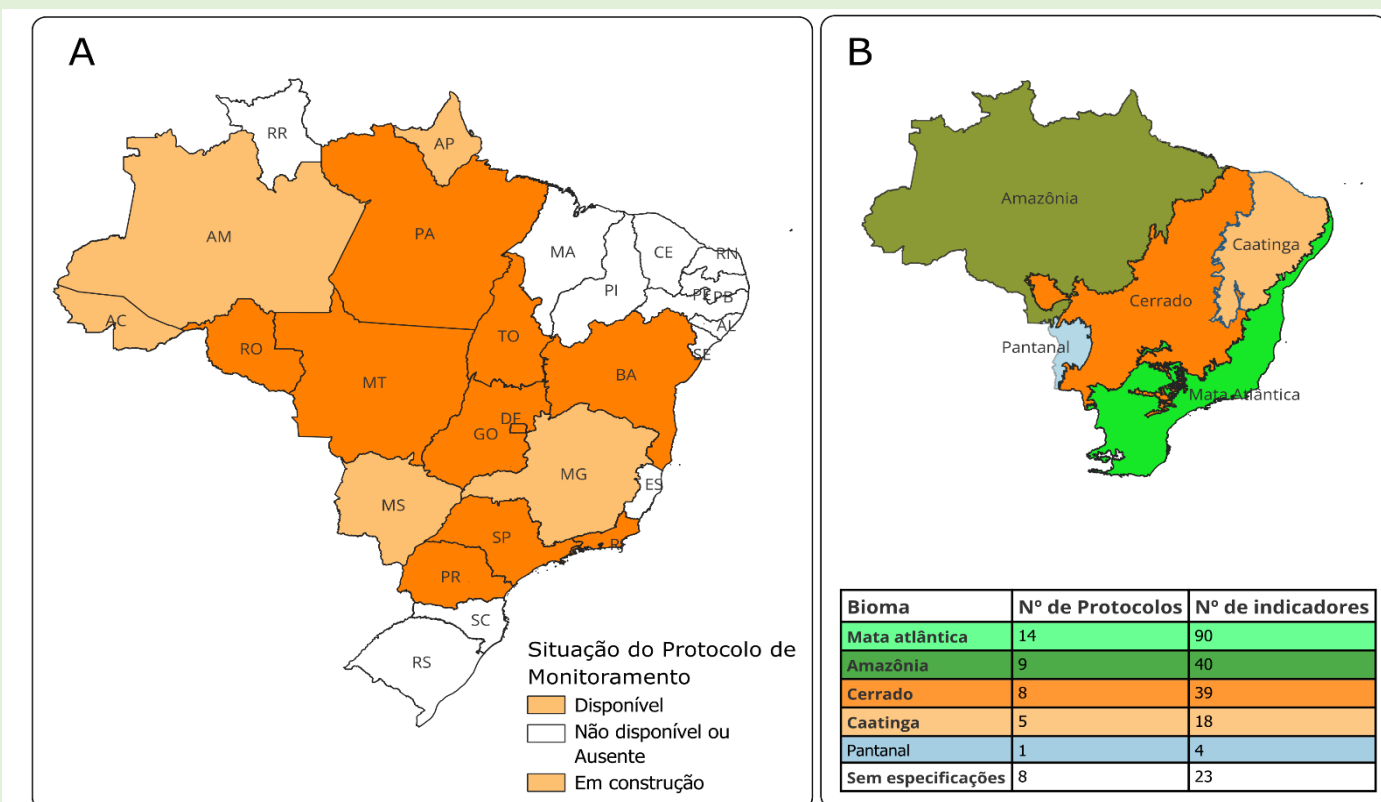


Figura 1. (A) Mapa do Brasil mostrando a situação dos protocolos de monitoramento de recomposição da vegetação nativa em diferentes estados no âmbito do Programa de Regularização Ambiental (PRA). (B) Distribuição dos biomas brasileiros com a quantidade de protocolos e indicadores ecológicos desenvolvidos para cada bioma. A tabela destaca o número de protocolos e indicadores para os biomas Mata Atlântica, Amazônia, Cerrado, Caatinga e Pantanal, bem como os casos sem especificações de bioma.

De maneira geral, todos os biomas que possuem protocolos oficialmente utilizados no âmbito estadual, possuem indicadores e valores de referência para o monitoramento. Contudo esses valores podem ser diferentes entre os estados, apresentar métodos de amostragem e critérios de inclusão distintos entre protocolos de um mesmo **Bioma** e **formação vegetal**.

Os indicadores podem ser divididos em Indicadores quantitativos que incluem *Cobertura, Densidade, Diversidade*, e indicadores qualitativos que incluem a *presença* ou *ausência* de determinados fatores nas áreas em processo de restauração.

Os protocolos frequentemente usam a separação por estratos baseado nas formas de vida e no crescimento vegetal para indicadores de **cobertura**. Por exemplo *cobertura de lenhosas, cobertura do solo por gramíneas, herbáceas e lenhosas*. Os valores são majoritariamente expressos em porcentagem e a medida usa o método de interceptação de pontos em linha ou método da interceptação da linha central.

Os indicadores de **densidade** incluem a amostragem do número de indivíduos por área, com critérios de altura mínima para inclusão na amostragem. Majoritariamente os valores são expressos em indivíduos por hectare (ind./ha)

Os indicadores de **riqueza** incluem o número de espécies ou morfoespécies dentro da parcela amostrada. Os critérios de inclusão podem variar conforme os protocolos. Os valores podem ser expressos em número de espécies por hectare, por parcela, ou para a amostragem total.

## **BIOMA ou DOMÍNIOS FITOGEOGRÁFICOS DO BRASIL**

*Agrupamento de tipos de vegetação próximos, condições geoclimáticas semelhantes, história compartilhada de mudanças. Usamos aqui os limites geográficos de cada bioma para levantar os protocolos admitindo o domínio daquele bioma na região.*

### **FORMAÇÃO**

*Tipo de vegetação com fisionomia homogênea e bem definida, por exemplo floresta, savana e campo.*

### **FISIONOMIA**

*Aparência geral da vegetação, resultante do predomínio de plantas com uma certa forma de vida e espécies características particular de cada bioma, por exemplo floresta ombrófila densa, Veredas, Várzea, igapó, campo sujo, campo limpo.*

## **PLANTAS LENHOSAS**

Plantas com crescimento predominante em madeira, que podem ser perenes e possuem estrutura de caule lignificado. Incluem, Árvores e arbustos.

## **PLANTAS NÃO LENHOSAS**

Plantas que não desenvolvem caule lignificado, incluem as plantas herbáceas e gramínóides\*.

**Graminóides:** *Plantas com características morfológicas semelhantes à capins. Por exemplo, Poaceae (gramíneas), Ciperáceas, Xiridáceas.*

# Amazônia

---

No total consultamos 9 protocolos de monitoramento, que incluem 40 indicadores diferentes para **Amazônia**. Desses, apenas o protocolo da Aliança para Restauração da Amazônia faz a distinção entre indicadores para diferentes formações florestais, savanas e manguezais. Os demais protocolos utilizam apenas formações florestais, com ênfase principal em *Terra Firme*.

Os protocolos consultados abrangem indicadores para monitoramento independente dos métodos de restauração utilizados, ou unicamente para regeneração natural, plantio de mudas e Sistemas agroflorestais (SAF's). Para SAFs os valores de referência para esses indicadores exigem uma avaliação cuidadosa para garantir sua aplicação adequada, uma vez que sua generalização pode variar de acordo com o método de restauração adotado.

## Para acessar os principais protocolos do Bioma

[Protocolo do Tocantins](#)

[Protocolo do Pará](#)

[Protocolo de Rondônia](#)

[Protocolo do Mato Grosso](#)

[Protocolo do Projeto REGENERA](#)

[Aliança para Rest. Da Amazônia](#)



Os estados do bioma Amazônia que possuem indicadores com valores de referência são Pará, Rondônia e, em áreas de transição, Mato Grosso e Tocantins. Devido à pequena extensão do bioma no estado do Tocantins (representando apenas 9% do território), abordaremos apenas os indicadores para fisionomia florestal neste estado. Para indicadores de outras fisionomias, consulte a seção de indicadores do Bioma Cerrado.

O estado do Acre possui um manual para regularização ambiental, mas este menciona apenas os indicadores relevantes, sem fornecer valores específicos para diferentes idades. O único protocolo que apresenta valores de referência para idades iniciais (1 a 5 anos) é o da Secretaria de Meio Ambiente (SEMA) do Pará, o da SEMA de Rondônia, o protocolo de monitoramento da regeneração natural (Regenera) e o protocolo da Aliança para a Restauração da Amazônia. Os demais protocolos não fornecem valores de referência ao longo da idade ou apresentam valores para projetos com idades  $\geq 10$ ,  $\geq 15$  e  $\geq 20$  anos.

### **Métodos de amostragem**

Entre os protocolos que apresentam métodos de amostragem, apenas os protocolos de Mato Grosso e Tocantins utilizam parcelas retangulares: no Mato Grosso, as parcelas são de 25 x 4 m, e no Tocantins, as parcelas têm 10 x 25 m (250 m<sup>2</sup>). Os protocolos de Pará e Rondônia, por sua vez, mencionam apenas a utilização de transectos, que consistem em uma linha amostral de tamanho conhecido, na qual são registrados e contabilizados os indicadores interceptados.

Dentro desses dois métodos de amostragem, há ainda uma distinção em relação aos principais métodos para aferir a cobertura da vegetação e os critérios de inclusão de indivíduos. Os dois principais métodos são:

**1. O método de interceptação de pontos em linha**, consiste em estimar a cobertura do solo através da interceptação da vegetação num bastão alocado em pontos com intervalos específicos. Nos protocolos consultados são coletados dados a cada 1 metro ao longo de uma linha central de 25 metros. Utiliza-se uma vareta com 2m disposta perpendicularmente ao chão anotando o tipo de cobertura que toca a vareta (herbáceas, gramíneas nativas exóticas, arbustos nativos, árvores nativas e exóticas). Utiliza-se diferentes critérios de inclusão para cada tipo fisionômico. Para fisionomias florestais é anotado a cobertura acima de 200 cm, e a porcentagem dos pontos que têm valores acima de 200 cm corresponde à cobertura do dossel. Para Formação de Campo e Savana, é anotado a cobertura abaixo de 200 cm, a porcentagem dos pontos que têm valores abaixo de 200 cm corresponde a cobertura do solo

**2. O método de interceptação da linha central**, consiste na medida da interceptação da vegetação ao longo de uma linha. Nesse método é registrado quanto a vegetação e as projeções das copas interceptam a linha de amostragem. Os protocolos consultados utilizam uma linha central de 25 metros, e à medida que se caminha ao longo da fita métrica, registra-se o intervalo da cobertura vegetal agrupados por diferentes formas de vida dependendo do tipo fisionômico. formação Florestais incluem apenas lenhosas, enquanto que outras formações consideram lenhosas e não lenhosas.

### **Esforço de amostragem**

Os únicos protocolos que fornecem informações sobre o número de amostras são os protocolos de Mato Grosso, Tocantins e Aliança. A maioria dos protocolos utiliza tamanhos amostrais diferentes, baseados na área em hectares. Para áreas menores ou iguais a 1 hectare, é sugerido o uso de 5



parcelas amostrais. Para áreas maiores que 1 hectare, recomenda-se 1 parcela por hectare, com a adição de mais 4 parcelas à amostragem, sendo o número máximo de parcelas limitado a 50, independentemente da área.

Ainda, em alguns casos, considera-se a realização do monitoramento em área total para áreas menores ou iguais a 1 hectare. Para áreas com  $0,5 \leq A \leq 1$  hectare, recomenda-se o uso de 5 parcelas amostrais

Área (A)	Nº de unidades amostrais protocolo (MT)	Nº de unidades amostrais protocolo (TO E ALIANÇA)
$A \leq 0,5$	5	Realizar monitoramento em área total
$0,5 \geq A \geq 1$	5	5
$A \geq 1$	Nº de hectares + 4	Nº de hectares + 5

Os protocolos sugerem a distribuição espacial das parcelas pela demarcação prévia das áreas, de modo que deva abranger todo o polígono demarcado da área em restauração, para que a amostragem consiga capturar a variação ambiental existente na área. A Distribuição das parcelas pode ser feita a partir da divisão do polígono em partes com áreas iguais (subdivisões). O número de partes (subdivisões) deverá ser igual ao número de parcelas amostrais.

As parcelas podem ser temporárias, ou seja, estabelecidas em diferentes pontos a cada período do monitoramento ou podem ser permanentes. Entretanto, o uso de parcelas permanentes pode acarretar um viés estatístico ou induzir o maior cuidado da

restauração apenas na área da parcela. Para diminuir esse problema, o protocolo do Tocantins estabelece que 50% do total das unidades amostrais da área deverão ser permanentes e 50% ou mais, para as áreas com número ímpar, deverão ser alocadas em áreas diferentes dentro da área delimitada. Ressaltamos que essa abordagem é mais eficaz para áreas maiores que 1 hectare, que têm tamanho suficiente para possibilitar a realocação da amostragem a cada período de monitoramento.

### Indicadores da vegetação para avaliação e monitoramento

No geral os indicadores podem ser divididos em Indicadores quantitativos que incluem Cobertura, *Densidade*, *Riqueza* e *heterogeneidade* estrutural da vegetação, e indicadores qualitativos que incluem a presença ou ausência de determinados fatores nas áreas.

Os indicadores de cobertura são separados por cobertura de lenhosas que avalia a cobertura de copa, cobertura de exóticas que avalia a cobertura do solo por gramíneas, herbáceas e lenhosas exóticas.

Os indicadores de densidade incluem a amostragem do número de indivíduos por área e os de riqueza incluem o número de espécies ou morfoespécies dentro da parcela amostrada.

Os critérios de inclusão podem variar conforme os protocolos, abaixo descrevemos brevemente os métodos para determinar cada uma dessas categorias.

**Cobertura do solo.** A estimativa desse valor se concentra em 3 métodos principais exemplificados nos protocolos. A estimativa da cobertura de copa pode ser feita método de interceptação de pontos em linha. Neste método, ao longo de uma de 25 m (linha

central da parcela de amostragem), os dados são coletados a cada 1 m da trena. Pode ser realizada também pela soma das medidas dos trechos da linha amostral cobertos por vegetação nativa, em metros, em relação ao comprimento da linha (25m). Especificamente para cobertura do solo, há possibilidade de estimar visualmente a cobertura de vegetação em parcelas de 5m x 5m (25m<sup>2</sup>)

**Densidade de indivíduos.** Este indicador mede a quantidade de indivíduos por hectare. Devem ser contados todos os indivíduos dentro da parcela, e este número deve ser convertido para número de indivíduos por hectare (ind./ha), dividindo-se o número de indivíduos na parcela pela área da parcela em hectares. Para essa amostragem leva-se em consideração os critérios de inclusão específicos em cada protocolo (detalhes abaixo).

**Número de espécies.** Este indicador mede a quantidade de espécies ou morfoespécies encontrados nas parcelas. Os critérios para inclusão na contagem de espécie variam de acordo com o protocolo (detalhes abaixo). Os valores também podem ser expressos em número de espécies por hectare, por parcela, ou na amostragem total. No geral, protocolos de Rondônia

### Indicadores Qualitativos Pertinentes à Todas Formações vegetais

Dentre os indicadores da vegetação, os protocolos citam indicados qualitativos pertinentes como por exemplo:

**Presença de espécies lenhosas exóticas invasoras.** Principalmente abordado pelos protocolos do Pará e Rondônia, sugere a estimativa visual para aferir a presença ou ausência de exóticas invasoras ao caminhar pela área de restauração.

**Proteção de agentes perturbadores (Controle de ameaças).** Abordado pelos protocolos de Rondônia e Pará, a estimativa é feita de forma visual e se existem vestígios de fogo, pisoteio de gado, ataque de formigas ou cupis, processos erosivos, estradas, alterações no regime hídrico. Considera-se adequado quando as áreas em restauração estar com ausência desses agentes, ou ocupar  $\leq 5\%$  da área total.

### Formação Florestal e seus Indicadores Quantitativos

As formações florestais abrangem floresta de terra firme (ombrófila densa e ombrófila aberta), florestas alagáveis (várzea e igapó) e campinaranas. No total, foram citados 9 indicadores, e a principal fonte dos dados são os protocolos de Rondônia, Pará, Tocantins, Mato Grosso, além das recomendações feitas pela Aliança para Restauração da Amazônia e projeto REGENERA Amazônia. Abaixo, apresentamos a seleção dos principais indicadores pertinentes e seus valores de referência até os 5 anos.

**Cobertura de arbóreas nativas.** Considera-se apenas a área de solo coberta por copa de espécies nativas arbustivas e arbóreas, com um limite para inclusão na amostragem de indivíduos cujas copas possuem altura superior a 200 cm, conforme os protocolos do Mato Grosso. Outros protocolos, no entanto, não especificam limites de inclusão para a amostragem. Todos os protocolos que apresentam valores de referência para os anos de 3 a 5 admitem uma cobertura de copa de  $\geq 50\%$ .

**Cobertura de exóticas.** Esse indicador inclui tanto lenhosas quanto não lenhosas. O único protocolo que admite esse indicador é o do

Mato Grosso, que utiliza o critério de inclusão de indivíduos com copa superior a 200 cm, o que provavelmente resulta na inclusão apenas de lenhosas. Além disso, esses protocolos apresentam valores de referência para áreas com mais de 10 anos e estabelecem que, para propriedades maiores que 4 módulos fiscais, a cobertura de lenhosas exóticas deve ser inferior a 20%, enquanto para propriedades menores que 4 módulos fiscais, a cobertura de exóticas lenhosas deve ser inferior a 50%. Para áreas localizadas em Unidades de Conservação de Uso Sustentável e Proteção Integral, a tolerância para cobertura de exóticas lenhosas é zero.

**Cobertura de gramíneas exóticas.** Este indicador é pouco utilizado em áreas florestais devido à premissa de que o sombreamento da copa impede o desenvolvimento dessas formas de vida. No entanto, pode ser uma medida importante nos estágios iniciais, quando a copa ainda é inconspícua. Quatro protocolos consideram esse indicador: os do Pará, Tocantins, Mato Grosso e Aliança. Contudo, apenas o protocolo de Tocantins oferece valores de referência para os primeiros 5 anos, admitindo uma cobertura inferior a 50%. Já o protocolo da Aliança não sugere valores de referência específicos para este indicador.

**Densidade de regenerantes nativos.** Os métodos para inclusão dos indivíduos dentro das parcelas variam entre os protocolos. Alguns incluem indivíduos com altura (H) igual ou maior que 50 cm e Circunferência à Altura do Peito (CAP) menor que 15 cm ( $H \geq 50$  cm e  $CAP \leq 15$  cm), enquanto outros consideram a inclusão de indivíduos lenhosos com altura  $\geq 10$  cm. Os protocolos de Mato Grosso e Rondônia apresentam esses indicadores com valores de referência. Ambos admitem idade superior a 10 anos. O protocolo de Rondônia utiliza valores em porcentagem para inclusão,

enquanto o de Mato Grosso usa indivíduos por hectare, assumindo valores de mais de 3.000 indivíduos para propriedades maiores que 4 módulos fiscais e mais de 18.880 indivíduos por hectare para propriedades menores que 4 módulos fiscais.

**Densidade de árvores e arbustos.** Considera-se apenas lenhosas com altura superior a 50 cm, tanto indivíduos semeados ou plantados quanto provenientes da regeneração natural. O único protocolo que adota esse critério de inclusão é o do Tocantins, que estabelece a altura mínima de 50 cm para a inclusão dos indivíduos na amostragem.

**Número de espécies lenhosas nativa.** Os protocolos do Pará, Rondônia, Tocantins, Aliança da Amazônia e Regenera fornecem dados sobre o número de espécies ou morfoespécies arbustivas e arbóreas, com variação nos critérios de inclusão. Os protocolos de Tocantins e Regenera são os únicos que sugerem valores para o monitoramento em 5 anos. O protocolo de Tocantins admite mais de 33 espécies por hectare, considerando um critério de inclusão de indivíduos com altura superior a 50 cm. Já o protocolo Regenera sugere pelo menos 23 espécies para cada 100 indivíduos, com o critério de inclusão de indivíduos com diâmetro à altura do peito (CAP) superior a 5 cm.

Os demais protocolos estabelecem valores para áreas com mais de 10 anos. Por exemplo, os protocolos do Pará e Rondônia consideram mais de 50 espécies por hectare para áreas superiores a 1 hectare, enquanto Rondônia especifica mais de 30 espécies por hectare para áreas menores que 1 hectare. O protocolo de Mato Grosso, por sua vez, sugere mais de 30 espécies por hectare para áreas de 7 hectares e mais de 20 espécies para áreas menores que 7 hectares.



**Número Espécies Regenerantes Nativa.** Este indicado inclui a contagem de morfoespécies de indivíduos lenhosos com altura igual ou maior que 10 cm e menor que 200 cm é prevista no protocolo de Rondônia, enquanto o protocolo de Mato Grosso considera indivíduos lenhosos com altura superior a 30 cm. No protocolo de Mato Grosso, os valores de referência variam de acordo com o tamanho do polígono determinado para amostragem. Para polígonos maiores que 5 hectares (com 5 parcelas amostrais), o valor mínimo de morfoespécies deve ser de 30 espécies, enquanto para polígonos menores que 5 hectares (com 5 parcelas), o valor mínimo deve ser de 20 espécies. Ambos os protocolos fornecem valores de referência para projetos com mais de 10 anos de idade.



Tabela 1. Indicadores ecológicos recomendados pelos protocolos consultados para formação florestal na Amazônia, abrangendo fisionomias de floresta de terra firme, florestas alagáveis e campinaranas.

Indicador	Adequado	Aceitável	Métrica	Critério de inclusão	Ano	Ref.
Cobertura de arbóreas nativas	$\geq 50$	$\geq 25$ ou $\geq 30$	% da área	Arbóreas-arbustivas $\geq 200$ cm ou Ausência de critério	5 anos	TO
Cobertura de gramíneas exóticas	$\leq 50\%$	$\leq 70\%$	% da área	Estimativa visual em subparcelas	5 anos	TO
Cobertura de exóticas	$\leq 50$ ; ou $\leq 20$ ou		% da área	Indivíduos acima de $\geq 200$ cm	10 anos	MT $\leq 4$ módulos; MT $\geq 4$ módulos
Densidade de Regenerante nativos	$\geq 3000$ ou $\geq 1880$	0 a 200	ind./ha	Indivíduos $\geq 30$ cm e $\leq 200$ cm	5 anos	MT
Densidade de Regenerante nativos	$\geq 50$	$\geq 20$	% da área	Indivíduos $\geq 10$ cm e $\leq 200$ cm	5 anos	RO
Densidade de árvores e arbustos	$\geq 1.200$	$\geq 800$	ind./ha	Lenhosas acima $\geq 50$ cm	5 anos	TO
Número de espécies lenhosas nativa.	$\geq 33$ ou $\geq 23$	$\geq 30$	spp./ha ou spp./100 ind.	H $\geq 50$ cm; CAP $\geq 5$ cm	5 anos	TO; REGENERA
Número Espécies Regenerantes Nativa	$\geq 30$	$\geq 15$	spp. por área		$\geq 10$ anos	RO, MT



## Fisionomias não florestais no Bioma Amazônia

As demais formações presentes no bioma amazônico, como as Savanas Amazônicas e os Manguezais, são mencionadas apenas no protocolo da Aliança para Restauração da Amazônia. Embora o protocolo sugira alguns indicadores para essas áreas, não são fornecidos valores de referência específicos por indicador e por idade. Nesse contexto, pode-se utilizar os protocolos destinados às formações de savanas, apresentados na seção do bioma Cerrado, como ponto de partida para discussão e aprimoramento dos critérios e valores de referência para as áreas de savanas amazônicas e manguezais.

### Indicadores adicionais ausente nos protocolos consultados

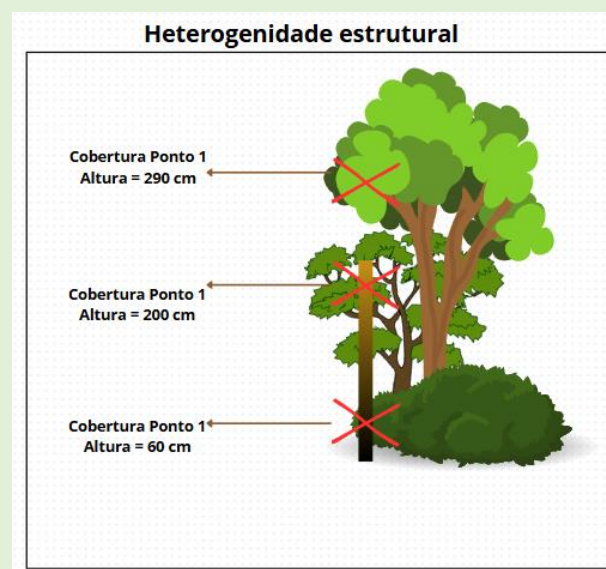
A **Heterogeneidade Estrutural** é um indicador importante que reflete a complexificação da vegetação à medida que ela se desenvolve, gerando camadas em diferentes alturas. Esse processo pode ser expresso pela **heterogeneidade vertical**, que se refere à variação nas alturas das plantas presentes em uma área. Esse indicador é sugerido no Protocolo da Aliança para a Restauração da Amazônia e é acompanhado de valores de referência para diferentes idades no Protocolo REGENERA, que traz orientações para o monitoramento da Regeneração Natural na Amazônia.

No entanto, o cálculo da heterogeneidade estrutural frequentemente envolve o uso do diâmetro à altura do peito (CAP), o que pode ser laborioso e demorado para protocolos de campo que não exigem um inventário completo da vegetação. Como alternativa, sugerimos uma abordagem mais simples para medir a heterogeneidade estrutural utilizando a **altura das plantas** por meio de um método de **interceptação de pontos em linha**,

o mesmo adotado para medir a cobertura de copa pelos protocolos do Mato Grosso.

Neste método, ao longo de uma trena de 25 metros (linha central da parcela de amostragem), uma vareta de 2 metros de altura graduada é disposta perpendicularmente ao solo. A vareta é posicionada a cada 1 metro ao longo da linha, e é anotada a altura de cada cobertura que toca a vareta, desde o solo até 2 metros de altura.

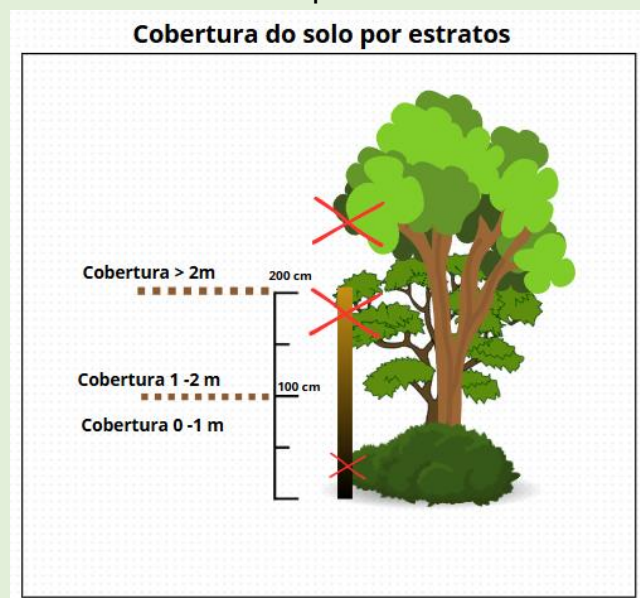
Para indivíduos acima de 2 metros, que são observados ao olhar para cima, a altura pode ser estimada visualmente. Ao final, será gerado para cada parcela um perfil de gradiente vertical, permitindo aferir a **heterogeneidade vertical** da vegetação. Este método oferece uma maneira prática de medir a variação estrutural da vegetação, possibilitando a avaliação da complexidade da estrutura de diferentes camadas na área de restauração.



Ainda no contexto de verificar a estrutura vertical da vegetação, alguns executores utilizam um aprimoramento do método de amostragem da cobertura da vegetação nativa, que envolve a avaliação por estratos de altura. Nesse aprimoramento, considera-se as

seguintes faixas de altura para a cobertura da vegetação: 0 – 1 m, 1 – 2 m e  $\geq 2$  m.

Para avaliar a cobertura acima de 2 metros, a projeção vertical da vara é imaginada, considerando a altura dos indivíduos que tocam a vareta ou que estão dentro do limite de observação. Assim, é possível obter uma medida de cobertura por estrato.



## Desafios e perspectivas na visão de executores do monitoramento

De maneira geral, os executores de restauração e monitoramento nesse bioma reconhecem a importância dos indicadores estabelecidos nos protocolos e confirmam que é possível alcançar os valores de referência, desde que os métodos estejam alinhados ao protocolo utilizado. No entanto, enfatizam que o sucesso no cumprimento desses indicadores frequentemente depende das condições de degradação prévias da área.

Alguns executores adaptam os protocolos estaduais, criando versões próprias que auxiliam na tomada de decisões sobre o manejo das áreas de restauração. Esses protocolos personalizados, muitas vezes baseados nas diretrizes de estados como Mato Grosso (MT), Pará e Tocantins, consideram ajustes no tamanho das parcelas

e outros parâmetros específicos para cada área.

Apesar do consenso sobre a relevância dos indicadores, há observações importantes levantadas durante as entrevistas.

Uma delas é a necessidade de uma interpretação mais refinada sobre as especificidades do bioma, como a adequação de indicadores para diferentes fisionomias vegetais, que nem sempre são contempladas pelos protocolos atuais.

**A falta de referências e parâmetros claros para avaliação de sistemas agroflorestais (SAF).** Os sistemas produtivos, como SAFs, exigem indicadores específicos que contemplem o uso econômico da área em recuperação, algo que muitos protocolos tradicionais não consideram. Protocolos existentes frequentemente utilizam os mesmos parâmetros para áreas de floresta nativa e para áreas de SAF, variando apenas a porcentagem de cobertura de espécies exóticas. A introdução de indicadores específicos para sistemas produtivos é vista como uma maneira de tornar o monitoramento mais relevante e representativo.

**Necessidades de indicadores que garantem permanência.** Os profissionais apontam a necessidade de incorporar indicadores que considerem não apenas aspectos ecológicos, mas também sinais de degradação do solo e a presença de outros agentes perturbadores. A detecção de fatores de degradação, como a presença de formigas ou erosão, também é considerada importantes para garantir um diagnóstico mais robusto.

**Escala e Custo.** O custo elevado e a escala de monitoramento em áreas extensas são entraves significativos. A execução de monitoramento rigoroso em grandes áreas é muitas vezes negligenciada por falta de

financiamento adequado. Além disso, há uma percepção de que o processo de monitoramento carece de auditorias independentes, o que limita a transparência dos resultados e a qualidade das avaliações. Profissionais defendem a revisão periódica dos protocolos, bem como a auditoria externa dos resultados, para assegurar a efetividade dos processos de restauração.



# Cerrado

Consultamos um total de oito protocolos de monitoramento, que citam 33 indicadores diferentes para o **Cerrado**. Esses indicadores são organizados conforme a formação da vegetação, abrangendo áreas campestres, savânicas e florestais. Os protocolos considerados incluem indicadores para o monitoramento de áreas restauradas independentemente dos métodos de restauração empregados, como também para casos específicos de Sistemas Agroflorestais e plantio de mudas.

Os estados com protocolos que estabelecem valores de referência são Distrito Federal, São Paulo, Mato Grosso, Tocantins, Bahia e, mais recentemente, Goiás, por meio da instrução normativa nº 13/2014. Vale destacar que apenas a Resolução SMA nº 32/2014 e

o protocolo de monitoramento de Tocantins fornecem valores de referência para estágios iniciais, com idades de 3 e 5 anos.

Os demais protocolos, incluindo os do Distrito Federal e Mato Grosso, apresentam valores de referência para projetos com idades mais avançadas, como  $\geq 10$ ,  $\geq 15$  e  $\geq 20$  anos.

## Para acessar os principais protocolos do Bioma

[Protocolo da Bahia](#)

[Protocolo do Distrito Federal](#)

[IN 13/2014 do Goiás](#)

[Protocolo do Mato Grosso](#)

[Protocolo do Tocantins](#)

[SMA 32/2014 de São Paulo](#)



## Métodos de amostragem

Todos os protocolos que especificam métodos de amostragem utilizam parcelas retangulares para coleta dos indicadores. Dois protocolos recomendam parcelas de 25 x 4 m (100 m<sup>2</sup>), enquanto o estado do Tocantins sugere unidades amostrais de 10 x 25 m (250 m<sup>2</sup>), e o Mato Grosso recomenda parcelas de 25 x 2 m (50 m<sup>2</sup>). No entanto, mesmo nas parcelas de 25 x 4 m, os métodos para amostragem da cobertura da vegetação e inclusão de indivíduos variam. Existem dois principais métodos utilizados:

**1. O método de interceptação de pontos em linha**, consiste em estimar a cobertura do solo através da interceptação da vegetação num bastão alocado em pontos com intervalos específicos. Nos protocolos consultados são coletados dados a cada 1 metro ao longo de uma linha central de 25 metros. Utiliza-se uma vareta com 2m disposta perpendicularmente ao chão anotando o tipo de cobertura que toca a vareta (herbáceas, gramíneas nativas exóticas, arbustos nativos, árvores nativas e exóticas). Utiliza-se diferentes critérios de inclusão para cada tipo fisionômico. Para fisionomias florestais é anotado a cobertura acima de 200 cm, e a porcentagem dos pontos que têm valores acima de 200 cm corresponde à cobertura do dossel. Para Formação de Campo e Savana, é anotado a cobertura abaixo de 200 cm, a porcentagem dos pontos que tem valores abaixo de 200 cm corresponde a cobertura do solo

**O método de interceptação da linha central**, consiste na medida da interceptação da vegetação ao longo de uma linha. Nesse método é registrado quanto a vegetação e as projeções das copas interceptam a linha de amostragem. Os protocolos consultados utilizam uma linha central de 25 metros, e à medida que se caminha ao longo da fita métrica, registra-se o intervalo da cobertura

vegetal agrupados por diferentes formas de vida dependendo do tipo fisionômico. formação florestais incluem apenas lenhosas, enquanto que outras formações consideram lenhosas e não lenhosas.



## COMPARAÇÃO ENTRE OS MÉTODOS DE AMOSTRAGEM

Vieira e colaboradores (2017), ao analisarem 28 áreas no Distrito Federal (DF) e 56 em Mato Grosso (MT), compararam métodos e critérios de inclusão para densidade de regenerantes e riqueza de espécies em formações florestais e savânicas. O método de interceptação da linha central, considerando apenas as copas acima de 150 cm, mostrou alta correlação com o método de interceptação de pontos para alturas acima de 200 cm, tanto para estimar espécies exóticas quanto nativas ( $R^2 = 0,73$  para exóticas e  $R^2 = 0,98$  para nativas). No entanto, o método da linha central subestima a vegetação rasteira, exótica ou nativa, pois desconsidera a sobreposição de plantas. Em áreas de dossel fechado e com estrato herbáceo dominado por espécies exóticas ou solo exposto, esse método pode indicar 100% de cobertura arbórea, mascarando problemas de presença de exóticas ou riscos de erosão do solo. Ele também não fornece informações sobre a estrutura vertical da vegetação em restauração.

Os critérios de inclusão de indivíduos variam entre protocolos. Os estados de Tocantins e São Paulo consideram indivíduos entre 50 cm e 350 cm de altura e com circunferência à altura do peito (CAP) menor que 15 cm. O protocolo de Tocantins inclui um segundo estrato para contagem de densidade, considerando indivíduos com altura acima de 50 cm e CAP acima de 15 cm, recomendando medições de CAP a 130 cm para formações florestais e a 30 cm para savanas. Já os protocolos do DF e MT utilizam critérios de altura entre 30 cm e 200 cm, sendo que o MT emprega parcelas menores, de 50 m<sup>2</sup>, em comparação com as de 100 m<sup>2</sup> usadas nos demais protocolos.

Os critérios de inclusão se correlacionam positivamente ( $R^2 = 0,77$ ), mas para florestas, o critério de altura entre 30 cm e 200 cm pode subestimar a densidade de regenerantes em relação ao critério entre 50 cm e 350 cm. Além disso, o tamanho da parcela impacta a riqueza de espécies, pois áreas e amostragens maiores geralmente resultam em maior riqueza de espécies regenerantes.



## Esforço de amostragem

A maioria dos protocolos adota tamanhos amostrais variados com base na área em hectares. Para áreas menores ou iguais a 1 hectare, é sugerido o uso de 5 parcelas amostrais. Já para áreas maiores que 1 hectare, recomenda-se 1 parcela por hectare, com a adição de mais 4 parcelas, limitando o total a um máximo de 50 parcelas, independentemente do tamanho da área.

Em alguns casos, o monitoramento em área total é indicado para áreas com até 1 hectare. Para áreas entre 0,5 e 1 hectare, recomenda-se o uso de 5 parcelas amostrais. Para áreas maiores que 1 hectare, sugere-se 1 parcela por hectare, adicionando mais 5 parcelas na amostragem, também com o limite máximo de 50 parcelas, independentemente do tamanho da área

Área (A)	Nº de unidades amostrais protocolo (DF)	Nº de unidades amostrais protocolo (TO)	Nº de unidades amostrais protocolo (SP, MT)
≤ 0,5	monitoramento em área total	monitoramento em área total	5
0,5 ≤ 1	5	5	5
≥ 1	Nº de hectares + 4	Nº de hectares + 5	Nº de hectares + 4

Os protocolos recomendam a distribuição espacial das parcelas de forma a abranger todo o polígono demarcado da área em restauração, visando capturar a variação ambiental existente. Para isso, o polígono pode ser dividido em partes iguais

(subdivisões) correspondentes ao número de parcelas amostrais.

As parcelas podem ser temporárias (alocadas em pontos diferentes a cada monitoramento) ou permanentes. Contudo, o uso de parcelas permanentes pode introduzir um viés estatístico, pois pode induzir a um cuidado maior nas áreas amostradas. Para mitigar esse problema, o protocolo do Tocantins sugere que 50% das parcelas sejam permanentes, enquanto as demais, especialmente em áreas com número ímpar de parcelas, sejam realocadas periodicamente. Esse método é mais aplicável a áreas maiores que 1 hectare, onde há espaço suficiente para redistribuir as parcelas em cada ciclo de monitoramento.

## Indicadores da vegetação para avaliação e monitoramento

No geral os indicadores podem ser divididos em Indicadores quantitativos que incluem *Cobertura*, *Densidade*, e *Riqueza*, e indicadores qualitativos que incluem a presença ou ausência de determinados fatores nas áreas.

Os indicadores de cobertura são separados por cobertura de lenhosas que avalia a cobertura de copa, cobertura de exóticas que avalia a cobertura do solo por gramíneas, herbáceas e lenhosas exóticas.

Os indicadores de densidade incluem a amostragem do número de indivíduos por área e de riqueza incluem o número de espécies ou morfoespécies dentro da parcela amostrada.

Os critérios de inclusão podem variar conforme os protocolos, abaixo descreve brevemente os métodos para determinar cada uma dessas categorias.



**Cobertura do solo.** A estimativa desse pode ser realizada por três métodos principais: (i) método de interceptação de pontos em linha; (ii) método de interceptação de linha, e (iii) especificamente para cobertura do solo, há possibilidade de estimar visualmente a cobertura de vegetação em parcelas de 5m x 5m (25m<sup>2</sup>).

**Densidade de indivíduos.** Este indicador mede a quantidade de indivíduos por hectare. Devem ser contados todos os indivíduos dentro da parcela, e este número deve ser convertido para número de indivíduos por hectare (ind./ha), dividindo-se o número de indivíduos na parcela pela área da parcela em hectares, para essa amostragem leva-se em consideram os critérios de inclusão específicos em cada protocolos (detalhes abaixo).

**Número de espécies.** Este indicador mede a quantidade de espécies ou morfoespécies encontrados nas parcelas. Os critérios para inclusão na contagem de espécie variam de acordo com o protocolo (detalhes abaixo). Os valores também podem ser expressos em número de espécies por hectare, por parcela, ou na amostragem total.

### Indicadores Qualitativos Pertinentes à Todas Formações vegetais

Dentre os indicadores da vegetação, os protocolos citam indicados qualitativos pertinentes como por exemplo:

**Presença de espécies lenhosas exóticas invasoras.** Estimativa visual da abundância de espécies lenhosas exóticas invasoras, abordado pelo protocolo da Bahia.

**Proteção de agentes perturbadores (Controle de ameaças).** Abordado pelos protocolos da Bahia e Tocantins, a estimativa é feita de forma visual e se existem vestígios de fogo, pisoteio de gado, ataque de formigas ou cupis,

processos erosivos, estradas, alterações no regime hídrico. Considera-se adequado quando as áreas em restauração estar com ausência desses agentes, ou ocupar  $\leq 5\%$  da área total

### Formação Florestal e seus Indicadores Quantitativos

As **Formações Florestais** englobam florestas ribeirinhas, como **Mata Ciliar** e **Paludosa**, além do **Cerradão**. Para estas formações, foram identificados principalmente 12 indicadores.

As principais referências consultadas para esses indicadores foram a **SMA nº 32/2014 de SP**, o **Protocolo do Distrito Federal**, o **Protocolo do Mato Grosso (MT)** e a **Instrução Normativa nº 13/2024 do Goiás**. Abaixo, são apresentados os indicadores mais relevantes para essas formações florestais, juntamente com a variação de seus valores estimados aos 5 anos de monitoramento.

**Cobertura de arbóreas nativas.** Considera-se apenas a área de solo coberta pelas copas de espécies nativas arbustivas e arbóreas. Nos protocolos do Distrito Federal (DF) e Mato Grosso (MT), é estabelecido um limite de  $\geq 200$  cm de altura para inclusão na amostragem dos indivíduos. Em contrapartida, outros protocolos não especificam limites claros de altura para a inclusão de indivíduos na amostragem.

Além disso, os valores de cobertura de copa variam entre os estados. As instruções normativas de Goiás (GO) e Tocantins (TO) estabelecem que, após 3 anos, uma cobertura de copa de  $\geq 50\%$  é considerada adequada. Por outro lado, o protocolo de São Paulo (SP) estipula um valor mínimo de  $\geq 80\%$  de cobertura para o mesmo período.

**Cobertura de exóticas.** Este indicador inclui tanto espécies lenhosas quanto não lenhosas. No entanto, os dois protocolos que utilizam



este indicador (Mato Grosso (MT) e Distrito Federal (DF)) adotam o critério de inclusão de indivíduos com  $\geq 200$  cm de altura. Esse critério provavelmente leva à inclusão apenas de espécies lenhosas na amostragem.

Além disso, esses protocolos estabelecem valores de referência para áreas com  $\geq 10$  anos. Especificamente, para propriedades com  $\geq 4$  módulos fiscais, a cobertura de espécies exóticas lenhosas deve ser  $\leq 20\%$ , enquanto para propriedades menores que 4 módulos fiscais, a cobertura de exóticas lenhosas é permitida em até  $\leq 50\%$ . Para áreas localizadas dentro de Unidades de Conservação de Uso Sustentável e Proteção Integral, a tolerância para a presença de espécies exóticas lenhosas é 0%.

**Cobertura de gramíneas exóticas.** Este indicador é pouco utilizado para áreas florestais devido à premissa de que o sombreamento da copa impede o desenvolvimento de formas de vida herbáceas. No entanto, pode ser uma medida relevante nos estágios iniciais de restauração, quando a copa ainda é inconspícua. A cobertura de gramíneas exóticas é considerada apenas em dois protocolos: no Tocantins, é admitido um valor de  $\leq 50\%$  de cobertura de exóticas, enquanto em Goiás, o limite é de  $\leq 20\%$ .

**Densidade de regenerantes nativos.** Os métodos para inclusão dos indivíduos nas parcelas variam. Em alguns protocolos, considera-se a inclusão de indivíduos com altura (H) igual ou superior a 50 cm e Circunferência à Altura do Peito (CAP) inferior a 15 cm, ou ainda indivíduos sem CAP registrado ( $H \geq 50$  cm e  $CAP \leq 15$  cm). Em outros casos, a inclusão se dá para indivíduos lenhosos com altura (H)  $\geq 30$  cm.

**Densidade de árvores e arbustos.** Considerando apenas indivíduos lenhosos

com altura superior a 100 cm, este indicador é utilizado no protocolo de Goiás, que adota o critério de inclusão de indivíduos lenhosos com altura  $\geq 100$  cm. No protocolo de Tocantins (TO), o critério de inclusão é para indivíduos lenhosos com altura  $\geq 50$  cm.

**Número de espécies lenhosas nativa.** Os únicos valores apresentados para os primeiros anos são os do protocolo de Goiás, que considera  $\geq 20$  espécies. Já os demais protocolos utilizam valores para áreas com mais de 10 anos, considerando mais de 30 espécies para áreas de 7 hectares ou mais, e mais de 20 espécies para áreas menores que 7 hectares.

**Número Espécies Regenerantes Nativa.** Considera-se a contagem de morfoespécies de indivíduos com altura igual ou maior que 50 cm e com Circunferência à Altura do Peito (CAP) menor que 15 cm ou inexistente ( $H \geq 50$  cm e  $CAP \leq 15$  cm). O único protocolo que utiliza essa medida é o de São Paulo (SP).

**Solo exposto.** Este indicador é apresentado apenas no protocolo do Tocantins, que admite valores de solo exposto de  $\leq 50\%$  até os 5 anos. Ele é de fundamental importância para áreas florestais, especialmente no início da restauração, quando o solo exposto pode aumentar o escoamento superficial.

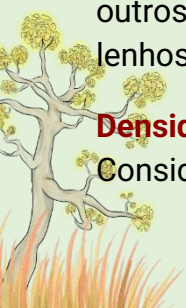


Tabela 2 . Indicadores ecológicos recomendados pelos protocolos consultados para formação florestal no Cerrado, abrangendo fisionomias de Floresta Ribeirinha e Cerradão.

Indicador	Adequado	Aceitável	Métrica	Critério de inclusão	Ano	Referência
Cobertura de arbóreas nativas	$\geq 70\%$ ou $80\%$	$\geq 15\%$ ou $\geq 50$	% da área	Arbóreas-arbustivas $\geq 200$ cm ou Ausência de critério	3 anos	SP; TO; GO
Cobertura de gramíneas exóticas	$\leq 20\%$	$\leq 50\%$	% da área	Estimativa visual em subparcelas	3 anos	TO; GO
Cobertura de gramíneas exóticas	$\leq 50\%$	$\leq 70\%$	% da área	Estimativa visual em subparcelas	5 anos	TO; GO
Cobertura de exóticas	$\leq 50\%$ ; ou $\leq 20\%$ ou 0		% da área	Indivíduos acima de $\geq 200$ cm	10 anos	DF; MT
Densidade de Regenerante nativos	$\geq 200$	0 a 200	ind./ha	Indivíduos acima $\geq 50$ cm e CAP $< 15$ cm	3 anos	SP
Densidade de Regenerante nativos	$\geq 1000$	$\geq 200$	ind./ha	Indivíduos acima $\geq 50$ cm e CAP $< 15$ cm	5 anos	SP, Floresta ribeirinha
Densidade de Regenerantes nativos	$\geq 500$	$\geq 200$	ind./ha	Indivíduos acima $\geq 50$ cm e CAP $< 15$ cm	5 anos	SP, Cerradão
Densidade de árvores e arbustos	$\geq 1.111,$	$\geq 625$	ind./ha	Lenhosas acima $\geq 1$ m	3 anos	GO
Número de espécies lenhosas nativa.	$\geq 1.500$	$\geq 1000$	spp./ha	Lenhosas acima $\geq 50$ cm	5 anos	TO
Número de espécies lenhosas nativa.	$\geq 20$		Spp.	Lenhosas acima $\geq 1$ m	3 anos	GO
Número Espécies Regenerantes Nativa	$\geq 3$	0	spp. área total.	H $\geq 50$ cm e CAP $\leq 15$ cm	3 anos	SP
Número Espécies Regenerantes Nativa.	$\geq 10$	$\geq 3$	spp. área total.	H $\geq 50$ cm e CAP $\leq 15$ cm	5 anos	SP
Solo exposto	$\leq 50$	$\leq 70$	% da área	Estimativa visual em subparcelas	5 anos	TO

## Formação Savânicas e seus Indicadores Quantitativos

As formações savânicas abrangem principalmente o Cerrado sentido restrito e o cerrado denso. Para esta fisionomia, foram citados principalmente 18 indicadores. As principais fontes de dados são: SMA 32, Protocolo do Distrito Federal, Protocolo de Mato Grosso e a Resolução IN Goiás. Abaixo, apresentamos a seleção dos principais indicadores pertinentes, bem como sua variação de valores nos anos iniciais dos projetos de recomposição da vegetação nativa

**Cobertura de lenhosas nativas.** Considera-se apenas a área de solo coberta por espécies nativas arbustivas e arbóreas. Este indicador é calculado com base na interceptação de pontos ao longo de um segmento ou na projeção da área da copa sobre o segmento central. Os valores são expressos em porcentagem (%), sendo que os protocolos do Distrito Federal (DF) e de Mato Grosso (MT) definem um limite para inclusão na amostragem, considerando apenas indivíduos com copas  $\geq 200$  cm de altura. Outros protocolos, no entanto, não especificam limites para a inclusão na amostragem.

Nos protocolos que adotam valores para anos iniciais, observa-se um conflito em relação aos valores de cobertura. Nos primeiros três anos, os protocolos (SP e GO) admitem uma cobertura de  $\geq 50\%$ , enquanto aos 5 anos, o protocolo do Tocantins admite valores de  $\geq 30\%$ .

**Cobertura total da vegetação nativa.** Este indicador leva em consideração a cobertura total de todas as formas de vida, incluindo graminóides, herbáceas, arbustivas e arbóreas. O método indicado para a estimativa é a área do segmento central coberta por vegetação nativa. Este valor é

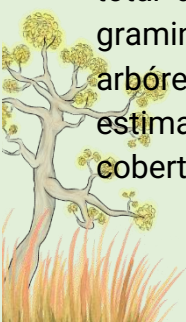
mais preciso quando a cobertura é dividida por diferentes formas de vida.

Os protocolos que adotam valores para os estágios iniciais de restauração são os de São Paulo (SP) e Tocantins (TO). No caso do Tocantins, a estimativa percentual é baseada em uma avaliação visual realizada durante um caminhamento em duas subparcelas de 5m x 5m (25 m<sup>2</sup>), dentro da parcela de 10m x 25m, sugerida para a cobertura de lenhosas.

**Cobertura de gramíneas ou herbáceas nativas.** Dependendo do protocolo adotado considera-se apenas a área de solo coberta por espécies de gramíneas nativas ou gramíneas e herbáceas. Esse indicador é calculado a partir da interceptação de pontos em segmento, considerando todos os indivíduos que interceptam o ponto entre 0 e 200 cm. Outra abordagem é a estimativa percentual, realizada por meio de caminhamento visual em duas subparcelas de 5m x 5m (25 m<sup>2</sup>).

Os protocolos de Tocantins e Goiás admitem, para os anos iniciais, uma cobertura de gramíneas nativas  $\geq 50\%$ . Já os protocolos do Distrito Federal (DF) e Mato Grosso (MT) estabelecem  $\geq 30\%$  como referência para  $\geq 10$  anos de restauração. O Mato Grosso e o Tocantins também adotam  $\geq 30\%$ , mas com a inclusão de outras formas de vida herbáceas, além das graminóides.

**Cobertura de gramíneas ou herbáceas exóticas.** Considera-se apenas a área de solo coberta por espécies de gramíneas exóticas. Esse indicador é calculado a partir da interceptação de pontos em segmento, considerando todos os indivíduos que interceptam o ponto entre 0 e 200 cm, ou por meio de uma estimativa visual realizada em duas subparcelas de 5m x 5m (25 m<sup>2</sup>).



Os protocolos de Goiás e Mato Grosso admitem a mesma cobertura de gramíneas exóticas de  $\leq 20\%$ , sendo que Goiás adota esse valor para 3 anos e Mato Grosso para  $\geq 10$  anos de restauração. O protocolo de Tocantins admite até  $\leq 50\%$  de gramíneas exóticas aos 5 anos, enquanto o Distrito Federal (DF) considera 40% de cobertura exótica. Mato Grosso permite  $\leq 50\%$  de gramíneas exóticas para áreas de até 4 módulos fiscais após  $\geq 10$  anos de restauração.

Em relação à cobertura de espécies nativas, o protocolo de Tocantins estabelece  $\leq 50\%$  de gramíneas exóticas, enquanto os demais protocolos fixam  $\leq 40\%$  (DF) e  $\geq 50\%$  (MT) de cobertura de gramíneas exóticas para restauração com  $\geq 10$  anos.

#### **Densidade de árvores e arbustos.**

Considerando apenas indivíduos lenhosos acima de 60 cm, esse indicador reflete indiretamente a cobertura das copas. No entanto, sua importância para áreas florestais está na aferição indireta da densidade de árvores ou indivíduos lenhosos, oferecendo uma medida relevante para o monitoramento da regeneração e da estrutura da vegetação. Os protocolos que incluem esse indicador são os de Tocantins e Goiás, com valores estimados de  $\geq 1200$  e  $\geq 1388$  indivíduos, respectivamente.

**Densidade de regenerantes nativos.** Este indicador mede a quantidade de indivíduos nativos regenerantes de todas as formas de vida (graminóides, herbáceas, arbustivas e arbóreas). Os métodos para inclusão dos indivíduos dentro da parcela variam. Podem ser incluídos indivíduos com altura (H) igual ou maior que 50 cm e com Circunferência à Altura do Peito (CAP) menor que 15 cm ou inexistente ( $H \geq 50$  cm e  $CAP \leq 15$  cm). Além disso, a inclusão de indivíduos lenhosos pode ser feita para aqueles com altura  $\geq 30$  cm e  $\leq$

200 cm. Os protocolos que apresentam valores iniciais para esse indicador são os de São Paulo, Tocantins e Goiás.

**Número de espécies lenhosas nativas.** Este indicador é calculado pela soma do número de espécies presentes na parcela. O único protocolo que fornece essa informação separada por espécies lenhosas para formações savânicas nos anos iniciais é o de Goiás, que admite, aos 3 anos de restauração, um valor de  $\leq 25$  morfoespécies e  $\geq 10$  morfoespécies. O protocolo do Distrito Federal, por sua vez, estabelece a presença de  $\geq 30$  espécies para áreas de 7 hectares e  $\leq 20$  hectares, mas apenas após 10 anos de restauração.

#### **Número de morfoespécies nativas regenerantes.**

A contagem de morfoespécies considera indivíduos com altura igual ou maior que 50 cm e Circunferência à Altura do Peito (CAP) menor que 15 cm ou inexistente ( $H \geq 50$  cm e  $CAP \leq 15$  cm). O único protocolo que adota essa medida é o de São Paulo (SP).

Baseado na fisionomia de savana, recomendamos a subdivisão em:

#### **Número de morfoespécies herbáceas nativas regenerantes**

#### **Número de morfoespécies lenhosas nativas regenerantes**

O único protocolo que apresenta essa subdivisão é o de Mato Grosso, que divide as áreas da seguinte forma:

**Para áreas  $\leq 4$  módulos fiscais:** 10 espécies

**Para áreas  $\geq 4$  módulos fiscais:** 20 espécies

Esses critérios se aplicam tanto para regenerantes lenhosos quanto para herbáceas, sem critério de altura.

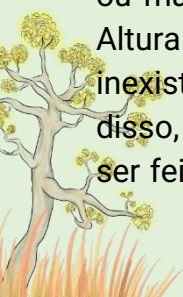


Tabela 3. Indicadores ecológicos recomendados pelos protocolos consultados para formação savânica no Cerrado, abrangendo fisionomias de cerrado sentido restrito e cerrado denso.

Indicador	Adequado	Aceitável	Métrica	Amostragem	Ano	Ref.
Cobertura de arbóreas nativas	≥50%	≥25%	% da área	Arbóreas-arbustivas ou ≥200 cm	3 anos	GO
Cobertura de arbóreas nativas	≥30%	≥10 %	% da área	Arbóreas-arbustivas ou ≥200 cm	5 anos	TO
Cobertura total da vegetação nativa	≥80%	≥ 15%	% da área	Estimativa da área do segmento central	3 anos	SP
Cobertura total da vegetação nativa	≥80% ou ≥50%	≥30%	% da área	Estimativa da área do segmento central; ou estimativa visual em parcelas de 5m x 5m (25m)	5 anos	SP; TO
Cobertura de gramíneas ou herbáceas nativas	≥50%	≥ 25%	% da área	Não especificado;	3 anos	GO
Cobertura de gramíneas ou herbáceas nativas	≥50% ou ≥30%	≥25%	% da área	Estimativa por ponto ou da área do segmento central; ou estimativa visual em parcelas de 5m x 5m (25m)	5 anos	TO; DF & MT
Cobertura de gramíneas exóticas	≤20%	≤30%	% da área	Estimativa por ponto;	3 anos; 10 anos	GO; MT
Cobertura de gramíneas exóticas	≤50%	≤70%	% da área	Estimativa visual em parcelas de 5m x 5m (25m)	5 anos	TO
Cobertura de gramíneas exóticas	≤40%		% da área	Estimativa por ponto	10 anos	DF
Densidade de árvores e arbustos	≥1.388 ou ≥1.200	800 ou ≥781	Ind./ha	Lenhosas acima ≥ 60 cm ou Lenhosas acima ≥ 50 cm	3 e 5 anos	GO; TO
Densidade de Regenerante nativos	≥ 200	0 a 200	ind./ha	Indivíduos acima ≥ 50 cm e CAP < 15 cm	3 anos	SP
Densidade de Regenerante nativos	≥1000	≥200	ind./ha	Indivíduos acima ≥ 50 cm e CAP < 15 cm	5 anos	SP

Número de espécies lenhosas nativa.	≥25	≥10	Spp. área total	Lenhosas acima ≥ 60 cm	3 anos	GO
Número Espécies Regenerantes Nativa	≥3		Spp. área total	Indivíduos acima ≥ 50 cm e CAP < 15 cm	3 anos	SP
Número Espécies Regenerantes Nativa	≥10	≥ 3	Spp. área total	Indivíduos acima ≥ 50 cm e CAP < 15 cm	5 anos	SP
Número Espécies Regenerantes Nativa.	≥20 lenhosas ≥10 herbáceas		Spp. área total	Dentro da parcela sem critério de altura	≥10 anos	MT
Solo exposto	≤50	≤70	% da área	Estimativa visual em parcelas de 5m x 5m (25m)	5 anos	TO

## Formação Campestre e seus Indicadores Quantitativos

As Formações Campestres abrangem principalmente Campo Cerrado, Campo Sujo e Campo Limpo. Considerando essas fisionomias, foram citados principalmente 11 indicadores. As principais fontes de dados são: SMA 32, Protocolo do Distrito Federal, Protocolo de Mato Grosso (MT), Protocolo de Tocantins e a Resolução IN Goiás. Abaixo, apresentamos a seleção dos principais indicadores pertinentes, com suas variações de valores nos anos iniciais dos projetos de recomposição da vegetação nativa.

**Cobertura de nativas.** Considera-se a área de solo coberta por quaisquer formas de vida de espécies nativas, incluindo as lenhosas. Esse indicador é calculado a partir da projeção dos trechos do segmento cobertos por vegetação nativa ou por meio de uma estimativa visual, com caminhamento em duas subparcelas de 5m x 5m (25 m<sup>2</sup>). O Protocolo de Tocantins adota uma cobertura de  $\geq 50\%$  para os anos iniciais, enquanto o Protocolo de São Paulo (SP) utiliza  $\geq 80\%$  tanto para 3 quanto para 5 anos. Já os protocolos do Distrito Federal (DF) indicam  $\geq 50\%$  para os 10 anos, e  $\geq 80\%$  para áreas dentro de Unidades de Conservação (UC). O Protocolo de Mato Grosso (MT) adota  $\geq 70\%$  de cobertura nativa para áreas com  $\geq 4$  módulos fiscais e  $\geq 50\%$  para áreas com  $\leq 4$  módulos fiscais.

**Cobertura de gramíneas e/ou herbáceas nativas.** Considera-se a área do solo coberta apenas pelas formas de vida graminoides de espécies nativas. Esse indicador é calculado a partir da interceptação de pontos em segmento, considerando todos os indivíduos que interceptam o ponto de 0 a 200 cm, ou por meio de uma estimativa visual, realizada durante o caminhamento em duas subparcelas de 5m x 5m (25 m<sup>2</sup>). Apenas o **protocolo de Goiás** apresenta valores de

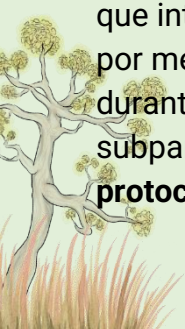
$\geq 80\%$  para os anos iniciais de restauração, entretanto com valores que são mais altos que os admitidos nos **protocolos do Distrito Federal e Mato Grosso** admitem valores de  $\geq 50\%$  de cobertura de gramíneas nativas após 10 anos, sendo que para **Unidades de Conservação (UC)**, o valor deve ser  $\geq 80\%$ .

**Cobertura de gramíneas exóticas.** Este indicador é calculado a partir da interceptação de pontos em segmento, considerando todos os indivíduos que interceptam o ponto entre 0 e 200 cm, ou por meio de uma estimativa visual baseada no caminhamento em duas subparcelas de 5 m x 5 m (25 m<sup>2</sup>). Para os **anos iniciais**, os **protocolos de Goiás e Tocantins** apresentam valores de referência de  $\leq 10\%$  e  $\leq 50\%$ , respectivamente. Nos **demais protocolos**, para **10 anos de restauração**, os valores são  $\leq 50\%$  para áreas fora de Unidades de Conservação (UC) e para áreas com  $\leq 4$  **módulos fiscais**. Para áreas com  $\geq 4$  **módulos fiscais**, o valor de referência é  $\leq 20\%$ , e há **tolerância zero** para áreas dentro de UC.

**Cobertura de lenhosa.** O único protocolo que apresenta esse valor é o do **Distrito Federal**, que admite  $\leq 30\%$  de cobertura, sem critério de altura. Esse parâmetro é importante para evitar o favorecimento de espécies lenhosas por meio de técnicas ou manejos específicos em áreas campestres de restauração.

**Número de espécies regenerantes nativas.** Incluindo tanto espécies lenhosas quanto não lenhosas, sem critério de altura, o único estado que apresenta esse valor é **Mato Grosso**, para o período de **10 anos**, com **valores  $\geq 10$  espécies**.

**Número de espécies gramíneas e/ou herbáceas.** Incluindo apenas espécies não lenhosas (herbáceas e graminóides), o único estado que traz esse indicador é Goiás,



admitindo  $\geq 30$  espécies na área partir do 3º ano.

Tabela 4 Indicadores ecológicos recomendados pelos protocolos consultados para formação campestre no Cerrado, abrangendo fisionomias de campo sujo, campo limpo e campo cerrado.

Indicador	Adequado	Aceitável	Métrica	Amostragem	Ano	Referência
Cobertura de nativas	≥80%	≥15%	% da área	Estimativa da área do segmento central	3 anos	SP
Cobertura de nativas	≥80% ou ≥50%	≥30 %	% da área	Estimativa da área do segmento central; ou estimativa visual em parcelas de 5m x 5m (25m)	5 anos	SP; TO
Cobertura de gramíneas e/ou herbáceas nativas	≥80%	≥50%	% da área	Sem especificações	3 anos	GO
Cobertura de gramíneas e/ou herbáceas nativas	≥50%	≥25%	% da área	Estimativa por ponto	10 anos	DF & MT
Cobertura de gramíneas exóticas	≤10%	≤50%	% da área	Sem especificações	3 anos	GO
Cobertura de gramíneas exóticas	≤50%		% da área	Estimativa visual em parcelas de 5m x 5m (25m)	5 anos	TO
Cobertura de lenhosas	≤30%		% da área	Sem critério de inclusão	≥10 anos	DF
Número de espécies regenerantes nativas	≥10		Spp. área total	Lenhosas e não lenhosas sem critério de altura para a inclusão	10 anos	MT
Número de espécies gramíneas e/ou herbáceas	≥30	≥10	Spp. área total	Não lenhosas sem critério de altura pra inclusão	3 anos	GO

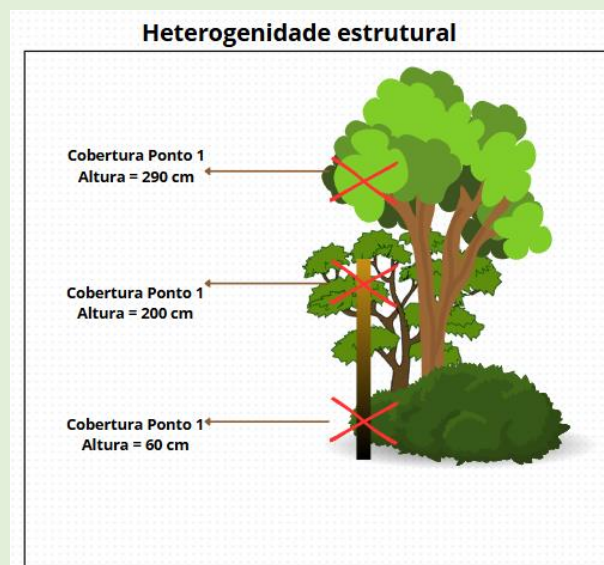
## Indicadores Adicionais Ausente Nos Protocolos Consultados

Heterogeneidade Estrutural é uma medida que indica a complexificação da vegetação. A medida de que a vegetação se desenvolve há formação de camadas em diferentes alturas, que pode ser indicada pela heterogeneidade vertical. Esse indicador pode ser especialmente úteis para formações Savânicas e Florestais

Esse indicador pode por meio de um método de **interceptação de pontos em linha**, o mesmo adotado para medir a cobertura de copa pelos protocolos do Mato Grosso e Distrito Federal.

Neste método, ao longo de uma trena de 25 metros (linha central da parcela de amostragem), uma vareta de 2 metros de altura graduada é disposta perpendicularmente ao solo. A vareta é posicionada a cada 1 metro ao longo da linha, e é anotada a altura de cada cobertura que toca a vareta, desde o solo até 2 metros de altura.

Para indivíduos acima de 2 metros, que são observados ao olhar para cima, a altura pode ser estimada visualmente. Ao final, será gerado para cada parcela um perfil de gradiente vertical, permitindo aferir a **heterogeneidade vertical** da vegetação. Este método oferece uma maneira prática de medir a variação estrutural da vegetação, possibilitando a avaliação da complexidade da estrutura de diferentes camadas na área de restauração.



## Desafios e Perspectivas Na Visão De Executores Do Monitoramento

De maneira geral, os executores de restauração e monitoramento nesse bioma reconhecem a importância dos indicadores estabelecidos nos protocolos. Entretanto, chamam atenção para alguns critérios de inclusão na amostragem e a viabilidade em alcançar os valores de referência, desde que os métodos estejam alinhados ao protocolo utilizado

**Flexibilidade nos Valores de Referência e Avaliação de Progresso.** Executores levantaram a questão de substituir o uso de um único valor de referência por uma faixa de valores aceitáveis, permitindo que os resultados do monitoramento reflitam melhor a realidade dos diferentes níveis de degradação das áreas em restauração. Os executores defendem que, em casos onde o fator de degradação inicial é alto, pode ser inviável atingir os parâmetros sugeridos, mesmo com o cumprimento rigoroso dos protocolos sobre métodos aplicados para restaurar áreas degradadas.

Somado a isso, eles sugerem um indicador que meça o progresso relativo da área, representando a melhoria em relação ao seu estado inicial – uma espécie de “delta” que



registre a redução dos fatores de degradação e o avanço no restabelecimento de processos ecológicos. Por exemplo, uma redução de 50% na cobertura de espécies exóticas ao longo de quatro anos, em uma área que estava ocupada 100% por essas espécies há mais de 30 anos, é vista como um avanço significativo, mesmo que não alcance a meta de redução total. Isso permitiria um monitoramento mais adaptado às especificidades do bioma e do histórico de degradação de cada área.

#### **Esforço Amostral e Limitações de Parcelas.**

Empresas que realizam o monitoramento frequentemente se incomodam com o número elevado de parcelas, pois isso aumenta o custo e a complexidade do trabalho em campo. Portanto, é importante ajustar o esforço amostral, considerando um número de polígonos que seja viável para execução sem comprometer a qualidade dos dados. Ferramentas como SIG e drones podem auxiliar na delimitação e coleta de dados em grandes áreas, facilitando o trabalho e reduzindo custos.

#### **Separação de Regenerantes e Plantas Estabelecidas.**

É essencial separar os regenerantes (espécies que estão se estabelecendo) das plantas já estabelecidas, pois isso possibilita um entendimento mais preciso da regeneração ecológica ao longo do tempo. Essa diferenciação permite observar quais espécies estão efetivamente se regenerando e quais já atingiram um estágio de maturidade, considerando que esse processo pode variar entre diferentes regiões.

#### **Consideração de Biomas e Dinâmica Regional.**

Os indicadores e métodos de monitoramento devem levar em conta as especificidades de cada bioma, pois a velocidade de recuperação varia entre regiões. Em algumas áreas, o processo de regeneração é mais rápido, enquanto em outras, especialmente com condições ambientais mais adversas, o tempo necessário pode ser mais longo. Janelas de

monitoramento maiores podem ser necessárias para capturar essas dinâmicas.

#### **Influência da Paisagem e Cobertura Florestal.**

A presença de uma paisagem com alta cobertura florestal ao redor da área em recuperação, especialmente áreas com mais de 40% de cobertura, pode favorecer a regeneração natural. Áreas onde o plantio de mudas foi bem executado, com boa conectividade florestal, tendem a atingir indicadores de regeneração mais rapidamente, pois a paisagem oferece fontes de propágulos que auxiliam na recuperação.

#### **Indicadores de Riqueza de Espécies em Áreas Campestres.**

Em áreas campestres, é importante considerar indicadores de riqueza de espécies e perenidade das espécies, focando especialmente em espécies perenes.

#### **Redução da Altura Mínima para Amostragem.**

A redução da altura mínima para 15 cm é proposta para capturar a regeneração de espécies lenhosas e herbáceas em áreas de savana e campo. Mesmo após quatro anos de restauração, muitas dessas plântulas ainda não atingem os 30 cm estipulados em protocolos existentes. Além disso, os executores recomendaram registrar a dominância por espécies de gramíneas no campo, a fim de entender se, apesar de a área apresentar alta cobertura do solo, ela pode ser dominada por uma única espécie e ter uma riqueza baixa. Isso ajudaria a avaliar melhor a qualidade da vegetação e o sucesso da restauração.

#### **Limitações dos Protocolos para Florestas.**

No caso de alguns protocolos há limitações apontadas para áreas florestais, onde regenerantes com altura inferior a 2 metros não são incluídos na análise, e a cobertura do solo não é avaliada. Sugere-se mesclar os protocolos para as fisionomias de savana e floresta, a fim de incluir aspectos como:

- Cobertura de solo por espécies lenhosas nativas



- Cobertura de solo por espécies exóticas
- Inclusão de cobertura de herbáceas

Os executores entrevistados indicaram que, para suprir a falta desses indicadores em Fisionomias florestais, eles realizam a mescla do protocolo de floresta com o de savana do que o uso exclusivo dos parâmetros voltados apenas para florestas. Eles consideram que essa abordagem integrada permite uma avaliação mais completa das condições de restauração.



# Caatinga

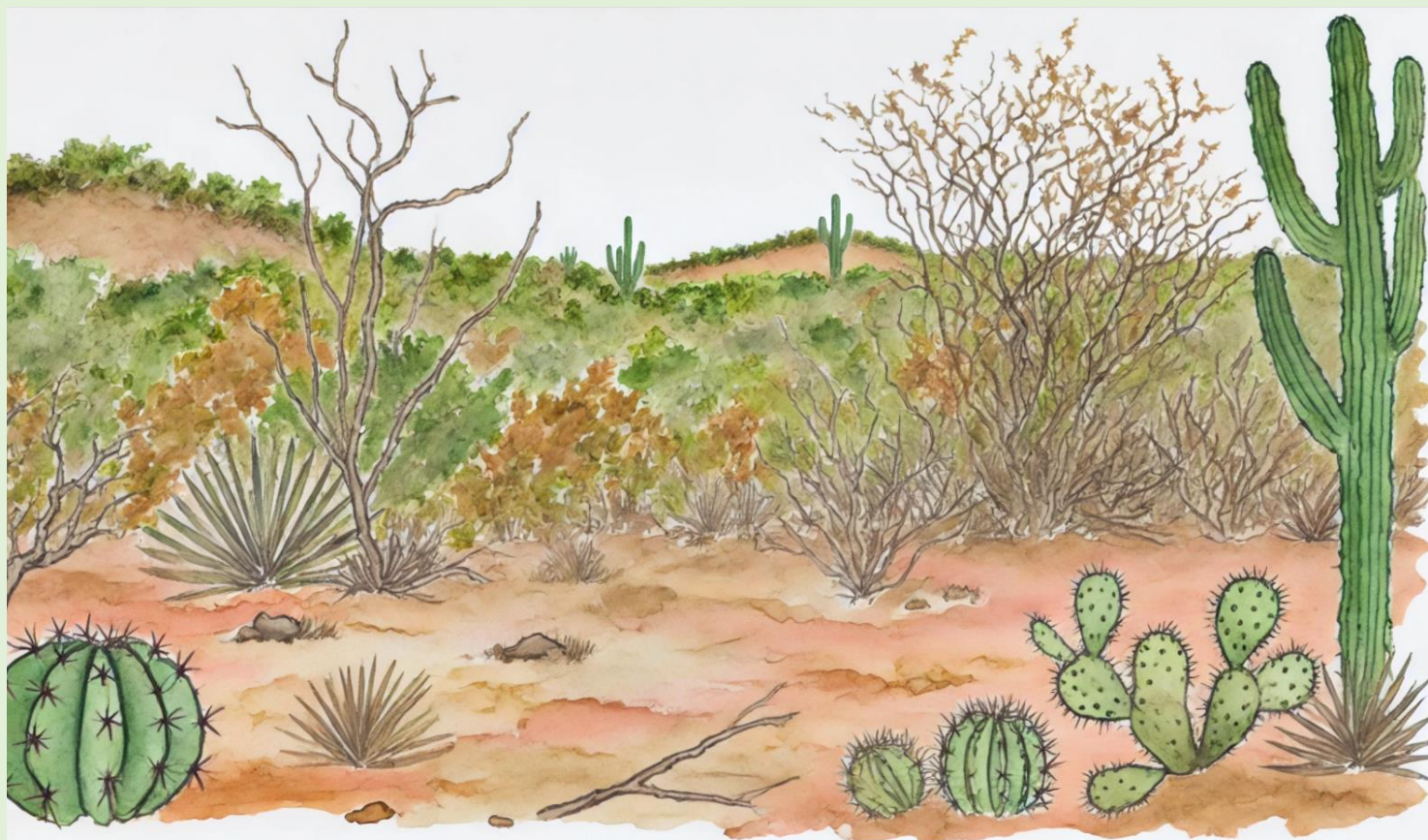
No total, consultamos 5 protocolos de monitoramento, dos quais foram citados 18 indicadores diferentes para a **Caatinga**. Dentre os protocolos mencionados, todos abrangem somente a fisionomia florestal, sendo que 4 protocolos são específicos para o monitoramento do plantio de mudas. Especificamente, um protocolo refere-se ao monitoramento do plantio de mudas em Florestas Ribeirinhas. Apenas os protocolos da Bahia e o Guia de Reflorestamento da Zona da Mata Nordestina fornecem indicadores com valores de referência. O **protocolo da Bahia** oferece valores para 5 anos de restauração, enquanto o **Guia da Zona da Mata** fornece valores para 3 anos de restauração. Os demais protocolos sugerem os indicadores sem valores de referência definidos.

**Para acessar os principais protocolos do Bioma**

[Protocolo da Bahia](#)

[Protocolo Zona da Mata Nordestina](#)

[Protocolo CEPAN](#)



Consultamos o Centro de Pesquisas Ambientais do Nordeste (CePAN), que nos forneceu um ensaio sobre o protocolo de monitoramento da Caatinga. A versão oficial ainda será publicada via Rede para a Restauração da Caatinga (RECAA). Esse protocolo consultado via CEPAN traz valores de referência de referência para o primeiro ano da restauração e para cada método de restauração: Semeadura direta, Plantio de mudas, Nucleação, Transplante de solo, Condução da regeneração natural, Sistemas agroflorestais (SAF) e Integração lavoura pecuária e floresta (ILPF). Ressaltamos ainda, que o protocolo consultado foi construído a partir da reunião de informações disponíveis em publicações científicas para o monitoramento de florestas tropicais sazonalmente secas. Entretanto, a maior parte da base empírica foi baseada nas orientações técnicas para Mata Atlântica.

### Métodos de amostragem

É recomendado que a coleta de dados seja feita na transição entre as estações chuvosa e seca, para melhores condições de trabalho e também obter os valores adequados de cobertura.

Os protocolos consultados diferem quanto ao método de amostragem da vegetação. Como a maioria dos protocolos estavam interessados no monitoramento para o plantio de muda, existem recomendação para medição de área total e o uso de parcelas 10m x 20 m, enquanto o protocolo do CEPAN recomenda parcelas de 15m x 15 m. Os protocolos recomendam que em caso de plantio de mudas, a disposição das parcelas deverá ser planejada de modo a perpassar diagonalmente as linhas de plantio.

Os únicos protocolos que mencionam uso de cobertura como indicadores utilizam o método de interceptação de linhas.

**O método de interceptação da linha central**, consiste na medida da interceptação da vegetação ao longo de uma linha. Nesse método é registrado quanto a vegetação e as projeções das copas interceptam a linha de amostragem. Os protocolos consultados utilizam uma linha central de 20 metros (Protocolo da Bahia) ou 15 metros (Protocolo CePAN), e à medida que se caminha ao longo da fita métrica, registra-se o intervalo da cobertura vegetal.

### Os critérios de inclusão

Para o protocolo CEPAN, o critério de inclusão para a contagem de indivíduos no cálculo dos indicadores sugeridos é de 50 cm de altura. No entanto, esse critério pode ser ajustado dependendo do método de restauração utilizado.

### Esforço de amostragem

O único protocolo que especifica o número de parcelas para amostragem é o protocolo do CEPAN. Ele recomenda o estabelecimento de 3 parcelas em áreas  $\geq 0,5$  ha e  $\leq 1$  ha, com a adição de uma nova parcela a cada hectare adicional. Para áreas menores que 0,5 ha, será estabelecida uma única parcela.

ÁREA (A)	Nº DE UNIDADES AMOSTRAIS PROTOCOLO (CEPAN)
$A \leq 0,5$	1
$0,5 \geq A \leq 1$	3
$A \geq 1$	Nº de hectares + 3

### Indicadores da vegetação para avaliação e monitoramento

No geral os indicadores podem ser divididos em Indicadores quantitativos de Estrutura da vegetação que incluem *Cobertura* e *Riqueza*, ainda, há sugestão de indicadores qualitativos

que incluem a presença ou ausência de determinados fatores de degradação nas áreas e qualidade do solo.

### Indicadores Qualitativos Pertinentes à Todas Formações vegetais

Dentro os protocolos e indicadores consultados, abaixo é apresentado os indicadores qualitativos que foram considerados pertinentes:

**Presença de fauna ameaça (Formigas cortadeiras, Cupins).** Recomenda-se registrar número de mudas que apresentam sinais de ataque por formiga e/ou presença de ninhos ou cupins na área.

**Presença de espécies lenhosas invasoras.** Registrar a presença ou ausência de espécies lenhosas invasoras por meio da avaliação visual.

**Proteção de agentes perturbadores (Controle de ameaças).** Registrar visualmente presença de madeiras com corte (tocos) e/ou vestígios de corte, presença de animais que pastam (ex. bovinos, caprinos) e outros fatores de degradação na área por meio de observação e histórico.

### Formação Florestais e seus Indicadores Quantitativos

**Cobertura de arbóreas nativas.** Todos os protocolos mencionam a **cobertura arbórea** como um indicador, mas apenas os protocolos elaborados pelo **CEPAN, Bahia** e o **Guia da Zona da Mata** fornecem **valores de referência** para os primeiros anos de monitoramento. Esses valores são adaptados para **florestas ribeirinhas** e **florestas secas**, apresentando variações dependendo do tipo de floresta e da idade do monitoramento.

**Cobertura de gramíneas invasoras.** Apenas o **Guia da Zona da Mata** apresenta **valores de referência** para o indicador de **cobertura**

**arbórea.** Os demais protocolos fornecem esse indicador de forma **qualitativa**, sem valores específico, utilizando a análise visual para a presença e ausência de exóticas, **incluindo além de gramíneas espécies lenhosas.**

**Número de espécies arbóreas nativas.** Os três protocolos apresentam valores de referência para este indicador, que é estimado a partir da contagem do número de espécies lenhosas dentro das parcelas ou na área total. O protocolo do CEPAN especifica o critério de inclusão de indivíduos com altura  $\geq 50$  cm, enquanto os demais protocolos não definem critério de altura para a inclusão nesse indicador.

**Número de espécies nativas regenerantes.** O único protocolo que apresenta valores de referência para esse indicador é o Guia da Zona da Mata. Embora outros protocolos mencionem os regenerantes, como o protocolo do CEPAN, que solicita a verificação de presença ou ausência de regeneração natural, eles não fornecem valores específicos ou indicadores para este parâmetro.



Tabela 5. Indicadores ecológicos recomendados pelos protocolos consultados para formação florestal Caatinga, abrangendo fisionomias de floresta secas.

Indicador	Adequado	Aceitável	Métrica	Amostragem	Ano	Referência
Cobertura de arbóreas nativas	≥30%		% da área	O método de interceptação da linha central de 15 metros	1 ano	CEPAN;
Cobertura de arbóreas nativas	≥100%	≥70%	% da área	O método de interceptação da linha central de 20 metros	3 anos	Guia zona da Mata
Cobertura de arbóreas nativas	≥50%	≥15 %	% da área	O método de interceptação da linha central de 20 metros	5 anos	BA
Cobertura de gramíneas invasoras	≤25%	≤50%	% da área	Estimar a cobertura visualmente na parcela de 10 m x 20 m	3 anos	Guia Zona da Mata
Número de espécies ou morfoespécies arbóreas nativas	≥49 spp.	≥18 spp.	Spp. área total	Espécies com altura ≥ 50 cm em parcelas 15 m x 15 m	1 ano	CEPAN;
Número de espécies ou morfoespécies arbóreas nativas	≥80 spp.	≥ 50 spp.	Spp./ha	Contagem de todas as espécies lenhosas dentro de parcelas 10 x 20m	5 anos	Guia Zona da Mata
Número de espécies ou morfoespécies arbóreas nativas	≥50 spp.	≥ 20 spp.	Spp. área total	Medição nas linhas de plantio em área total	3 anos	BA
Número de espécies regenerantes nativas	≥20 spp.	≥10 spp.	Spp./ha	Contagem de todas as espécies lenhosas com altura ≥ 50 cm dentro de parcelas 10 x 20m	5 anos	Guia Zona da Mata

## INDICADORES ADICIONAIS AUSENTE NOS PROTOCOLOS CONSULTADOS

A presença de indicadores de densidade, como a densidade de indivíduos nativos regenerantes ou a densidade de lenhosas por hectare, é fundamental para monitorar o processo de restauração. Esse dado pode ser obtido por meio da contagem de indivíduos lenhosos nativos presentes na parcela amostrada. O critério de inclusão pode seguir o mesmo utilizado para o número de espécies regenerantes nativas, ou seja, considerar como regenerantes os indivíduos lenhosos com altura  $\geq 50$  cm. Alternativamente, pode-se adotar critérios de outros protocolos, que definem como regenerantes os indivíduos lenhosos de espécies nativas com altura entre  $\geq 0,3$  m e  $\leq 2$  m.

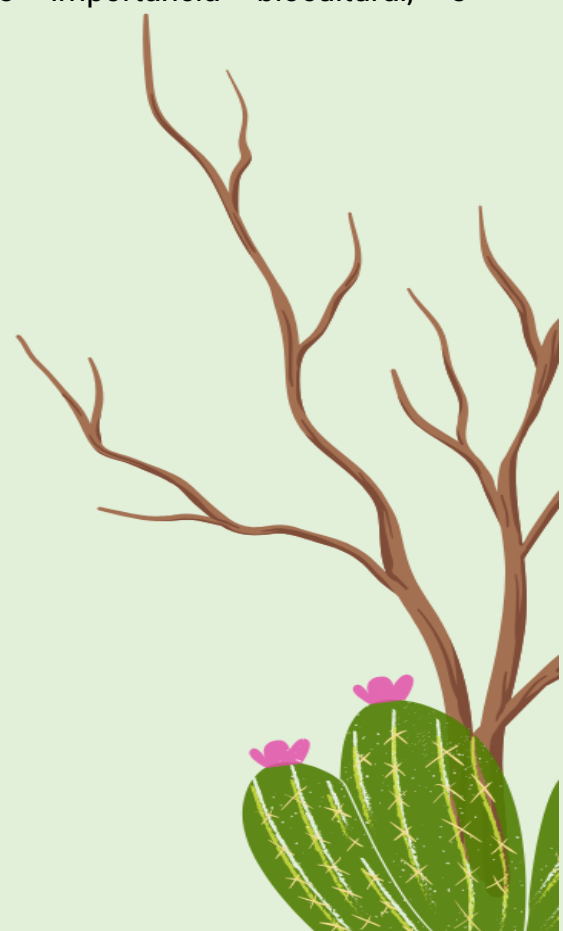
## Desafios E Perspectivas Na Visão De Executores Do Monitoramento

O monitoramento da recuperação da vegetação na Caatinga exige adaptações específicas para responder às particularidades desse bioma. Um dos principais obstáculos é a definição de valores de referência confiáveis, já que a literatura disponível ainda é limitada. Embora já exista um protocolo inicial proposto pelo CEPAN, que serve como um primeiro ensaio, ele ainda está em fase de aprimoramento, especialmente no que se refere à adaptação dos valores para floresta seca. Indicadores propostos para monitoramento, como sobrevivência de mudas (mínimo de 60%), diâmetro à altura do solo e entre outros são úteis, mas ainda é preciso pensar na viabilidade de aferição e aplicação em campo. Os indicadores de cobertura, densidade e riqueza bem como os métodos de amostragem encontrado em protocolos de outros biomas (Por exemplo cerrado) se demonstra adequado para aplicação Caatinga. contudo, os valores de referência serão diferentes do encontrado nesses

protocolos e precisam ser contextualizados para esse bioma

Em geral, há uma menor incidência de gramíneas invasoras no bioma, a presença de animais, especialmente equinos e caprinos é a perturbação mais evidenciada e parece ser um indicador importante a ser considerado no Bioma. Ressaltamos que o apesar de ser um fator de degradação, o bode possui um valor cultural e econômico para a população local. Propõe-se, portanto, uma abordagem que concilie a proteção do ambiente com alternativas de realocação da criação de caprinos, dividindo propriedades com menos de 4 módulos fiscais e promovendo o cercamento com arames de 8 fios para controlar a presença desses animais.

As áreas de Caatinga são também suscetíveis à desertificação, o que ressalta a importância de se utilizar indicadores diferenciados para monitoramento, como a capacidade de retenção de água. Outro aspecto relevante é a especificidade ecológica e cultural da Caatinga, onde a restauração biocultural, que inclui a composição de espécies nativas e de espécies de importância biocultural, é essencial.



# Pantanal

---

Não houve nenhum protocolo específico para o Bioma **Pantanal** disponível para consulta. No entanto, considerando os limites geográficos deste bioma, adotamos o protocolo do Mato Grosso como referência. Além disso, está em processo de elaboração um protocolo específico para o bioma Pantanal, liderado pelo grupo Mulheres em Ação no Pantanal (MUPAN).

Em consulta com a MUPAN, recebemos comentários relevantes que poderão ser úteis nas discussões realizadas na oficina. A seguir, apresento os principais pontos discutidos, além dos indicadores e valores de referência, conforme o protocolo do Mato Grosso.

**Para acessar os principais protocolos do Bioma**

[Protocolo do Mato Grosso](#)



O protocolo seguido no Pantanal é baseado no **decreto estadual de Mato Grosso**.

Ressalta-se que o monitoramento deve ser realizado **após a cheia** e **após a seca**, de modo a considerar as variações sazonais e as mudanças no ecossistema devido aos ciclos de inundação

### **Ciclos Plurianuais e Oportunidade de Monitoramento**

É importante que o monitoramento no Pantanal considere ciclos plurianuais, uma vez que o ambiente da região é dinâmico e variável, especialmente devido aos períodos de inundação. Por isso, é essencial entender o contexto histórico de inundação e determinar qual a época ideal para o monitoramento. A construção das parcelas de amostragem deve ser feita de forma a considerar a direção do gradiente de inundação, sendo preferencialmente dispostas perpendicularmente ao rio.

### **Métodos de Amostragem**

E embora as metodologias para o monitoramento da vegetação possam ser as mesmas dos outros biomas. As parcelas utilizadas para o monitoramento geralmente são de dimensões diferentes daquelas encontradas no protocolo do Mato Grosso.

- Parcelas de 10 x 10 metros para vegetação arbórea.
- Parcelas de 5 x 5 metros para arbustos.
- Parcelas de 1 x 1 metro para análise das herbáceas graminóides.

### **Desafios e Perspectivas Futuras**

O grande desafio identificado para o Pantanal é a presença de lianas (trepadeiras lenhosas), que dificultam o monitoramento e a análise da vegetação. Além disso, o uso de análises via

satélite no Pantanal tem se mostrado ineficaz devido à complexidade da vegetação e aos fatores específicos da região.

Os valores de referência para os indicadores de monitoramento devem ser definidos até o próximo ano em protocolo lançado pela MUPAN.



Tabela 6 Indicadores e Valores de referência retirados na íntegra do Protocolo de Monitoramento do Mato Grosso.

FORMAÇÃO VEGETAL	INDICADORES	MÉTRICA	VALORES DE REFERÊNCIA (PARA AFERIR ADEQUAÇÃO)
FLORESTAL	Cobertura por vegetação nativa: estratos arbustivo e arbóreo	% da área	≥ 80%
	Riqueza de regenerantes nativos	nº de espécies	20 espécies (projetos ≤5 ha) / 30 espécies (projetos ≥5 ha)
	Densidade de regenerantes nativos (estratos arbustivo e arbóreo)	indivíduos/hectare	3000 indivíduos
SAVÂNICA	Cobertura por vegetação nativa	% da área	≥ 70% (≥30% de herbácea e ≥30% de lenhosa)
	Solo exposto	% da área	≤ 30%
	Riqueza de regenerantes nativos	nº de espécies	20 espécies lenhosas e 10 espécies herbáceas
CAMPESTRE	Cobertura por vegetação nativa	% da área	≥ 70% (≥50% capins nativos)
	Solo exposto	% da área	≤ 30%
	Riqueza de regenerantes nativos	nº de espécies	10 morfotipos ou espécies herbáceas
TODAS	Cobertura por espécies exóticas	% da área	≤ 20%

# Mata atlântica

Consultamos um total de 14 protocolos de monitoramento, que abrangem 90 indicadores distintos para a **Mata atlântica**. Destes, apenas os protocolos do Rio de Janeiro e de São Paulo distinguem indicadores para diferentes formações vegetais, como manguezais e formações abertas, incluindo campos de altitude, restinga arbustiva e restinga herbácea. Os demais protocolos consideram apenas as formações florestais, com foco principal em florestas ribeirinhas.

A maioria dos protocolos consultados abrange indicadores voltados ao monitoramento por meio do método de plantio de mudas. Apenas três protocolos, incluindo os dos estados de São Paulo e Rio de Janeiro, apresentam indicadores aplicáveis independentemente do método de restauração. Além disso, há protocolos que contemplam a regeneração natural, a nucleação e os sistemas agroflorestais (SAFs).

Para os SAFs, os valores de referência para esses indicadores são apresentados no protocolo "Caderno Mata Ciliar" do estado de São Paulo, provavelmente um precursor da resolução SMA nº 32/2014, e no protocolo do estado do Rio de Janeiro referente à resolução INEA nº 143/2017.

## Para acessar os principais protocolos do Bioma

[Protocolo da Bahia](#)

[Protocolo do Paraná](#)

[INEA 143/2014 do Rio de Janeiro](#)

[SMA 32/2014 de São Paulo](#)

[Protocolo do Pacto para Rest.](#)



Os estados que abrangem o bioma Mata Atlântica e possuem indicadores com valores de referência são São Paulo, Rio de Janeiro, Bahia e Paraná. Aparentemente, a maioria dos protocolos consultados no nível do bioma pertence a guias e manuais de iniciativas sediadas no estado de São Paulo, o que levou a uma convergência de métodos e a uma redundância de indicadores entre os protocolos analisados. Os protocolos que oferecem valores de referência para os primeiros anos de restauração (1 a 5 anos) incluem os de São Paulo, Rio de Janeiro, Paraná, Bahia e o protocolo do Pacto pela Mata Atlântica. Devido ao grande número de protocolos, com alguns pontos em comum, focaremos as discussões aqui apenas nos protocolos desses quatro estados, e no protocolo do Pacto pela Mata Atlântica.

### Métodos de amostragem

Dentre esses protocolos os que apresentam métodos de amostragem, seguem o padrão da resolução SMA 32 do estado de São Paulo, parcelas retangulares de são de 25m x 4 m. Exceto as recomendações do Pacto da Mata atlântica que sugere parcelas de 9 m x 18 m com subparcelas de 2x 2 m para avaliar a regeneração dos indivíduos.

Apesar disso, os protocolos são consistentes quanto ao método de estimativa para cobertura de copa e cobertura de solo.

Os estados utilizam parcelas retangulares: no Mato Grosso, as parcelas são de 25 x 4 m, amostrando a cobertura pelo método de interceptação da linha central.

**O método de interceptação da linha central**, consiste na medida da interceptação da vegetação ao longo de uma linha. Nesse método é registrado quanto a vegetação e as projeções das copas interceptam a linha de amostragem. Os protocolos consultados utilizam uma linha central de 25 metros, e à

medida que se caminha ao longo da fita métrica, registra-se o intervalo da cobertura vegetal agrupados por diferentes formas de vida dependendo do tipo fisionômico. formação Florestais incluem apenas lenhosas, enquanto que outras formações consideram lenhosas e não lenhosas.

### Esforço de amostragem

Os únicos protocolos que fornecem informações sobre o número de amostras são os protocolos de São Paulo, Rio de Janeiro e do Pacto. Para áreas menores ou iguais a 1 hectare, é sugerido o uso de 5 parcelas amostrais. Para áreas maiores que 1 hectare, recomenda-se 1 parcela por hectare, com a adição de mais 4 parcelas à amostragem segundo Protocolo de SP, e 5 parcelas segundo. O número máximo de parcelas limitado a 50, independentemente do tamanho da área.

Ainda, o protocolo do Pacto, considera-se a realização do monitoramento dispensável para áreas 0,5.

Área (A)	Nº de unidades amostrais protocolo (SP E RJ)	Nº de unidades amostrais protocolo (PACTO)
<b>A ≤ 0,5</b>	5	Dispensável o monitoramento
<b>A ≤ 1 ha</b>	5	5
<b>A ≥ 1 ha</b>	Nº de hectares + 4	(Nº de hectares - 1) + 5

Os protocolos sugerem a distribuição espacial das parcelas de modo aleatório na área a ser monitorada, podendo ser permanentes ou variável a cada monitoramento. Especificamente o protocolo do RJ recomenda que distribuição seja feita de

forma abranger todo o polígono da área de restauração, respeitando uma distância mínima para evitar pseudo-repetição espacial.

As parcelas podem ser temporárias, ou seja, estabelecidas em diferentes pontos a cada período do monitoramento ou podem ser permanentes. Entretanto, o uso de parcelas permanentes pode acarretar um viés estatístico ou induzir o maior cuidado da restauração apenas na área da parcela. Para diminuir esse problema, o protocolo de outros biomas estabelece que 50% do total das unidades amostrais da área deverão ser permanentes e 50% ou mais, para as áreas com número ímpar, deverão ser alocadas em áreas diferentes dentro da área delimitada. Ressaltamos que essa abordagem é mais eficaz para áreas maiores que 1 hectare, que têm tamanho suficiente para possibilitar a realocação da amostragem a cada período de monitoramento.

Adicionalmente, o protocolo do RJ traz o método de Diagnostico Ambiental Rápido (DAR), que usa um método de ponto de observação, no qual o avaliador percorra o polígono a ser analisado e o avalie dos pontos de observação, predeterminados ou não, em procedimento análogo à alocação de parcelas. Vale ressaltar que esse método é realizado somente para avaliar qualitativamente o projeto em uma escala de 1 a 10 proposta por esse estado.

### **Indicadores da vegetação para avaliação e monitoramento**

No geral os indicadores podem ser divididos em Indicadores quantitativos que incluem Cobertura, *Densidade* e *Riqueza da vegetação*, e indicadores qualitativos que incluem a presença ou ausência de determinados fatores nas áreas.

### **Indicadores Qualitativos Pertinentes à Todas Formações vegetais**

Dentre os indicadores da vegetação, os protocolos citam indicados qualitativos pertinentes como por exemplo:

**Presença de espécies lenhosas exóticas invasoras.** Principalmente abordado pelo protocolo da Bahia, sugere a estimativa visual para aferir a presença ou ausência de exóticas invasoras ao caminhar pela área de restauração.

**Proteção de agentes perturbadores (Controle de ameaças).** Abordado pelos protocolos do Paraná, Bahia e do Pacto, a estimativa é feita de forma visual e se existem vestígios de fogo, pisoteio de gado, ataque de formigas ou cupis, processos erosivos, estradas, alterações no regime hídrico. Considera-se adequado quando esses fatores estiverem ausentes nas áreas em restauração

### **Formação Florestal e seus Indicadores Quantitativos**

As formações florestais incluem Floresta Ombrófila Densa, Floresta Estacional Semidecidual, Manguezal e Restinga arbórea. No total, foram identificados 10 indicadores, sendo que a principal fonte dos dados são os protocolos do Rio de Janeiro, São Paulo, Bahia e do Pacto pela Mata Atlântica. O estado do Paraná possui os mesmos indicadores e valores de referência adotados pelo protocolo de São Paulo; portanto, optamos por utilizar apenas o protocolo de SP. Abaixo, apresentamos a seleção dos principais indicadores pertinentes e seus valores de referência para os primeiros 5 anos.

**Cobertura de arbóreas nativas.** Considera-se apenas a área de solo coberta pela copa de espécies nativas arbustivas e arbóreas. O protocolo do Rio de Janeiro estabelece uma cobertura de copa  $\geq 70\%$  no ano 4, enquanto o



de São Paulo requer uma cobertura de copa  $\geq 80\%$  nos anos 3 e 5 da restauração. Além disso, o estado do Rio de Janeiro estabelece esses valores para Manguezais admitindo-se  $\geq 60\%$  no ano 4.

**Cobertura de gramíneas exóticas.** Esse indicador inclui apenas gramíneas exóticas invasoras. O único protocolo que admite esse indicador é o do Rio de Janeiro que estabelece que a cobertura de gramíneas exóticas deve ser inferior a 20% para todas as fisionomias, inclusive para Manguezais e Sistemas Agroflorestais (SAFs).

**Densidade de regenerantes nativos.** Os métodos para inclusão de indivíduos dentro das parcelas variam entre os protocolos. O estado de São Paulo inclui indivíduos lenhosos com altura (H) igual ou superior a 50 cm, enquanto o Rio de Janeiro inclui indivíduos com altura superior a 60 cm. O protocolo do Rio de Janeiro considera adequado um valor de densidade  $> 1250$  ind./ha no ano 4, enquanto São Paulo adota  $> 200$  ind./ha no ano 3 e  $> 1000$  ind./ha no ano 5. Além disso, o estado do Rio de Janeiro estabelece esses valores para Manguezais, admitindo-se  $> 1800$  ind./ha no ano 4.

**Número Espécies Regenerantes Nativa.** Este indicado inclui a contagem de morfoespécies de indivíduos lenhosos com altura igual ou maior que 50 cm para estado de SP e maior que 60 cm para estado do RJ. Os estados divergem quanto ao valor pra fisionomias florestais. Rio De janeiro admite  $\geq 20$  espécies para o ano 4 e São Paulo sugere de 3 a 10 espécies do ano 3 ao 5.



Tabela 7. Indicadores ecológicos recomendados pelos protocolos consultados para formação florestal na Mata Atlântica, abrangendo fisionomias de Floresta ombrófila densa, Floresta Estacional Semidecidual e Restinga arbórea e Manguezais.

Indicador	Fisionomia	Adequado	Aceitável	Métrica	Ano	Ref.
Cobertura de arbóreas nativas	Floresta ombrófila densa, Floresta Estacional Semidecidual e restinga arbórea	≥ 80%	≥15%	% da área	3 anos	PR, SP
Cobertura de arbóreas nativas	Floresta ombrófila densa, Floresta Estacional Semidecidual e restinga arbórea	≥80%	≥10%	% da área	4 anos	RJ
Cobertura de arbóreas nativas	Manguezais	≥60%	≥40%	% da área	4 anos	RJ
Cobertura de arbóreas nativas	Floresta ombrófila densa, Floresta Estacional Semidecidual e restinga arbórea	≥ 80%	≥50%; ≥ 30	% da área	5 anos	BA;PR e SP
Cobertura de gramíneas exóticas	Floresta ombrófila densa, Floresta Estacional Semidecidual, restinga arbórea e manguezais	≤20%	≤30%	% da área	4 anos	RJ
Densidade de Regenerantes nativo	Floresta ombrófila densa, Floresta Estacional Semidecidual e restinga arbórea	≥1.250 ind./ha	≥1.111 ind./ha	Ind./ha	4 anos	RJ
Densidade de Regenerantes nativo	Floresta ombrófila densa, Floresta Estacional Semidecidual e restinga arbórea	≥200 ind./ha		Ind./ha	3 anos	SP e PR
Densidade de Regenerantes nativo	Floresta ombrófila densa, Floresta Estacional Semidecidual e restinga arbórea	≥1000 ind./ha	≥200 ind./ha	Ind./ha	5 anos	SP e PR
Densidade de Regenerantes nativo	Manguezais	>1800 ind./ha	>1660 ind./ha	Ind./ha	4 anos	RJ
Número Espécies Regenerantes Nativa	Floresta ombrófila densa, Floresta Estacional Semidecidual e restinga arbórea	≥20 spp.	≥10 spp.	Spp. área total	4 anos	RJ
Número Espécies Regenerantes Nativa	Floresta ombrófila densa, Floresta Estacional Semidecidual e restinga arbórea	≥3 spp.		Spp. área total	3 anos	SP
Número Espécies Regenerantes Nativa	Floresta ombrófila densa, Floresta Estacional Semidecidual e restinga arbórea	≥10 spp.	≥ 3 spp.	Spp. área total	5 anos	SP

## Formação Não Florestal e seus Indicadores Quantitativos

Aqui, consideramos as formações não florestais, que abrangem as fisionomias de restinga arbustiva, restinga herbácea e campos de altitude. Os indicadores e valores de referência para essas fisionomias estão explicitados principalmente nos protocolos de São Paulo e Rio de Janeiro e seguem os mesmos critérios de inclusão aplicados aos indicadores florestais. Em geral, os indicadores podem ser divididos em indicadores quantitativos, que incluem *cobertura*, *densidade* e *riqueza da vegetação*. Abaixo, apresentamos a seleção dos principais indicadores pertinentes e seus valores de referência para os primeiros 5 anos.

**Cobertura de arbóreas nativas.** Considera-se apenas a área de solo coberta pela copa de espécies nativas arbustivas e arbóreas. O protocolo do Rio de Janeiro estabelece uma cobertura de copa  $\geq 50\%$  no ano 4, apenas para restinga arbustiva. As demais fisionomias são tratadas como cobertura do solo.

**Cobertura do solo.** Considera-se apenas a área de solo coberta pela copa de espécies nativas herbáceas e arbustivas. O protocolo do Rio de Janeiro estabelece uma cobertura de copa  $\geq 60\%$  no ano 4, enquanto o de São Paulo requer uma cobertura de copa  $\geq 80\%$  nos anos 3 e 5.

**Cobertura de gramíneas exóticas.** Esse indicador inclui apenas gramíneas exóticas invasoras. O único protocolo que admite esse indicador é o do Rio de Janeiro que estabelece que a cobertura de gramíneas exóticas deve ser inferior a 20% unicamente para fisionomia de restinga arbustiva.

**Número Espécies Regenerantes Nativa.** Este indicado inclui a contagem de morfoespécies

de indivíduos lenhosos com altura igual ou que 60 cm para estado do RJ que exige  $\geq 5$  espécies para o ano 4 e São Paulo não exige esse indicador para fisionomias abertas da mata atlântica.



Tabela 8. Indicadores ecológicos recomendados pelos protocolos consultados para formação não florestal na Mata Atlântica, abrangendo fisionomias de Restinga arbustiva, Restinga herbácea e campos de altitude.

Indicador	Fisionomia	Adequado	Aceitável	Métrica	Ano	Ref.
Cobertura de arbóreas nativas	Restinga arbustiva	≥50%	≥40%	% da área	4 anos	RJ
Cobertura de solo	Restinga herbácea	≥ 60	≥40%	% da área	4 anos	RJ
Cobertura de solo	Restinga arbustiva, restinga herbácea, campos de altitude	≥80%	≥15%	% da área	3 anos	SP
Cobertura de solo	Restinga arbustiva, restinga herbácea, campos de altitude	≥80%	≥15%	% da área	5 anos	SP
Cobertura de gramíneas exóticas	Restinga arbustiva	≤20%	≤30%	% da área	4 anos	RJ
Número Espécies Regenerantes Nativa	Restinga arbustiva	≥25 spp.	≥15 spp.	Spp. área total	4 anos	RJ
Número Espécies Regenerantes Nativa	Restinga herbácea	≥5 spp.	≥2 spp.	Spp. área total	4 anos	RJ

## Desafios e Perspectivas Na Visão De Executores Do Monitoramento

De maneira geral, os executores de restauração e monitoramento nesse bioma reconhecem a importância dos indicadores estabelecidos nos protocolos. Ressaltam que os valores estabelecidos, principalmente na SMA 32 são alcançáveis e realistas. Alguns executores adaptam o protocolo para conseguir fazer o monitoramento de resultados com um maior grau de refinamento e tomar decisões sobre o manejo das áreas em restauração.

### Flexibilidade do Protocolo para Cada Área.

Um dos pontos mais destacados pelos executores é a flexibilidade necessária para adaptar o protocolo às características específicas de cada área, considerando a fisionomia vegetal e a necessidade de monitoramento em sistemas agroflorestais (SAFs), que demandam indicadores diferenciados.

**Desafios na Identificação das Espécies e Distribuição das Parcelas.** Apesar da relevância do protocolo, existem desafios significativos no processo de monitoramento. A principal dificuldade está na identificação das espécies, o que exige maior investimento em treinamento e na precisão do reconhecimento. Além disso, a distribuição das parcelas também é um ponto crítico, especialmente em áreas não homogêneas, que exigem um processo subjetivo de estratificação. O uso de imagens aéreas e drones tem sido sugerido para melhorar a definição das áreas a serem monitoradas, mas ainda não é amplamente implementado devido ao custo.

Ainda, no mesmo projeto, mesmo que haja múltiplos polígonos com diferentes condições de regeneração, o sistema pode considerar tudo como uma única área para fins de

monitoramento. Por exemplo, se quatro áreas apresentam um bom nível de regeneração e uma área está em péssimas condições, o projeto recebe uma nota média, sem refletir a disparidade entre as áreas. Isso ocorre mesmo que, em uma única parcela dentro de um polígono, a presença de apenas um regenerante seja registrado como presença de espécie. Para áreas em diferentes polígonos, isso não é levado em consideração, e seria ideal que os polígonos fossem usados de maneira mais diferenciada.

### Falta de previsibilidade da resiliência e permanência.

Os indicadores não permitem prever se uma área está realmente resiliente a processos de perturbação. O monitoramento apresenta essas fragilidades, e o ciclo de 8 a 10 anos de espera para observar possíveis falhas na restauração pode ser reduzido com parâmetros mais rigorosos nos primeiros cinco anos de monitoramento. Entre os indicadores mais importantes para esses primeiros anos, sugerem-se a presença de formigas e outros fatores de degradação, sinais de suscetibilidade à degradação, como o isolamento da área e sinais de degradação do solo, como erosão, que podem ser indicativos de problemas futuros no processo de restauração.

### Impacto da Presença de Espécies Exóticas.

Outro problema importante do monitoramento é a falta de avaliação sobre a presença de espécies exóticas lenhosas, como falsa-murta, jambolão, leucena e ipê-jardim. Essas espécies são frequentemente tolerantes à sombra e podem invadir áreas com a cobertura de copa já formada (>50%) e comprometer a restauração.

**Perenidade das espécies.** Os indicadores de densidade e número de espécies regenerantes pode ficar superestimado. O protocolo permite a inclusão de espécies anuais que podem nascer e morrer em um



único ano, como espécies herbáceas e arbustos. Embora isso seja útil no início, não reflete a realidade a longo prazo, especialmente se o objetivo é a restauração de uma floresta com cobertura de copa contínua e estável. Para melhorar a precisão, seria necessário estabelecer limites de altura para a cobertura de copa e critérios mais rigorosos para a contagem de regenerantes, de modo a focar nas espécies perenes

**Custo e Escala do Monitoramento.** Um obstáculo importante é o custo elevado do monitoramento, especialmente em áreas extensas. Isso dificulta a implementação de protocolos mais rigorosos, principalmente nos primeiros anos de restauração, quando a dinâmica da vegetação e a sucessão ecológica estão em fases iniciais. O custo do monitoramento é um fator limitante, que impede a adoção de metodologias mais detalhadas e específicas em grande escala, o que compromete a efetividade das avaliações.



# UC's, Concessão de Restauração e Conversão de Multas

Para áreas de **Unidade de Conservação**, **concessão florestal** e **situações específicas de restauração**, com por exemplo áreas de mineração, é necessário adaptar e expandir os indicadores de monitoramento para abordar as características e desafios específicos de cada tipo de área. Abaixo, destaco os indicadores propostos para estas áreas, incluindo parâmetros de composição, estrutura e funcionamento, que podem ser aplicados a diferentes tipos fisionômicos.

## Para acessar os principais protocolos

[Guia De Restauração Ecológica Para Gestores De Unidades De Conservação](#)

[Procedimento Operacional Padrão N° 1, De 29 De Março De 2021](#)

[Em Dia Com A Natureza Manual Para Projetos De Restauração Na Conversão De Multas](#)

[Diretrizes Técnicas Para Apresentação Do Plano De Restauração Florestal](#)



## Unidade de Conservação

O principal protocolo utilizado para áreas de Unidade de Conservação é o “Guia de Restauração Ecológica para Gestores de Unidades de Conservação”, que contém indicadores dedicados ao monitoramento, ainda que sem valores de referência ou métodos padronizados de coleta definidos. A seguir, estão descritos os indicadores recomendados, com alguns novos indicadores sugeridos com base na revisão de protocolos e normas. Abaixo, apenas um panorama geral desses indicadores.

### Composição

- Número e proporção de espécies vegetais nativas: Foca na presença de espécies com populações persistentes.
- Presença e abundância de espécies invasoras: Avalia a proliferação de espécies exóticas e invasoras.
- Grupos funcionais: Inclui proporção de síndromes de dispersão, classes sucessionais e tolerância à sombra, para verificar a diversidade funcional.
- Formas de vida: Proporção entre árvores, arbustos, ervas, trepadeiras e epífitas.
- Espécies endêmicas e ameaçadas: Percentual de espécies endêmicas e em risco de extinção.
- Cobertura de herbáceas em ambientes campestres: Percentual de cobertura por espécies herbáceas nativas.

### Estrutura

- Cobertura: Projeção da copa de espécies arbóreas ou gramíneas sobre o solo.

- Biomassa: Quantidade de biomassa por unidade de área.
- Densidade: Distribuição de densidade por forma de vida e classe de tamanho.
- Estratificação: Avaliação da distribuição vertical da vegetação, especialmente relevante para florestas.
- Heterogeneidade estrutural: Avaliação com base na altura ou DAP (diâmetro à altura do peito) em savanas e florestas.
- Área Basal em florestas e Proporção relativa de lenhosas e não lenhosas em ambientes savânicos: Monitoramento de espécies lenhosas com altura  $\geq 2$  m e não lenhosas  $\leq 200$  cm.

### Funcionamento

- Taxa de fixação de carbono: Avaliação do potencial de sequestro de carbono pela vegetação.
- Taxas de recrutamento e mortalidade: Indicador de dinâmica populacional.
- Taxas de imigração e extinção: Medida da resiliência e adaptação da vegetação.
- Capacidade de infiltração de água no solo: Indicador do funcionamento hidrológico.
- Espessura da camada orgânica do solo: Indicador de saúde e fertilidade do solo.

## Concessão Florestal

Plano de Restauração Florestal (PRF) é obrigatório para as áreas degradadas dentro das Unidades de Manejo (UM), sendo de responsabilidade da concessionária, que deve seguir o zoneamento e normas específicas do Plano de Manejo da Unidade de Conservação. O PRF deve ser submetido ao Serviço Florestal Brasileiro (SFB) para aprovação e adequações, com o objetivo de assegurar a restauração ecológica com espécies nativas. As diretrizes para a restauração e o monitoramento nessas áreas são baseadas na concessão florestal na Floresta Nacional do Bom Futuro – FNBF.

Os indicadores utilizados são similares a Resolução SMA/32 do estado de São Paulo. Exceto pela Inclusão de indicadores adicionais como por exemplo a presença ou ausência de Espécies Lenhosas Exóticas invasoras. Os valores de referência são similares ao encontrados na resolução SMA/32 do estado de São Paulo. De maneira complementar a esses indicadores sugere-se a avaliação qualitativa da ocorrência de perturbações. Todos os Indicadores são avaliados em intervalos de 6 meses, 12 meses, 24 meses, 3 anos, e até 20 anos após o plantio.

## Indicadores Qualitativos Pertinentes à Concessão Florestal para Restauração

Dentre os indicadores da vegetação, a diretriz elaborada cita:

**Presença de espécies lenhosas exóticas invasoras.** Tanto para fisionomias campestres, quanto florestais admite-se a ausência completa de exóticas como nível adequado, desde 6 meses até o final da restauração após 20 anos.

**Proteção de agentes perturbadores (Controle de ameaças).** As diretrizes incluem a realização de uma avaliação qualitativa para

verificar a presença de processos erosivos, infestação por formigas e incidência de fogo. As áreas em restauração são consideradas adequadas quando esses fatores estiverem ausentes.

## Concessão florestal e seus Indicadores Quantitativos

**Cobertura de arbóreas nativas.** Considera-se apenas a área de solo coberta pela copa de espécies nativas arbustivas e arbóreas.

**Densidade de regenerantes nativos.** Esse indicador inclui indivíduos lenhosos com altura (H) igual ou superior a 50 cm.

**Número Espécies Regenerantes Nativa.** Este indicado inclui a contagem de morfoespécies de indivíduos lenhosos com altura igual ou maior que 50 cm.

Tabela 9. Indicadores de monitoramento e performance - Valores de referência da RESTAURAÇÃO FLORESTAL na concessão florestal adaptado do protocolo *Diretrizes Técnicas para Apresentação do Plano de Restauração Florestal*.

<b>Indicador</b>	<b>Cobertura do solo com vegetação nativa (%)</b>	<b>N° de espécies nativas regenerantes (n° spp.)</b>	<b>Densidade de indivíduos nativos regenerantes (ind./ha)</b>	<b>Presença de espécies lenhosas exóticas invasoras</b>
<b>Nível de Adequação</b>				
<b>6 meses</b>	-	-	-	-
<b>12 meses</b>	Acima de 30	-	-	-
<b>18 meses</b>	Acima de 50	Acima de 1	Acima de 50	Presença esporádica
<b>24 meses</b>	Acima de 70	Acima de 2	Acima de 100	Presença esporádica
<b>Valores intermediários de performance</b>				
<b>3 anos</b>	Acima de 80	Acima de 3	Acima de 200	Presença esporádica
<b>5 anos</b>	Acima de 80	Acima de 10	Acima de 1000	Presença esporádica
<b>10 anos</b>	Acima de 80	Acima de 20	Acima de 2000	Presença esporádica
<b>15 anos</b>	Acima de 80	Acima de 25	Acima de 2500	Presença esporádica
<b>20 anos</b>	Acima de 80	n.d	Acima de 3000	Ausência
<b>Valores para ateste final da restauração</b>	Acima de 80	Acima de 30	Acima de 3000	Ausência

Tabela 10. Indicadores de monitoramento e performance - Valores de referência para campos adaptado do protocolo *Diretrizes Técnicas para Apresentação do Plano de Restauração Florestal*.

Indicador	1. Cobertura do solo com vegetação nativa (%)	2. Presença de espécies lenhosas exóticas invasoras
<b>Nível de Adequação</b>		
<b>Valores intermediários de performance</b>		
<b>3 anos</b>	Acima de 50	Ausência
<b>5 anos</b>	Acima de 70	Presença esporádica
<b>Valores para ateste final da recuperação</b>	Acima de 80	Ausência

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em linhas gerais, entre todos os indicadores analisados, os viáveis foram agrupados em Cobertura, Densidade e Riqueza de espécies ou morfoespécies. Cada um desses indicadores possui variações e especificidades conforme o bioma; por exemplo, a análise de cobertura pode ser segmentada por formas de vida, ou os critérios de inclusão para densidade e riqueza podem ser ajustados para considerar não apenas regenerantes, mas todos os indivíduos presentes na área amostrada.

Esses indicadores são simples e podem atuar como bons proxies da complexidade ecológica da vegetação (Massi et al. 2022). Por exemplo, a riqueza de regenerantes em áreas de restauração com 9 anos correlaciona-se com a riqueza de espécies zoocóricas. Da mesma forma, a riqueza de regenerantes apresenta uma correlação inversa com a dominância de espécies, de modo que o aumento da riqueza tende a diminuir a dominância na área (Índice de Simpson).

Destacamos que os demais indicadores mencionados nos protocolos não cumprem os requisitos básicos para serem considerados viáveis para monitoramento. É importante lembrar que até mesmo os indicadores listados aqui estão sujeitos a uma análise de viabilidade e poderão ser debatidos na oficina. Indicadores e métodos adicionais poderão ser sugeridos, desde que sigam os princípios de parcimônia e simplicidade. Além disso, os protocolos podem incluir margens de discricionariedade, permitindo que esses indicadores básicos sejam acompanhados de informações adicionais pertinentes, descritas de forma contextualizada.

Todos os indicadores apresentados estão documentados em protocolos publicados e

servirão como base para discussões do uso de indicadores para monitoramento da recomposição da vegetação nativa no âmbito Federal. A partir daqui, é importante ressaltar que os valores de referência precisam ser embasados em evidências científicas robustas, evitando o uso de argumentos de autoridade. Ainda, esses valores devem refletir a realidade, sendo parametrizados com base em amostragens de campo em áreas de restauração específicas da formação ou fisionomia dentro do bioma de interesse. É extremamente dispensável utilizar valores de parametrização baseados em amostragens e dados de vegetação nativa conservada para embasar valores de referência de qualquer indicador para o monitoramento nesse âmbito.

## Agradecimentos

*Alba O. Oliveira Cordeiro – Semeia Cerrado*

*Anna Christina Mendo Dos Santos – IBAMA*

*Barbara Pacheco – Verdenovo Sementes*

*Carlos Romero Martins – IBAMA*

*Guilherme Fagnello – Embira ambiental*

*Henrique Sverzut Freire de Andrade – Profissional Autônomo*

*Julia Kuse Taboada – Bióloga Mestre em Recursos genéticos e vegetais*

*Joisiane Mendes Araujo – MuPAN*

*Maria Eduarda Camargo – Rede de Sementes do Cerrado*

*Maxmiller Cardoso Ferreira – Cientista Florestal | Sanctu*

*Natália Guerin - Pacto pela Restauração da Mata Atlântica*

*Pedro Henrique Albuquerque Sena – CePAN*

*Rafael Chaves – Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo*

*Thiago Farias Nogueira – Restauragro*

*Virgílio Gadelha Pinto – Tronox Ltda.*

## Protocolos Consultados

**Governo do Estado de Rondônia; Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental – SEDAM.** Programa de Regularização Ambiental do Estado de Rondônia: Manual de Regularização Ambiental das Propriedades Rurais do Estado de Rondônia. Versão Preliminar. Abril de 2018.

**Bioflora Tecnologia da Restauração.** Manual Técnico Operativo de Restauração Florestal do Estado do Pará. Ministério do Meio Ambiente; Secretaria de Estado de Meio Ambiente do Pará. Outubro de 2014.

**Aliança pela Restauração na Amazônia.** Recomendações para o Monitoramento da Restauração na Amazônia. Belém: Aliança pela Restauração na Amazônia, 2022. ISBN 978-65-00-52836-7.

**Universidade de São Paulo – USP, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ.** Cartilha de restauração ecológica de APP e RL para pequena propriedade ou posse rural familiar. Série Produtor Rural, n. 69. Piracicaba, 2019. ISSN 1414-4530.

**NBL Engenharia Ambiental Ltda; The Nature Conservancy.** Manual de Restauração Florestal: Um Instrumento de Apoio à Adequação Ambiental de Propriedades Rurais do Pará. The Nature Conservancy. Belém: 2013.

**Nota Técnica – REGENERA.** Recomendações para o Monitoramento da Regeneração Natural na Amazônia. Setembro de 2023.

**Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA.** Procedimento Operacional Padrão Nº 1: Ficha de Campo – Acompanhamento e Avaliação Técnica de Projeto de Recuperação Ambiental de Área Degradada ou Alterada em Ambientes Terrestres – v. 1. Brasília: IBAMA, 2021.

**Ministério do Meio Ambiente; Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA.** Manual para Projetos de

Recuperação da Vegetação Nativa. Versão 2. Brasília: IBAMA, 2021. ISBN 987-65-5799-018-6.

**Sampaio, Alexandre Bonesso et al.** Guia de Restauração Ecológica para Gestores de Unidades de Conservação. Versão 1. Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio, 202.

**Ambientalis Engenharia.** Manual de boas práticas para recuperação da vegetação nativa em terras indígenas: bioma caatinga. Brasília: Funai, 2022. 62 p. ISBN 978-65-88613-12-2.

**Serviço Florestal Brasileiro – SFB.** Diretrizes técnicas para apresentação do plano de restauração florestal. Brasília, 2024.

**Embrapa Cerrados.** Guia de plantas do Cerrado para a recomposição da vegetação nativa. Brasília, DF: Embrapa Cerrados, 2022.

**Lima, P. A. F.; Pachêco, B. S.; Sousa, S. R. de; Gatto, A.; Aquino, F. G.; Albuquerque, L. B.** Indicadores ecológicos: ferramentas para o monitoramento do processo de restauração ecológica. Brasília, DF: Embrapa Cerrados, 2015.

**Casa Civil do Estado de Goiás.** Instrução Normativa nº 13/2024: dispõe sobre o Procedimento de Recuperação da Vegetação Nativa no Estado de Goiás. Goiânia: Governo do Estado de Goiás, 2024.

**Sousa, A. P.; Vieira, D. L. M.** Protocolo de monitoramento da recomposição da vegetação nativa no Distrito Federal. Brasília: WWF-Brasil, 2017. ISBN 978-85-5574-040-4.

**Naturatins.** Manual de restauração da vegetação nativa para adequação ambiental de imóveis rurais do Estado do Tocantins. Palmas: Naturatins, 2019.

**Skorupa, L. A.; Vieira, D. L. M.; Kuhlmann, M.; Sampaio, A. B.; Moraes, L. F. D.; Isernhagen, I.; Ribeiro, J. F.** Roteiro para elaboração de um projeto de recomposição de áreas degradadas ou alteradas. Brasília, DF: Embrapa Cerrados, 2021.

**IBRAM.** Critérios técnicos para inventário florestal (supressão de vegetação em área rural

ou urbana). Brasília: Governo do Distrito Federal, 2021.

**Resende, A. S.; Chaer, G. M. (Eds.).** Recuperação ambiental em áreas de produção de petróleo e gás em terra na Caatinga. Brasília, DF: Embrapa Agrobiologia, 2021. ISBN 978-65-87380-49-0.

**Moraes, L. F. D.; Assumpção, J. M.; Pereira, T. S.; Luchiani, C.** Manual técnico para a restauração de áreas degradadas no Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2013. ISBN 978-85-60035-11-3.

**SEMA-BA; INEMA-BA; The Nature Conservancy – TNC Brasil.** Guia técnico para a recuperação de vegetação em imóveis rurais no Estado da Bahia. Salvador: SEMA-BA, 2017. ISBN 978-85-54951-02-3.

**Brancalion, P. H. S.; Viani, R. A. G.; Rodrigues, R. R.; Gandolfi, S.** Avaliação e monitoramento de áreas em processo de restauração. Documentos técnicos. Piracicaba: LERF/ESALQ, 2015.

**Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo.** Resolução SMA nº 32, de 3 de abril de 2014: Estabelece diretrizes e critérios para restauração ecológica no Estado de São Paulo. Diário Oficial do Estado de São Paulo, São Paulo, seção 1, p. 36-37, 2014.

**Attanasio, C. M.** Manual técnico: Restauração e monitoramento da mata ciliar e da reserva legal para a certificação agrícola. Piracicaba: Imaflorea, 2008. ISBN 978-85-98081-21-2.

**Bioflora Tecnologia da Restauração.** Manual de restauração ecológica: Técnicos e produtores rurais no extremo sul da Bahia. Outubro, 2015.

**Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo.** Monitoramento de áreas em recuperação: Subsídios à seleção de indicadores para avaliar o sucesso da restauração ecológica. São Paulo: SMA, 2011. ISSN 1981-6235.

**Pacto pela Restauração da Mata Atlântica.** Protocolo de monitoramento para programas e projetos de restauração florestal. São Paulo: Pacto pela Restauração da Mata Atlântica, 2013.

**Angelo, A. C.; Souza, K. K. F.** Restauração florestal: Regularização ambiental de propriedades rurais. Curitiba: SENAR-PR, 2020. ISBN 978-65-88733-06-6.

**Secretaria de Estado de Meio Ambiente – SEMA/AC.** Manual Técnico do Programa de Regularização Ambiental do Estado do Acre (PRA-Acre). Rio Branco: SEMA/AC, 2018.

**Instituto Estadual do Ambiente – INEA.** Manual de procedimentos para o monitoramento e avaliação de áreas em restauração florestal no Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: INEA, 2019.

**Pacto pela Restauração da Mata Atlântica; Aliança pela Restauração na Amazônia.** Protocolo de monitoramento da restauração da Mata Atlântica e da Amazônia via sensoriamento remoto. São Paulo: The Nature Conservancy, 2024. ISBN 978-85-60797-34-9.

**Sousa, A. P.; Vieira, D. L. M.** Protocolo de monitoramento da recomposição da vegetação nativa no Estado de Mato Grosso. São Paulo: The Nature Conservancy, 2018. ISBN 978-85-60797-29-5.

**Centro de Pesquisas Ambientais do Nordeste – CEPAN.** Protocolo para monitoramento da restauração florestal na Caatinga. Recife: CEPAN, 2020.

**Iniciativa Caminhos da Semente.** Protocolo para monitoramento da restauração florestal. 2ª ed. São Paulo: Iniciativa Caminhos da Semente, 2020.

**Pacto pela Restauração Ecológica da Mata Atlântica.** Referencial dos conceitos e ações de restauração florestal. São Paulo: LERF/ESALQ, Instituto BioAtlântica, 2009. ISBN 978-85-60840-02-1(Referencia\_38).

**Iniciativa Caminhos da Semente.** Ficha de monitoramento simplificado – caminhamento. São Paulo: Iniciativa Caminhos da Semente, 2020.

## Referencias consultadas

ARONSON, J.; BRANCALION, P. H. S.; DURIGAN, G.; RODRIGUES, R. R.; ENGEL, V. L.; TABARELLI, M.; et al. What role should government regulation play in ecological restoration: ongoing debate in São Paulo State, Brazil. *Restoration Ecology*, v. 19, p. 690-695, 2011.

CHAVES, R. B.; DURIGAN, G.; BRANCALION, P. H. S.; ARONSON, J. On the need of legal frameworks for assessing restoration projects success: new perspectives from São Paulo state (Brazil). *Restoration Ecology*, v. 23, p. 754-759, 2015.

DALE, Virginia H.; BEYELER, Suzanne C. Challenges in the Development and Use of Ecological Indicators. *Ecological Indicators*, [S. l.], p. 4-9, 7 mar. 2001. Disponível em: <http://lerf.eco.br/img/publicacoes/Dale%20and%20Beyeler%20Use%20of%20ecological%20indicator.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2020.

MASSI, K. G.; CHAVES, R. B.; TAMBOSI, L. R. Simple indicators are good proxies for ecological complexity when assessing Atlantic Forest restoration success. *Restoration Ecology*, v. 30, n. 3, p. e13520, 2022.

REGENERA-Amazônia. Glossário da regeneração natural. Manaus: REGENERA-Amazônia, 2023.

VIEIRA, D. L. M.; SARTORELLI, P.; SOUSA, A. D. P.; REZENDE, G. Avaliação de indicadores da recomposição da vegetação nativa no Distrito Federal e em Mato Grosso. 2017.

## Sobre este documento Técnico

Esse documento técnico foi elaborado por André Giles, consultor contratado para compilar informações técnicas, parâmetros e indicadores em protocolos estabelecidos nos Biomas e/ou unidades federativas sobre procedimentos para monitoramento da recuperação da vegetação nativa.

## Apoio e Equipe

