



# ÍNDICE DE PRIORIDADE DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL PARA SEGURANÇA HÍDRICA:

Uma aplicação para as regiões metropolitanas da Mata Atlântica





República Federativa do Brasil  
Presidente MICHEL TEMER

Ministério do Meio Ambiente  
Ministro JOSÉ SARNEY FILHO

Secretaria Executiva  
Secretário MARCELO CRUZ

Secretaria da Biodiversidade  
Secretário JOSÉ PEDRO OLIVEIRA COSTA

Departamento de Conservação de Ecossistemas  
Diretora ANA PAULA LEITE PRATES

Ministério do Meio Ambiente  
Secretaria da Biodiversidade  
Departamento de Conservação de Ecossistemas  
SEPN 505, Bloco B, Ed. Marie Prendiz Cruz, Sala 416  
Brasília – DF  
CEP: 70730-542

#### Coordenação Técnica:

Carlos Alberto de Mattos Scaramuzza – MMA  
Rodrigo Martins Vieira – MMA  
Mateus Motter Dala Senta – MMA  
Christiane Holvorcem – GIZ  
Bruno Coutinho – Conservação Internacional – CI Brasil

#### Autores:

Leonardo Esteve de Freitas – Mosaico Conservação e Licenciamento Ambiental Ltda.  
Flavio Souza Brasil Nunes – Mosaico Conservação e Licenciamento Ambiental Ltda.  
João Oswaldo Cruz – Mosaico Conservação e Licenciamento Ambiental Ltda.  
Maria Isabel Martinez – Mosaico Conservação e Licenciamento Ambiental Ltda.

#### Acompanhamento e revisão técnica pelo Pacto pela Restauração da Mata Atlântica – Pacto:

Bruno Coutinho – Conservação Internacional – CI Brasil  
Beto Mesquita – Conservação Internacional – CI Brasil  
Ludmila Pugliese – Secretária Executiva do Pacto  
Severino Rodrigo Pinto – Centro de Pesquisas Ambientais do Nordeste – CEPAN – Coordenador Nacional do Pacto  
Aurélio Padovezi – WRI Brasil  
Dália Pais – Instituto Bioatlântica – IBIO  
Rubens Benini – The Nature Conservancy – TNC Brasil  
Gilberto Tiepolo – The Nature Conservancy – TNC Brasil

#### Fotos

Primeira capa: Parque Nacional do Iguaçu e Reserva Biológica de Sooretama, ES de Wigold Schäffer  
Quarta capa: Parque Nacional Itatiaia de Wigold Schäffer

#### Projeto gráfico e editoração eletrônica

Renata Fontenelle

#### Iniciativa:



##### Secretaria Executiva do Pacto pela Restauração da Mata Atlântica

Rua do Horto, 931 – Casa das Reservas da Biosfera – Jd. Tremembé  
CEP 02377-000 – São Paulo, SP  
TEL/FAX: (19) 98135-1110  
<http://www.pactomataatlantica.org.br/>

#### Realização:



##### Mosaico Conservação e Licenciamento Ambiental Ltda.

Rua Conselheiro Saraiva 28, sala 601/parte – Centro  
CEP 20091-030 – Rio de Janeiro, RJ  
TEL: (21)2275-1922  
<http://www.mosaicoambiental.com.br>

#### Acompanhamento:



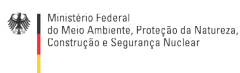
##### Conservação Internacional Brasil

Escritório Rio de Janeiro  
Av. Rio Branco, 131, 8º andar – Centro  
CEP 20040-006 – Rio de Janeiro, RJ  
TEL/FAX: (21) 2173-6360  
<http://www.conservation.org/global/brasil>

Esta publicação foi apoiada pelo Projeto “Biodiversidade e Mudanças Climáticas na Mata Atlântica”. O Projeto é uma realização do governo brasileiro, coordenado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA), no contexto da Cooperação para o Desenvolvimento Sustentável Brasil-Alemanha, no âmbito da Iniciativa Internacional de Proteção do Clima (IKI) do Ministério Federal do Meio Ambiente, Proteção da Natureza, Construção e Segurança Nuclear (BMUB) da Alemanha. O projeto conta com apoio técnico da Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH e apoio financeiro do KfW Banco de Fomento Alemão.



Por ordem do



da República Federal da Alemanha



# ÍNDICE DE PRIORIDADE DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL PARA SEGURANÇA HÍDRICA:

Uma aplicação para as regiões metropolitanas da Mata Atlântica



---

Brasil. Ministério do Meio Ambiente

Índice de Prioridade de restauração florestal para segurança hídrica: uma aplicação para as regiões metropolitanas da Mata Atlântica. Ministério do Meio Ambiente – MMA. Brasília, DF: MMA, 2017.

1. Recuperação da Vegetação Nativa, 2. Recursos Hídricos, 3. Regiões Metropolitanas, 4. Abastecimento público, 5. Políticas públicas municipais.

---



# SUMÁRIO

1. APRESENTAÇÃO	8
2. INTRODUÇÃO	9
3. CONTEXTUALIZAÇÃO	11
4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	12
4.1. Seleção das 20 Áreas de Estudo	12
4.2. Seleção dos Mananciais que Abastecem as 20 Áreas de Estudo e Delimitação de suas Bacias Hidrográficas	14
4.3. Critérios de Priorização	18
4.4. Aplicação dos Critérios de Priorização	19
4.4.1. Balanço Hídrico Quantitativo	19
4.4.2. Suscetibilidade à Erosão Hídrica	19
4.4.3. Proporção de Cobertura por Remanescentes de Ecossistemas	23
4.5. Priorização de Microbacias	25
4.6. Priorização de Mananciais	26
4.7. Ranking de Mananciais por Região Metropolitana ou Aglomeração Urbana	27
4.8. Definição de Municípios para Priorização	29
4.9. Ranking de Mananciais, por Município	31



5. RESULTADOS	32
5.1 Características Gerais do IPRH	32
5.2 Classificação dos Mananciais das 20 RMs ou AUs – Escala de Bioma	32
5.3. Ranking de Mananciais por RM	36
5.3. Construção da Base de Dados Geoespaciais (BDG)	37
5.4. Definição das microbacias que compõem os mananciais superficiais das 20 RMs	42
6. INSTRUÇÕES DE USO E POTENCIALIDADES	43
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44



# 1. APRESENTAÇÃO

A água é um bem público e o acesso a este bem é um direito de todos os cidadãos. Entretanto, a disponibilidade de água vem sendo reduzida nos últimos anos, face ao aumento gradativo da demanda, à contínua poluição dos mananciais ainda disponíveis e aos efeitos da mudança do clima.

A escassez de água não pode mais ser considerada como impacto exclusivo de regiões áridas e semi-áridas. Muitas áreas com recursos hídricos abundantes, mas insuficientes para atender a demandas excessivamente elevadas, também experimentam conflitos de usos e sofrem restrições de oferta de água que afetam o desenvolvimento econômico e a qualidade de vida das pessoas.

Garantir a disponibilidade de água à população para abastecimento doméstico, comercial e industrial, incluindo a utilização para a geração de energia, transporte fluvial e saneamento básico, é um dever do estado em todos os níveis: municipal, estadual e federal.

Nesse sentido, a presença de cobertura vegetal nativa nas bacias hidrográficas auxilia

na melhoria da regularização do regime hidrológicos de rios e na qualidade da água dos mananciais de abastecimento. Dessa forma, estratégias de conservação e recuperação da vegetação nativa nas principais bacias hidrográficas que abastecem as grandes cidades brasileiras podem auxiliar no aumento da oferta de água em quantidade e qualidade suficientes para atender à demanda atual e futura.

O presente estudo tem o objetivo de identificar microbacias e mananciais que requerem prioritariamente atividades de restauração florestal e conservação de ecossistemas visando assegurar o abastecimento hídrico das maiores regiões metropolitanas da Mata Atlântica.

Esperamos que os resultados apresentados nesse documento possam orientar a otimização de recursos técnicos e financeiros disponibilizados para programas, projetos e ações públicas e privadas de conservação e recuperação da vegetação nativa, visando a segurança hídrica das regiões metropolitanas analisadas.



## 2. INTRODUÇÃO

Considerada um dos cinco hotspots de biodiversidade mais ameaçados do mundo, a Mata Atlântica abriga milhares de espécies animais e vegetais, muitas das quais endêmicas ou ameaçadas de extinção. Ao longo de toda a história do Brasil, este bioma sofreu os efeitos negativos da ocupação humana e de vários ciclos econômicos.

Séculos de exploração e ocupação humana reduziram a Mata Atlântica a um grande número de fragmentos florestais muito pequenos e isolados entre si, que aumentaram a fragilidade deste bioma. Desta forma, medidas de restauração florestal que tenham objetivo de conectar estes fragmentos remanescentes são de suma importância.

As florestas tropicais desempenham um papel importante na regulação climática, garantindo o equilíbrio dos ciclos hidrológicos e sequestrando carbono da atmosfera. Assim, a restauração florestal contribui para reduzir a elevação das temperaturas médias e os eventos climáticos extremos causados pelas emissões de gases de efeito estufa (GEE), sendo considerada uma medida de Mitigação baseada em Ecossistemas (MbE).

Além disso, ações de restauração florestal fortalecem os serviços ecossistêmicos de provisão e regulação, tais como o fornecimento de água, e reduzem riscos de inundação e deslizamentos de terra. Dessa forma, a restauração florestal também pode ser parte de uma estratégia para auxiliar as pessoas a se adaptarem aos efeitos adversos da mudança do clima, no âmbito da chamada Adaptação baseada em Ecossistemas (AbE), um conceito proposto na Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB) em 2009.

Dentre as funções ecológicas exercidas pelas florestas, especificamente as matas ciliares, existem aquelas relacionadas à proteção dos recursos hídricos, que são principalmente a estabilização de taludes e encostas, manutenção da morfologia do rio, retenção de sedimentos e nutrientes, proteção contra inundações e regulação da temperatura da água.

Na estabilização de taludes, o sistema radicular da vegetação ciliar, além de dificultar o cisalhamento do solo, forma uma rede de canais que permitem a interação da vazão com a margem, ou seja, a água fluvial consegue percolar no solo marginal, reduzindo a taxa de erosão e permitindo, consequentemente, a estabilização da margem (DAVIDE *et al.*, 2000).

A mata ciliar também funciona como tampão e filtro entre os terrenos mais altos e o ecossistema aquático, participando do controle do ciclo de nutrientes na bacia hidrográfica, por meio da ação tanto do escoamento superficial quanto da absorção de nutrientes do escoamento sub-superficial pela vegetação ciliar; atua na diminuição e filtragem do escoamento superficial impedindo ou dificultando o carreamento de sedimentos para o sistema aquático, contribuindo, dessa forma, para a manutenção da qualidade da água nas bacias hidrográficas; promove a integração com a superfície da água, proporcionando cobertura e alimentação para peixes e outros componentes da fauna aquática e, através de suas copas, interceptam e absorvem a radiação solar, contribuindo para a estabilidade térmica dos pequenos cursos d'água (CICCO & ARCOVA, 1999).

A manutenção e ampliação do fornecimento desses benefícios são fundamentais para garantir água em qualidade e quantidade para todos os usos, especialmente para o abastecimento humano, que por sua natureza é o uso mais exigente do ponto de vista qualitativo e que requer maior garantia de suprimento.

De fato, as ações de conservação e restauração florestal podem ser parte de uma estratégia para garantir a oferta de água em

quantidade e qualidade suficientes para atender à demanda atual e futura. Todavia, essas ações devem ser implementadas em complementaridade com ações de redução do consumo de água, manejo adequado do solo, redução da poluição dos rios, dentre outras, que juntas serão capazes de promover a real recuperação dos mananciais de abastecimento de água das grandes regiões metropolitanas brasileiras.



### 3. CONTEXTUALIZAÇÃO

A elaboração do presente estudo teve início a partir de uma iniciativa do Pacto pela Restauração da Mata Atlântica – Pacto. Esse movimento da sociedade brasileira tem como missão articular e integrar atores interessados na restauração da Mata Atlântica, incluindo instituições públicas e privadas, governos, empresas, comunidade científica e proprietários de terra, induzindo ações e resultados em larga escala, com benefícios ambientais, sociais e econômicos.

Em 2013, foi desenvolvido por um grupo técnico do Pacto um estudo com o objetivo de identificar áreas potenciais e demandantes de arranjos de Pagamentos por Serviços Ambientais (PSA) na Mata Atlântica. A execução desse estudo foi realizada por João Guimarães (The Nature Conservancy - TNC) e Sabrina Costa (Instituto BioAtlântica – IBio).

Programas de Pagamentos por Serviços Ambientais (PSA) fornecem incentivos, geralmente financeiros, às pessoas ou grupos que promovem a manutenção dos ecossistemas que provêm estes serviços, ao mesmo tempo em que cobram dos usuários que se beneficiam destes serviços. Tais arranjos vêm sendo discutidos no Brasil devido à sua relevância para a conservação das florestas, para atividades econômicas como a produção agropecuária sustentável, e para provisão de serviços essenciais para a população, como o abastecimento hídrico.

A proposta inicial apresentada pelo Pacto ao Projeto “Biodiversidade e Mudanças Climáticas na Mata Atlântica”, coordenado pelo Ministério do Meio Ambiente em parceria com a Agência de Cooperação Alemã – GIZ, foi de aprimorar o estudo de 2013, inserindo

informações atualizadas na análise de paisagem realizada anteriormente.

Dessa forma, foi contratada pelo projeto a empresa Mosaico Ambiental, que desenvolveu o trabalho aqui apresentado, iniciado em maio de 2015. Todo o desenvolvimento do trabalho foi acompanhado por representantes e pela coordenação geral do Pacto.

Todavia, ao longo do desenvolvimento do trabalho, identificou-se que a análise realizada, incluindo informações sobre o balanço hídrico, a cobertura vegetal atual e a suscetibilidade à erosão das microbacias e mananciais selecionados, poderia auxiliar na priorização de ações de conservação e recuperação florestal independentemente da ferramenta utilizada, incluindo a possibilidade de criação de arranjos de PSA.

Ainda, a definição específica de prioridades para arranjos de PSA exigiria uma análise econômica relacionada à cobrança pelo uso da água e aos conceitos de protetor-recebedor e usuário-pagador que não foi realizada neste estudo.

Além disso, ao final da análise como critério de desempate do índice de priorização criado, priorizou-se os mananciais com menor cobertura vegetal atual, no sentido de incentivar ações de recuperação da vegetação nativa nesses mananciais.

Por todo exposto, decidiu-se por alterar o objetivo da priorização realizada, propondo-se um índice de prioridade de restauração florestal visando à segurança hídrica de regiões metropolitanas na Mata Atlântica. Essa metodologia pode ser replicada para outros biomas que também estão sofrendo os impactos da redução da oferta de água.

## 4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O presente estudo foi dividido em três fases. Na primeira, realizada entre maio e outubro de 2015, o estudo se concentrou na construção da metodologia de priorização de microbacias e mananciais selecionados. Na segunda fase, ocorrida entre maio e setembro de 2016, o foco esteve na produção e apresentação dos resultados de modo a que os mesmos possam apoiar a tomada de decisão de gestores públicos. Na terceira fase, realizada em 2017, os resultados foram discutidos com técnicos de diferentes áreas do governo federal e incorporadas alterações na forma de apresentação dos resultados.

Para a execução da primeira fase deste estudo, a equipe da empresa *Mosaico Ambiental* realizou 5 reuniões com os membros do Pacto, enquanto para a segunda fase foram realizadas mais 3 reuniões. Em ambas as fases houve ainda uma troca constante de informações através de e-mails. Já para a terceira fase, foram realizadas três reuniões com representantes do Ministério do Meio Ambiente que ainda não haviam participado da discussão, da Agência Nacional de Águas e com membros do Pacto. Neste diálogo, os procedimentos metodológicos foram intensamente discutidos, de modo que a metodologia utilizada foi construída coletivamente entre os participantes do processo.

Esta metodologia está baseada em uma análise multicritério, realizada com o apoio de ferramentas de Sistema de Informação Geográfica, especificamente o *software* ArcGis 10.2.

Os materiais e métodos utilizados foram norteados, principalmente, pela capacidade

de replicá-los em outros estudos similares. Deste modo, foram utilizados dados secundários disponibilizados por instituições oficiais e de reconhecida capacidade técnica.

### 4.1. Seleção das 20 Áreas de Estudo

A primeira etapa do trabalho de definição das bacias hidrográficas prioritárias para restauração florestal visando a segurança hídrica nas regiões metropolitanas da Mata Atlântica consistiu na delimitação das áreas nas quais essas bacias poderiam se localizar. As condições fundamentais estabelecidas para a inclusão de uma bacia foram:

- Ser utilizada para abastecimento urbano de água
- Abastecer uma das 20 Regiões Metropolitanas (RM) ou Aglomerações Urbanas (AU) ou cidades mais populosas inseridas na Mata Atlântica, tendo como base os limites da Lei da Mata Atlântica (SOS Mata Atlântica, 2013/2014)
- Estar situada no bioma Mata Atlântica, tendo como base os limites da Lei da Mata Atlântica e o mapeamento de remanescentes de Mata Atlântica (SOS Mata Atlântica, 2013/2014)

O trabalho se iniciou, portanto, pela definição das 20 Regiões Metropolitanas (RM), Aglomerações Urbanas (AU) ou cidades mais populosas inseridas na Mata Atlântica e abastecidas por mananciais cuja maior parte das cabeceiras de drenagem está inserida neste bioma. Para tanto, foi utilizado

o limite do bioma Mata Atlântica disponibilizado pelo IBGE e os dados populacionais do Censo 2010 do IBGE, além da definição de RMs e AUs estabelecida pelo IBGE. Esta seleção foi feita caso a caso, a partir da lista

de RMs, AUs e cidades mais populosas. Como resultado desta primeira etapa, foram estabelecidas as 20 áreas de estudo indicadas na tabela 1 e na figura 1.

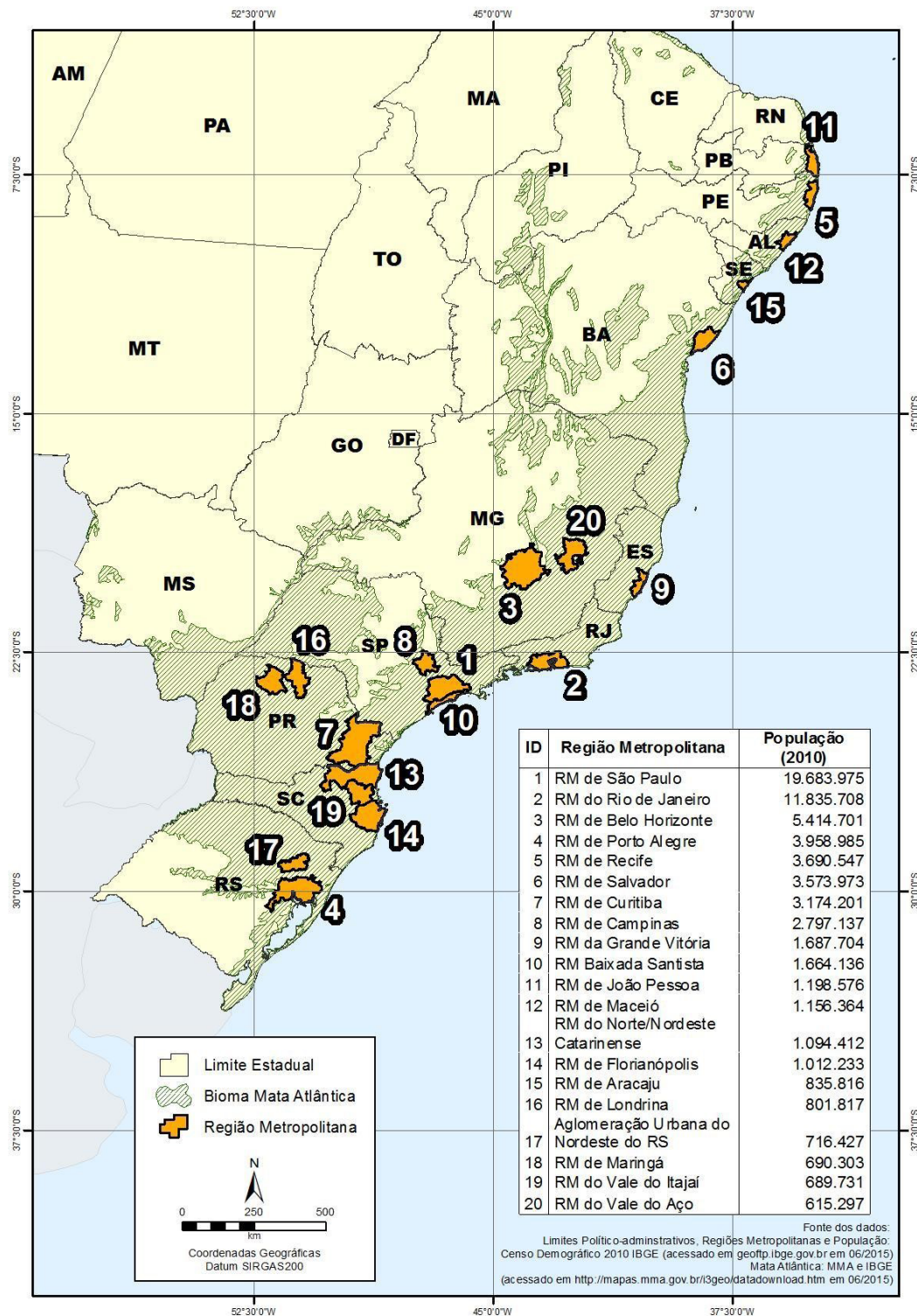


Figura 1. Mapa das Regiões Metropolitanas e da Aglomeração Urbana selecionadas como áreas de estudo.

Tabela 1. **Regiões Metropolitanas (RM) e Aglomeração Urbana (AU) selecionadas como áreas de estudo, com respectivas populações (Fonte: IBGE, Censo 2010)**

	UF	Território	Nome	População
1	SP	RM	São Paulo	19.683.975
2	RJ	RM	Rio de Janeiro	11.835.708
3	MG	RM	Belo Horizonte	5.414.701
4	RS	RM	Porto Alegre	3.958.985
5	PE	RM	Recife	3.690.547
6	BA	RM	Salvador	3.573.973
7	PR	RM	Curitiba	3.174.201
8	ES	RM	Grande Vitória	1.687.704
9	SP	RM	Baixada Santista	1.664.136
10	PB	RM	João Pessoa	1.198.576
11	AL	RM	Maceió	1.156.364
12	SC	RM	Norte/Nordeste Catarinense	1.094.412
13	SP	RM	Campinas	1.080.113
14	SC	RM	Florianópolis	1.012.233
15	SE	RM	Aracaju	835.816
16	PR	RM	Londrina	801.817
17	RS	AU	Nordeste do Rio Grande do Sul	716.427
18	PR	RM	Maringá	690.303
19	SC	RM	Vale do Itajaí	689.731
20	MG	RM	Vale do Aço	615.297
<b>População total contemplada no estudo</b>				<b>64.575.019</b>

## 4.2. Seleção dos Mananciais que Abastecem as 20 Áreas de Estudo e Delimitação de suas Bacias Hidrográficas

Para essas 20 áreas, foram levantados os mananciais de abastecimento, segundo o Atlas Brasil: Abastecimento Urbano de Água (ANA 2011, disponível em <http://atlas.ana.gov.br/Atlas/forms/Home.aspx>). Para cada um desses mananciais, houve a delimitação das bacias hidrográficas, de acordo com a divisão hidrológica em microbacias (microbacias nível 6) e trechos de rio, elaborada pela Agência Nacional de Águas (ANA).

Foram incluídas somente as microbacias a montante da área de captação de cada

manancial, uma vez que apenas as áreas a montante são relevantes pois estão relacionadas à recarga e à oferta de água para o manancial.

A seleção de mananciais e microbacias gerou o mapa apresentado na figura 2, que inclui as microbacias que drenam para mananciais que abastecem as 20 áreas estudadas. Todavia, alguns dos mananciais que abastecem as 20 maiores regiões metropolitanas recebem a drenagem de microbacias situadas fora dos limites oficiais do bioma Mata Atlântica, como mostra a figura 3. Foram analisadas no estudo apenas as microbacias situadas no interior do bioma Mata Atlântica e que são cobertas pelo mapeamento de remanescentes de ecossistemas



da SOS Mata Atlântica & INPE, outra fonte de informações importante para o modelo desenvolvido.

Uma dificuldade surgida nesse processo foi a correspondência entre o manancial e a microbacia. O arquivo de microbacias da ANA não indica o manancial ao qual esta pertence e os dados de mananciais do Atlas de Abastecimento de Água não têm representação espacial nem informação precisa de localização, sendo indicado apenas o município que o manancial abastece, o sistema de abastecimento para o qual fornece água e se o sistema é isolado ou integrado. A informação mais refinada espacialmente, portanto, é o município onde está inserido o manancial. Além disso, na base cartográfica na escala 1:250.000 utilizada no trabalho, muitos dos rios listados como mananciais não possuem nome ou representação vetorial.

Nesses casos, para saber a localização dos rios que drenam para alguns dos mananciais de abastecimento, foi necessário levantar informações em outros documentos, como Planos Municipais de Saneamento, no caso dos municípios que possuem este plano (concentrados nas regiões Sudeste e Sul), folhas na escala 1:50.000 do IBGE, dissertações, teses, trabalhos publicados em congressos, simpósios e encontros, trabalhos publicados em revistas, planos governamentais, etc. Estes documentos são apresentados nas Referências Bibliográficas.

Em poucos casos não foi possível localizar os mananciais, de forma que os mesmos ficaram de fora da análise. Foi o caso do manancial Gruta do Cachimbinho, situado no município Rio Largo, inserido na RM de Maceió, em Alagoas.

Uma questão importante refere-se aos municípios de Florianópolis e de São Francisco

do Sul, o primeiro situado na RM de Florianópolis e o segundo na RM Norte-Nordeste Catarinense, ambas em Santa Catarina. Esses municípios são abastecidos por mananciais para os quais não há delimitação de microbacias da ANA (a base da ANA não abrange áreas insulares). Neste caso, os rios (mananciais) foram identificados na base 1:50.000 do IBGE e suas bacias foram delimitadas manualmente sobre esta base.

Outra questão relevante está associada ao recorte do manancial do rio São Francisco. Além das áreas de cabeceira, que abastecem a RM de Belo Horizonte, há uma área da porção inferior do rio São Francisco que abastece a região metropolitana de Aracaju. Para esta porção inferior, toda a bacia do São Francisco contribui. Porém, tendo em vista a extensa área do manancial, foram estabelecidos critérios para limitar a abrangência espacial das microbacias da bacia do São Francisco inseridas na análise. Foi definido que o estudo deveria considerar o trecho do rio abaixo da última barragem, denominado “Baixo Rio São Francisco”, segundo o recorte estabelecido pelo Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (<http://cbhsaofrancisco.org.br>). Além disso, do total de microbacias inseridas no baixo São Francisco, foi incluído no estudo apenas o conjunto de microbacias que está localizado no estado de Sergipe (foram excluídas as localizadas em Alagoas), pois a restauração das florestas nessas microbacias reduziria a dependência de transposição de águas de outras bacias para abastecer Aracaju, aumentando a resiliência hídrica da Capital do Estado de Sergipe. Ademais, essas microbacias estão no território do estado de Sergipe, de modo que é importante para esse estado saber quais são as microbacias com maior prioridade para apoiar a decisão política sobre onde intervir.



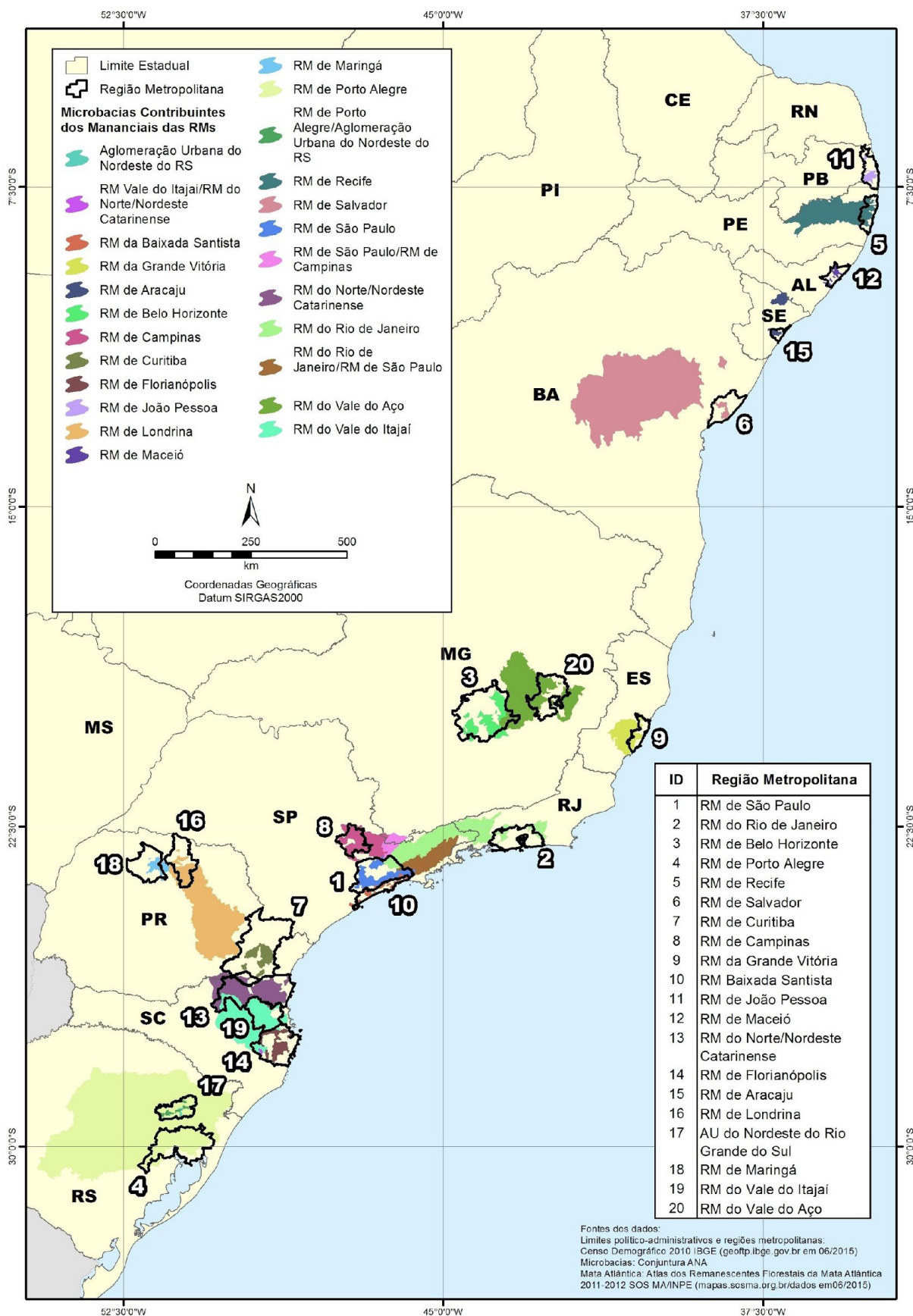


Figura 2. Mapa de microbacias contribuintes aos mananciais que abastecem as 20 áreas de estudo.

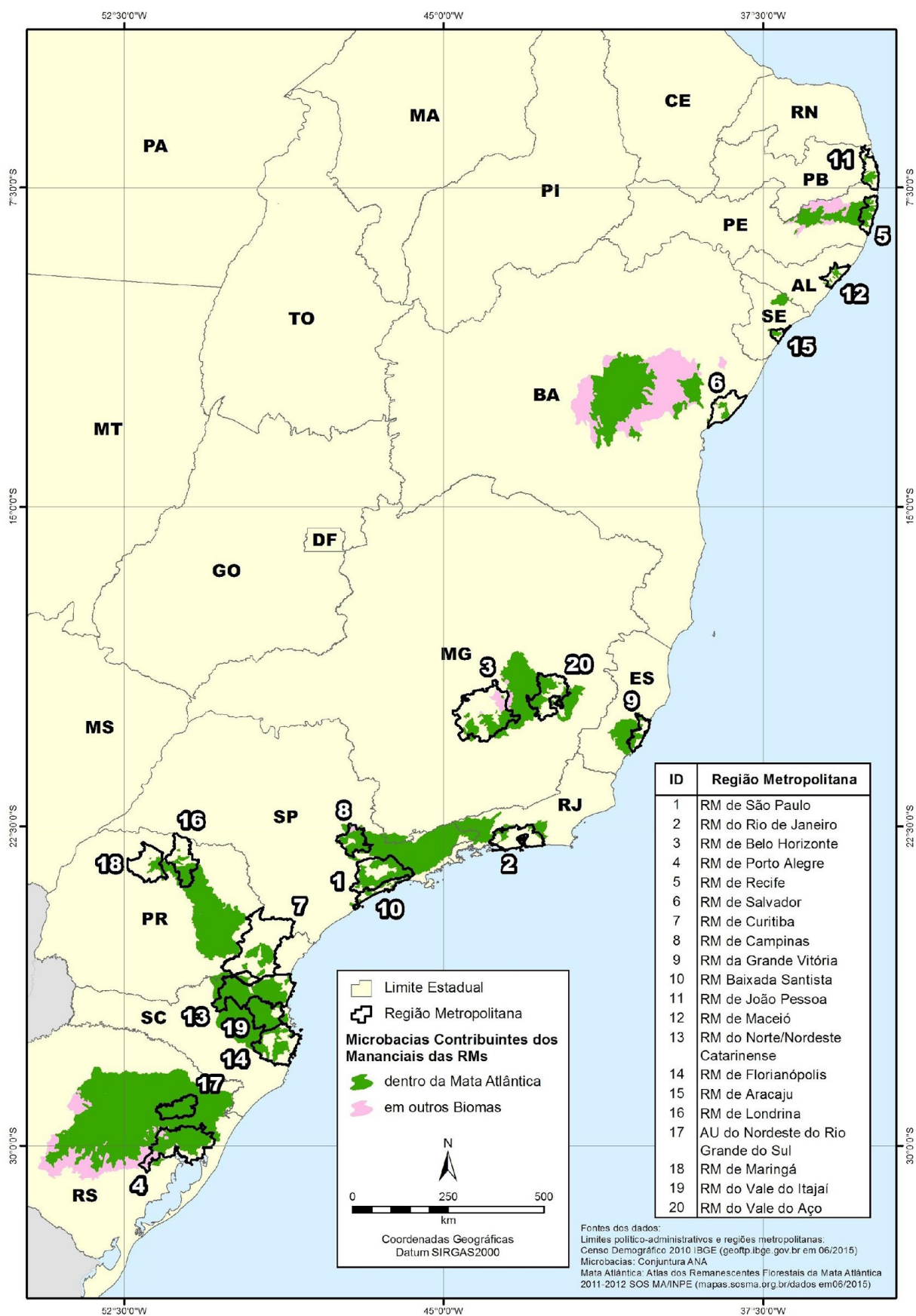


Figura 3. Mapa de microbacias contribuintes aos mananciais que abastecem as 20 áreas de estudo e situação das microbacias em relação aos limites territoriais da Mata Atlântica.

### 4.3. Critérios de Priorização

Os critérios utilizados para esta análise estão descritos abaixo, incluindo os parâmetros de análise e os pesos atribuídos a cada parâmetro.

Foram definidos os seguintes parâmetros de análise para a definição de prioridades:

- Balanço Hídrico Quantitativo;
- Suscetibilidade à erosão;
- Proporção de cobertura por remanescentes de ecossistemas;

Tendo em vista que cada um desses parâmetros apresenta uma variação interna, foi necessário estabelecer pesos para cada uma das possíveis variações de cada parâmetro. Esse processo de integração e ponderação de classes foi realizado utilizando o método *Analytic Hierarchy Process* (AHP), criado na década de 70 (Saaty, 1980) e amplamente utilizado para apoiar a tomada de decisão em problemas com múltiplos critérios (Costa, 2002).

A base deste método consiste na hierarquização do processo decisório, a partir

da decomposição de um problema que se quer resolver em subproblemas que tenham maior facilidade de compreensão e estes em subproblemas, até que se chegue ao nível adequado para responder a pergunta original (Gomes, 2007).

Este método está baseado na formação de pares de comparações entre alternativas em mesmo nível da estrutura de decisão, permitindo o estabelecimento de uma ordem de relevância entre as alternativas, com base nos objetivos de quem está tomando a decisão (Azeredo *et al.* 2009).

Ao fazer as comparações, os tomadores de decisão podem usar dados concretos ou utilizar avaliações subjetivas sobre a importância das categorias referentes a um determinado nível hierárquico, atribuindo valores às categorias em comparação à outra categoria. Portanto, o método AHP permite incorporar julgamentos qualitativos e não apenas as informações quantitativas, convertendo tais julgamentos em valores numéricos que possibilitam comparação.

As categorias recebem valores de importância 1 a 9 em comparação com outra categoria, conforme tabela abaixo.

Tabela 2. **Escala de comparação (Saaty & Vargas, 1991)**

Valores	Graus de Preferência
1	Mesma importância
3	Importância moderadamente maior
5	Importância fortemente maior
7	Importância muito fortemente maior
9	Importância extremamente maior
2, 4, 6, 8	Valores para utilização quando não há consenso sobre os valores acima

A divisão das classes de todos os mapas produzidos nesse estudo foram realizadas pelo algoritmo de Jenks, denominado método

*Natural Break*, que busca minimizar a variância intra classes e maximizar a variância inter classes (GIRARDI, 2008).

#### 4.4. Aplicação dos Critérios de Priorização

O processo de aplicação dos critérios de priorização foi realizado duas vezes no âmbito do presente estudo. Uma para as microbacias e outra para os mananciais. Desse modo, foi possível estabelecer um critério de priorização para os mananciais e também um critério de priorização de microbacias dentro dos mananciais. Esta metodologia garante que os tomadores de decisão possam atuar em dois níveis diferentes e complementares, definindo quais os mananciais com maior prioridade de restauração e, dentro desses mananciais, quais microbacias são mais relevantes para projetos dessa natureza.

Para tanto, todos os procedimentos apresentados abaixo e descritos para as microbacias também foram realizados para cada

um dos mananciais. Porém, para facilitar a leitura, estes procedimentos são apresentados apenas uma vez, focando nas microbacias. Mas é importante que o leitor saiba que eles também foram realizados para o recorte espacial de mananciais.

##### 4.4.1. Balanço Hídrico Quantitativo

Foi feita a análise, por microbacia, da situação dos mananciais para o abastecimento, segundo a Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil (ANA, 2010), que apresenta a situação do manancial em relação à demanda de água. Considerou-se que quanto pior a situação da microbacia no que concerne ao abastecimento, mais prioritária será essa microbacia para ações de restauração florestal visando a segurança hídrica das regiões metropolitanas. A tabela 3 apresenta as classes do mapa de balanço hídrico por microbacia e respectivos pesos.

Tabela 3. **Peso de cada Classe do Mapa de Balanço Hídrico**

Classe	Peso da Classe
Requer novo manancial	0,649
Ampliação do sistema	0,295
Abastecimento satisfatório	0,057

##### 4.4.2. Suscetibilidade à Erosão Hídrica

A definição da suscetibilidade à erosão predominante em cada unidade hidrológica foi baseada no cruzamento dos mapeamentos de erodibilidade dos solos, declividades e remanescentes de Mata Atlântica. Foram atribuídos pesos para as classes, partindo-se do princípio que a maior suscetibilidade

à erosão significa maior prioridade para ações de restauração florestal visando à segurança hídrica, uma vez que áreas mais suscetíveis aos processos erosivos têm maior possibilidade de exportar sedimentos para os mananciais de abastecimento, reduzindo sua vazão e o estoque de água. A figura 4 apresenta o modelo de cruzamentos utilizado no processo de construção do mapa de suscetibilidade à erosão.

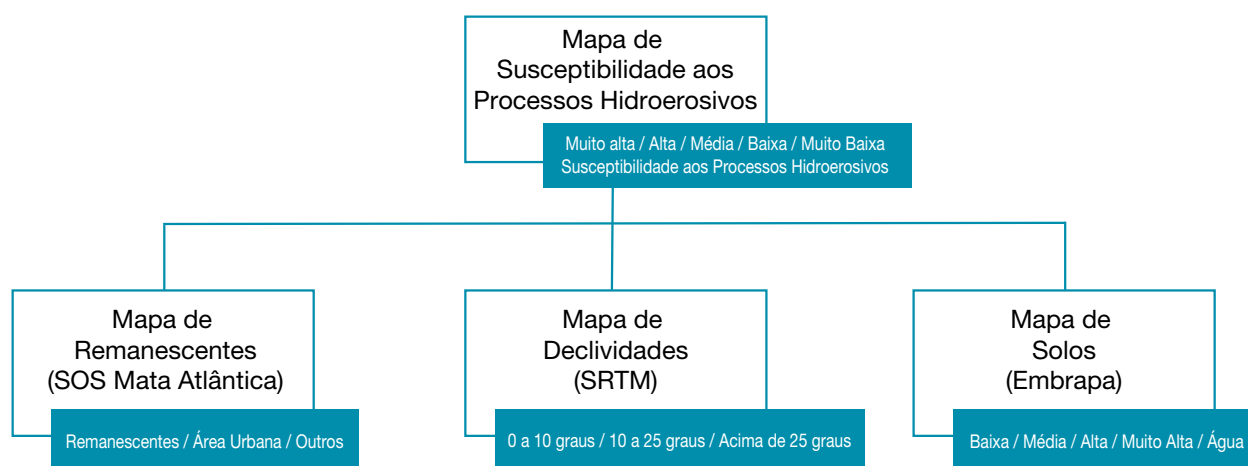


Figura 4. **Modelo de cruzamentos para a construção do Mapa de Suscetibilidade aos Processos Hidroerosivos**

#### • Erodibilidade dos Solos

No caso da erodibilidade dos solos, Sartori *et.al.* (2005) adaptaram a classificação hidrológica de solos do Serviço de Conservação de Solos dos Estados Unidos para os principais solos ocorrentes no Brasil, segundo o mapa elaborado pela Embrapa (2011). Os diferentes tipos de solos foram divididos

em quatro classes de vulnerabilidade à erosão (Muito Alta, Alta, Média e Baixa), segundo a classificação citada. Considerando que quanto maior a erodibilidade do solo, maior a suscetibilidade à erosão e, portanto, maior a prioridade para ações de restauração florestal, foram atribuídos pesos para as classes conforme a tabela 4.

Tabela 4. **Peso de cada Classe do Mapa de Erodibilidade**

Classe	Peso da Classe
Muito Alta	0,643
Alta	0,208
Média	0,101
Baixa	0,048

#### • Declividades

O mapa de declividades, elaborado no presente estudo, foi derivado do Modelo Digital de Elevação disponibilizado pela Embrapa e elaborado a partir do *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM). Foram

estabelecidas três classes de declividade:  $>25^\circ$ ;  $10 - 25^\circ$  e  $<10^\circ$ . Foi considerado que quanto maior a declividade maior a suscetibilidade a erosão, de forma que foram atribuídos os pesos às classes de declividade conforme tabela 5.

Tabela 5. **Peso de cada Classe do Mapa de Declividades**

Classe	Peso da Classe
Muito Alta	0,643
Alta	0,208
Média	0,101
Baixa	0,048



- **Remanescentes de Ecossistemas**

Foi utilizado o mapa de remanescentes de ecossistemas disponibilizado pela SOS Mata Atlântica & INPE (2013/2014) para compor o mapa de suscetibilidade à erosão. Para tanto, este mapa foi cruzado com o mapa de microbacias que compõem os mananciais superficiais. Depois da intersecção destas duas camadas, as áreas não mapeadas nas microbacias foram classificadas como “outros usos”. As classes de floresta, mangue, restinga e área natural não florestal foram agregadas para se chegar ao total de ecossistemas preservados em cada microbacia. Foram excluídas as áreas classificadas como nuvem. A figura 5 mostra um exemplo deste mapeamento, com as áreas das microbacias e polígonos de remanescentes.

Foi feito então o cálculo de percentual de área de cada microbacia ocupada com

ecossistemas preservados, dado que foi, posteriormente, utilizado no modelo de mapeamento de áreas prioritárias para restauração florestal.

Considerou-se que as áreas cobertas por outros usos apresentam maior suscetibilidade à erosão do que as áreas cobertas por remanescentes de ecossistemas, pois esses remanescentes são formados, quase que totalmente, por florestas, onde os processos erosivos são pouco relevantes. Considerou-se também que as áreas urbanas são ainda menos suscetíveis aos processos erosivos do que os remanescentes de ecossistemas, uma vez que as áreas urbanas, via de regra, possuem solos impermeabilizados, onde os processos erosivos são mínimos. A tabela 6 apresenta os pesos aplicados às 3 classes do mapa de remanescentes de ecossistemas.

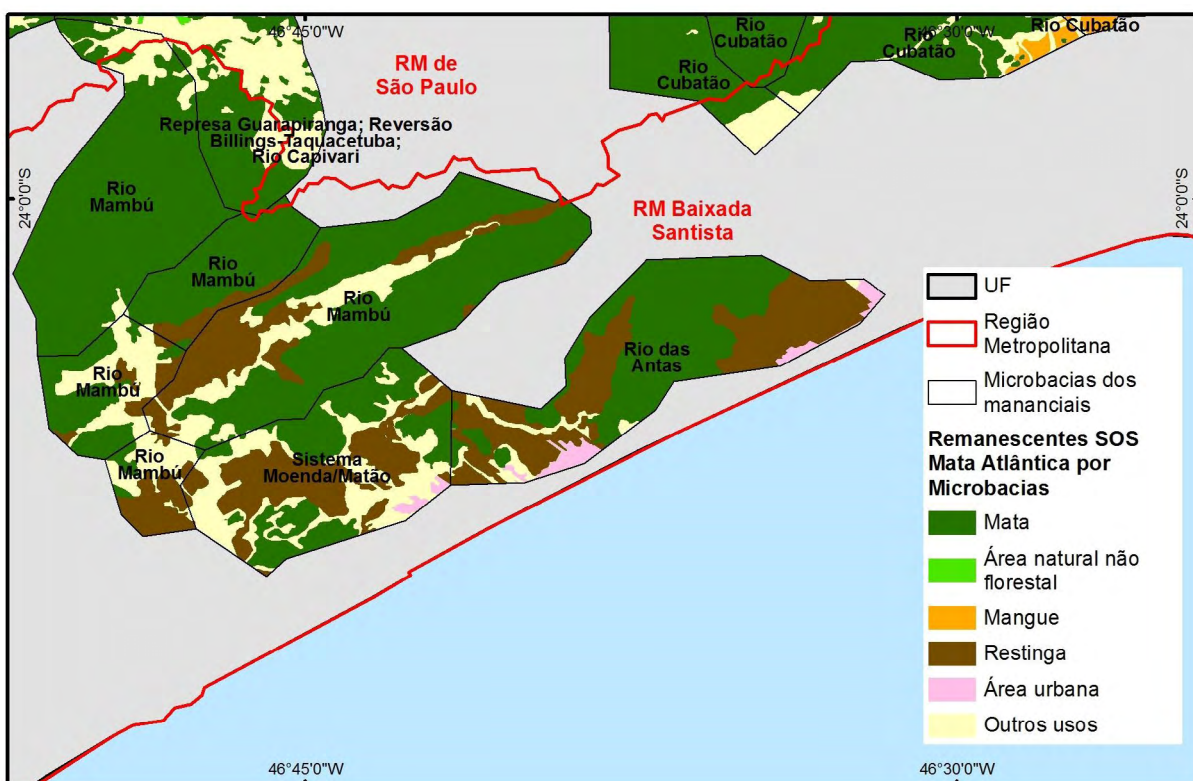


Figura 5. Exemplo de mananciais na RM da Baixada Santista mostrando as microbacias e a cobertura vegetal remanescente.

Tabela 6. **Peso de cada Classe do Mapa de Remanescentes de Ecossistemas**

Classe	Peso da Classe
Outros Usos	0,748
Remanescentes de Ecossistemas	0,180
Áreas Urbanas	0,071
Baixa	0,048

#### • Suscetibilidade à Erosão Hídrica

O cruzamento dos mapas de *Erodibilidade dos Solos*, *Declividades* e *Remanescentes de Ecossistemas* gerou o mapa de *Suscetibilidade à Erosão Hídrica*. Para este cruzamento, avaliou-se que o parâmetro declividade deveria ter peso significativamente maior do que a vulnerabilidade dos solos à erosão e do que a cobertura do solo. Esta definição está relacionada ao fato da declividade ser um parâmetro muito relevante na erosão, pois independente dos demais parâmetros, se não houver inclinação, os

processos erosivos tornam-se irrelevantes. O parâmetro erodibilidade foi considerado o de menor relevância para a suscetibilidade, pois o mapa de erodibilidade foi elaborado em uma escala de pouco detalhe (1:5.000.000) em comparação ao mapa de declividades (1:100.000) e ao mapa de remanescentes de ecossistemas (1:100.000), o que o torna menos relevante para a definição da suscetibilidade à erosão na análise aqui realizada. Assim, foram atribuídos os pesos demonstrados na tabela 7 para composição do mapa de suscetibilidade à erosão.

Tabela 7. **Peso de cada Mapa para a elaboração do Mapa de Suscetibilidade à Erosão Hídrica**

Classe	Peso da Classe
Declividades	0,539
Remanescentes de Ecossistemas	0,297
Erodibilidade	0,164

Depois de cruzar os mapas, foram definidas as classes do mapa de Suscetibilidade à Erosão Hídrica, variando de muito baixa a muito alta. Foi considerado que quanto

maior a suscetibilidade, maior a prioridade para ações de restauração florestal, de modo que os pesos atribuídos às classes do mapa foram definidos conforme a tabela 8.

Tabela 8. **Peso de cada Classe do Mapa de Suscetibilidade à Erosão Hídrica**

Classe	Peso da Classe
Muito Alta	0,448
Alta	0,299
Média	0,148
Baixa	0,065
Muito Baixa	0,040

Para gerar o mapa de suscetibilidade por microbacia, um processo de ponderação por área e por classe de suscetibilidade foi aplicado, possibilitando classificar cada microbacia apenas em uma classe de suscetibilidade. Para tanto, o mapa de suscetibilidade para toda a área de estudo foi cruzado com o mapa de microbacias, de forma que cada microbacia passou a contar com diversas classes de suscetibilidade. Em seguida, foram atribuídos valores para cada classe, de forma que a classe de suscetibilidade **muito baixa** possui valor 1 e a classe **muito alta** valor 5. Para cada microbacia o valor de cada classe foi multiplicado pela área da classe na microbacia e foi realizado o somatório desses resultados. Em seguida este somatório foi dividido pela área da microbacia. A fórmula abaixo resume esse procedimento:

$$\frac{\sum_{i=1}^n f(CS_n \times ACS_n)}{Amb}$$

Onde:

CS = Classe de Suscetibilidade (valor)  
ACS = Área da Classe de Suscetibilidade  
Amb = Área da Microbacia

Este procedimento gerou, para cada microbacia, valores entre 0 e 5, que foram

convertidos em valores qualitativos de suscetibilidade à erosão hídrica, conforme abaixo:

0,1 a 1 – Muito Baixa  
1,0001 a 2 – Baixa  
2,0001 a 3 – Média  
3,0001 a 4 – Alta  
4,0001 a 5 – Muito Alta

É importante ressaltar que algumas áreas do mapa de suscetibilidade não possuíam informações, pois os mapas de remanescentes de ecossistemas, declividades e erodibilidade apresentavam alguns limites incompatíveis. Essas áreas sem informações foram classificadas com valor zero, de modo a não interferirem nos cálculos, e a elas foi atribuído a legenda “No data” no shapefile pertinente.

#### 4.4.3. Proporção de Cobertura por Remanescentes de Ecossistemas

Foram avaliadas as microbacias em função da proporção de cobertura de remanescentes de ecossistemas, conforme mapeamento disponibilizado pela SOS Mata Atlântica e pelo INPE (2013/2014).

Para o cruzamento com a cobertura vegetal, os fragmentos de mata foram relacionados às microbacias e foi calculada a área desses fragmentos e a proporção em relação à área da microbacia, conforme apresentado na figura 6.

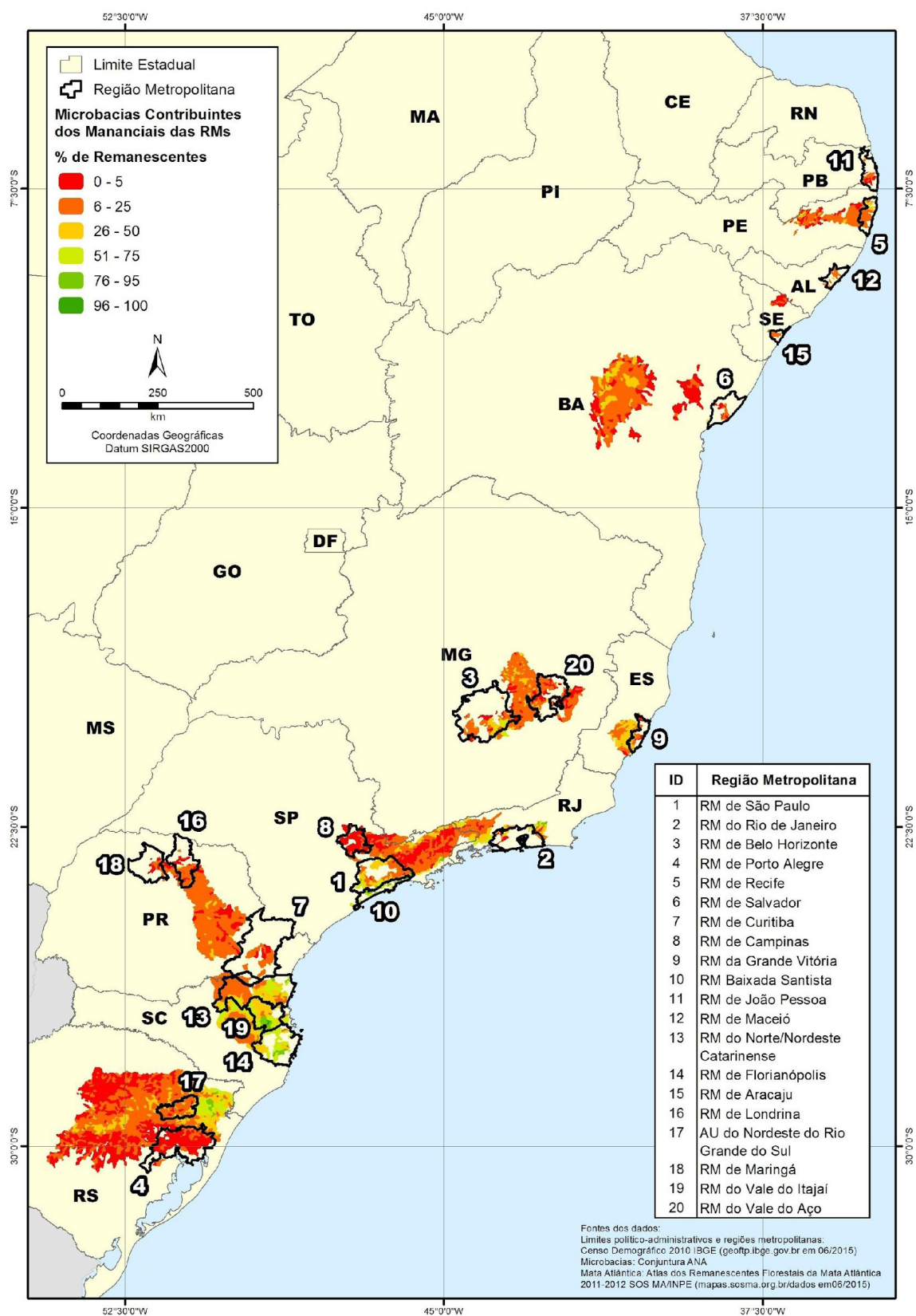


Figura 6. Mapa de microbacias contribuintes aos mananciais que abastecem as 20 áreas de estudo e situação das microbacias em relação à proporção de cobertura de ecossistemas.

O mesmo procedimento metodológico realizado para utilizar o mapa de remanescentes na composição do mapa de suscetibilidade à erosão foi utilizado para a definição do mapa de proporção de cobertura por remanescentes. Portanto, todas as classes de vegetação natural existentes no mapeamento da SOS Mata Atlântica & INPE foram agregadas na classe remanescentes de ecossistemas no presente trabalho.

Foram excluídas as áreas classificadas como nuvem, que não puderam ser classificadas nesse mapeamento.

Foi considerado que quanto menor a proporção de cobertura vegetal de uma microbacia, menor a capacidade de infiltração das águas no solo e menor o abastecimento dos lençóis freáticos. Portanto, quanto menor a proporção, mais relevante a microbacia é para ações de restauração florestal. Com base nessa conceituação, foram definidas as classes e respectivos pesos, conforme a tabela 9.

Tabela 9. **Peso de cada Classe do Mapa de Remanescentes de Ecossistemas**

Classe (% de cobertura por remanescentes)	Peso da Classe
0 a 10	0,520
10 a 30	0,268
30 a 50	0,121
50 a 75	0,056
75 a 100	0,035

#### 4.5. Priorização de Microbacias

Após a definição dos pesos de cada variável de cada parâmetro, foram atribuídos pesos para cada um dos parâmetros, segundo a relevância dos mesmos para a definição de

prioridades para restauração florestal. Para a definição de pesos também foi utilizado o método AHP. O resultado da aplicação deste método, com os respectivos pesos para cada um dos parâmetros, é apresentado na tabela 10.

Tabela 10. **Peso de cada Classe do Mapa de Prioridade para Restauração Florestal visando a Segurança Hídrica**

Classe	Peso da Classe
Balanço Hídrico Quantitativo	0,581
Remanescentes de Ecossistemas	0,309
Suscetibilidade à Erosão Hídrica	0,110

Vale ressaltar que o peso elevado para o *Balanço Hídrico Quantitativo* está relacionado ao fato deste parâmetro ter sido obtido a partir de um estudo oficial da ANA que caracteriza os mananciais segundo a relação oferta e demanda de água. Portanto, um

estudo que já indica quais mananciais devem ser priorizados no que concerne ao aumento de oferta de água. Assim, um parâmetro que apresenta, indiretamente, quais mananciais têm prioridade para a segurança hídrica das regiões metropolitanas analisadas.



Já o peso baixo para a *Suscetibilidade à Erosão Hídrica* deriva do fato do mapa de erodibilidade dos solos à erosão hídrica (um dos componentes do mapa de suscetibilidade à erosão) ter sido elaborado em uma escala de 1:5.000.000, portanto de muito pouco detalhe quando comparado ao detalhamento deste estudo. Assim, optou-se por reduzir o peso proporcional deste mapa.

O passo seguinte foi o cruzamento das microbacias com os dados relativos à *Suscetibilidade à Erosão Hídrica*, ao *Balanco Hídrico Quantitativo* e à *Cobertura por Remanescentes de Ecossistemas*, conforme a equação abaixo:

**Índice de Prioridade de  
Restauração Florestal para  
Segurança Hídrica**

**IPRH =**

$$(P_{c_e} \times P_{m_e}) + (P_{C_{bh}} \times P_{m_{bh}}) + (P_{C_{veg}} \times P_{m_{veg}})$$

Onde:

$P_{c_e}$  = Peso da Classe de  
Suscetibilidade à Erosão Hídrica;

$P_{m_e}$  = Peso do Mapa de  
Suscetibilidade à Erosão Hídrica;

$P_{C_{bh}}$  = Peso da Classe de Balanço  
Hídrico Quantitativo;

$P_{m_{BH}}$  = Peso do Mapa de Balanço  
Hídrico Quantitativo;

$P_{C_{veg}}$  = Peso da Classe de Cobertura  
Vegetal;

$P_{m_{veg}}$  = Peso do Mapa de Cobertura  
Vegetal

Como resultado desse processo de priorização, foi obtido um mapa que apresenta a classificação das microbacias segundo a

prioridade para restauração florestal visando à segurança hídrica.

Foi criada uma ferramenta no módulo *Model Builder* do ArcGis para automatizar os procedimentos e facilitar a geração desse tipo de análise para qualquer usuário ou instituição.

## 4.6. Priorização de Mananciais

Para estabelecer a priorização dos mananciais, os mesmos procedimentos aplicados às microbacias e descritos acima foram realizados para os diferentes níveis de mananciais. Porém, no caso dos mananciais, um procedimento metodológico a mais foi necessário, em função dos diferentes níveis dos mananciais.

Enquanto as microbacias estão todas no mesmo nível, quando estas são agregadas para formar os mananciais existem microbacias que podem abastecer até 4 níveis distintos de mananciais, conforme apresentado na figura 7. Ou seja, uma mesma microbacia pode contribuir para abastecer até quatro captações distintas. No exemplo, existe uma captação dentro do manancial nível 4. Esta microbacia é componente da bacia do manancial nível 3, que por sua vez é parte da bacia do manancial nível 2, que também pertence a área que contribui para o manancial nível 1. A apresentação dos resultados em forma de mapa no relatório foi feita apenas para o nível 1, pois a escala de representação (tamanho A4 de relatório) não permite visualizar os resultados dos outros níveis, já que os mananciais possuem áreas menores a cada subida de nível, além de diminuir sua quantidade. Foram classificados 182 mananciais no nível 1, 100 no nível 2, 35 no nível 3, 9 no nível 4 e apenas 1 no nível 5.

Este conjunto de procedimentos metodológicos foi realizado na Fase 1 do presente estudo.

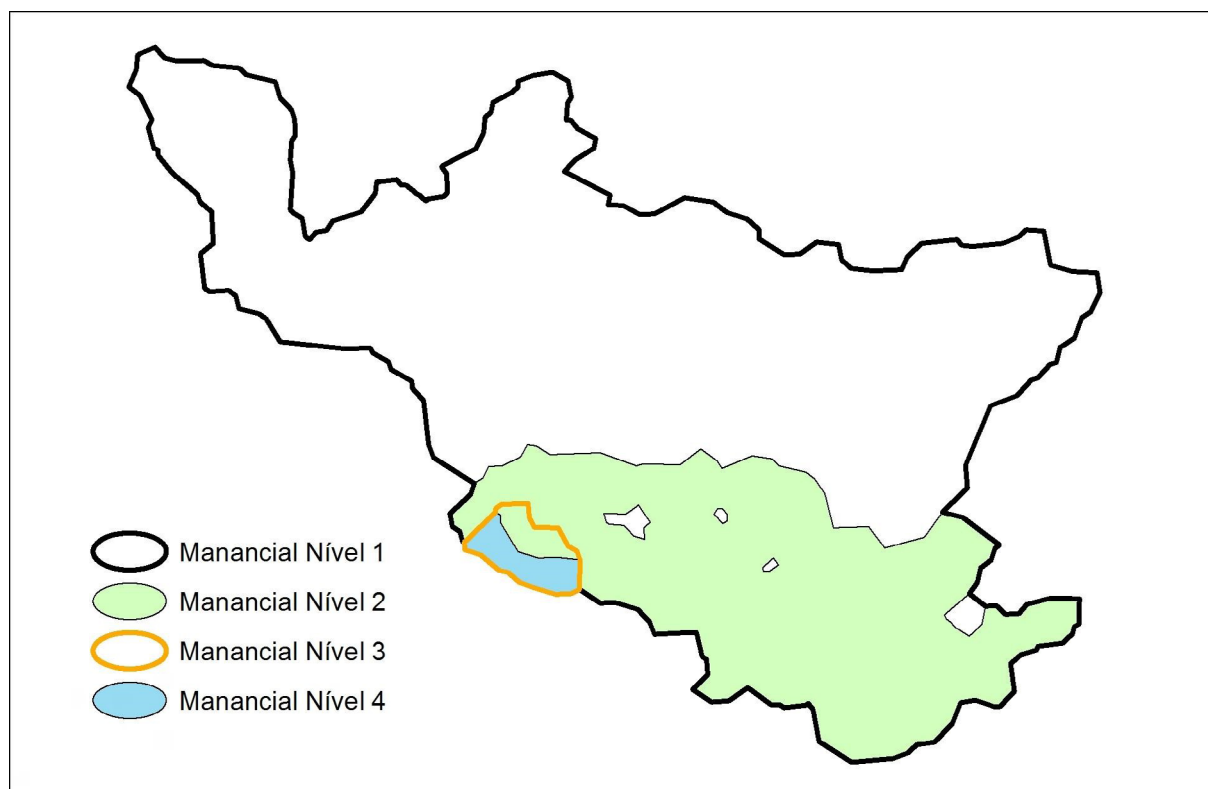


Figura 7. Mapa de microbacias contribuintes aos mananciais que abastecem as 20 áreas de estudo e situação das microbacias em relação à proporção de cobertura de ecossistemas.

#### 4.7. Ranking de Mananciais por Região Metropolitana ou Aglomeração Urbana

Na Fase 1 do projeto, foram elaborados produtos para o conjunto das 20 RMs ou AUs, de forma a subsidiar políticas na escala do bioma Mata Atlântica. Nas Fases 2 e 3, foram elaborados produtos para cada RM ou AU e para municípios, com o objetivo de subsidiar a tomada de decisão pelos gestores regionais e municipais.

Foram construídos dois rankings de mananciais, um para cada RM ou AU e outro para cada município que possui mananciais que abastecem as RM ou AU.

O ranking de mananciais por RM ou AU consiste em uma comparação interna entre os mananciais que abastecem uma determinada RM ou AU. Quanto maior o IPRH, mais

elevada a posição do manancial no ranking daquela RM ou AU. Ou seja, esse ranking foi elaborado considerando que os mananciais que possuem IPRH mais elevado em uma determinada RM ou AU são aqueles com maior prioridade de restauração florestal para segurança hídrica naquela RM ou AU e, portanto, devem ser priorizados pelos gestores daquela RM ou AU.

A construção do ranking de mananciais por RM ou AU enfrentou um problema relacionado aos níveis de manancial. Os mananciais de nível mais elevado estão inseridos em mananciais de nível menor. Assim, um manancial nível 2 está incluso em uma área que é parte de um manancial nível 1, enquanto um manancial nível 3 está incluso em uma área que é parte de um manancial nível 2 e de um manancial nível 1 (ver item 4.6). Dessa forma, a área correspondente aos mananciais de nível superior (2, 3 e 4) possuem mais de um valor de IPRH: um

valor referente ao manancial de nível superior (por exemplo, nível 2) e um valor referente ao manancial nível 1 no qual se insere aquele manancial nível 2. Como esses dois níveis de manancial possuem áreas diferentes (apesar do manancial nível 2 estar inserido no nível 1, este último possui uma área maior), frequentemente esses mananciais possuem valores distintos de IPRH. Assim, mananciais de nível 2 possuem um valor de IPRH referente ao nível 2 (que avalia os atributos do recorte espacial referente ao manancial nível 2) e outro valor referente ao nível 1 (que avalia os atributos do recorte espacial do nível 1 que é maior que o recorte espacial do nível 2). Desta forma, os mananciais nível 3, possuem 3 IPRH (níveis 1, 2 e 3 conjugados) e assim sucessivamente.

Esta situação gerou um problema para a construção do ranking. Afinal, qual o valor de IPRH que um manancial nível 2, 3 ou 4 deveria receber para definir sua posição no ranking? O valor do nível superior (por exemplo, um manancial nível 2 deveria receber o valor de IPRH definido para este nível) ou o valor definido para o nível 1. Uma solução possível seria fazer um ranking para cada nível de manancial e para cada RM ou AU. Entretanto, este processo geraria até quatro rankings para a mesma RM ou AU, o que dificultaria o gestor na tomada de decisão sobre quais mananciais priorizar. Como solução, optou-se por construir apenas um ranking, que incluiria todos os níveis de mananciais.

Para o estabelecimento deste ranking foi definido que somente seriam classificados os mananciais de nível 1 e os de níveis inferiores que tivessem IPRH maior que o manancial de nível 1 no qual está inserido. Assim, os mananciais de níveis 2, 3 e 4 que tinham IPRH inferior ao IPRH do respectivo manancial nível 1 não foram incluídos no ranking, apenas os mananciais de IPRH mais elevado que o manancial de nível 1 foram incluídos.

Assim, é possível que o manancial expresse sempre a situação mais crítica em relação ao abastecimento de água em comparação com os outros mananciais e ocupe uma posição mais elevada no ranking.

Para manter sempre o IPRH mais elevado, foi necessário eliminar do ranking os mananciais de níveis superiores (2, 3 e 4) quando os mesmos possuíam IPRH de valor menor que o IPRH do manancial de nível inferior. Afinal, se um determinado manancial nível 2, por exemplo, possui um IPRH inferior ao do manancial nível 1 no qual está inserido, considerou-se que este manancial nível 2 deveria expressar o IPRH definido para o nível 1 do qual é parte integrante. Portanto, para cada manancial pertencente a uma determinada RM ou AU avaliou-se qual o nível que possuía IPRH mais elevado. Quando o nível 1 possuía valor de IPRH superior aos outros níveis inseridos naquele manancial nível 1, os mananciais dos níveis superiores foram desconsiderados e não entraram no ranking. O mesmo ocorreu com os mananciais níveis 2. Quando um manancial desse nível possuía IPRH superior ao dos níveis 3 e 4 que estavam inseridos nele, apenas o manancial nível 2 foi mantido no ranking. O mesmo foi feito para o manancial nível 3 em relação aos mananciais níveis 4.

Deste modo, os 20 rankings de mananciais por RM ou AU (um para cada RM ou AU) incluem: todos os mananciais nível 1 pertencentes àquela RM ou AU; os mananciais nível 2 que possuem IPRH maior que os dos mananciais nível 1 nos quais estão inseridos; os mananciais nível 3 que possuem IPRH maior que os dos mananciais nível 2 nos quais estão inseridos; e os mananciais nível 4 que possuem IPRH maior que os dos mananciais nível 3 nos quais estão inseridos.

Uma outra questão importante refere-se aos mananciais que abastecem mais de uma RM, como alguns que contribuem para a

RM do Vale do Itajaí e para a RM de Florianópolis e os mananciais que contribuem para as RMs do Rio de Janeiro e de São Paulo, entre outros. Esses mananciais foram ranqueados nas duas RM ou AU das quais fazem parte de forma independente. Desse modo, esses mananciais entraram em dois rankings distintos, um em cada RM ou AU. Optou-se por esta solução, na medida que é importante para os gestores de cada RM saber quais os mananciais de maior prioridade, independentemente se eles abastecem ou não outra RM ou AU. Nestas situações, o mesmo manancial pode apresentar diferentes posições em diferentes rankings de RM, pois seu IPRH será comparado com os mananciais exclusivos de cada uma das RMs, logo sua posição poderá ser diferente em cada um.

Por fim, uma última questão relevante para o entendimento da metodologia de construção dos rankings de mananciais por RM ou AU e por município refere-se aos casos de empate nos valores do IPRH entre mananciais.

Quando ao fim de todo o procedimento metodológico descrito acima os resultados do índice foram iguais para dois ou mais mananciais situados em uma mesma RM ou AU foi aplicado como critério de desempate a proporção de remanescentes de Mata Atlântica. Desse modo, os mananciais que apresentavam menor proporção de remanescentes foram considerados de maior prioridade para restauração florestal e ficaram em uma posição superior no ranking. Esse procedimento é justificado pela necessidade de facilitar a tomada de decisão pelo gestor, indicando qual manancial é de maior prioridade; e também em função da relevância do investimento em recuperação e conservação da vegetação original para os projetos de restauração, de modo que utilizar a proporção de remanescentes torna-se um critério relevante.

No caso de persistência do empate no ranking de IPRH, mesmo após a inclusão da

proporção de remanescentes como critério para desempate, foi considerada a área do manancial (ou microbacia) como novo critério, priorizando os mananciais ou microbacias de maior área. Porém, no presente estudo e, houve apenas um caso em que foi necessário considerar a área como critério de desempate.

Nos casos de mananciais situados na mesma microbacia não foi possível realizar a priorização e consequente desempate no ranking, pois todos os parâmetros utilizados no estudo eram iguais. Nesses casos, optou-se por agrupar esses mananciais na mesma linha no arquivo Excel em anexo e nas tabelas vinculadas aos shapefiles, de forma a garantir que não exista duplicação de dados geoespaciais (os mananciais são representados pelo mesmo polígono na Base de Dados Geoespaciais).

#### 4.8. Definição de Municípios para Priorização

Na segunda fase, além do ranking por manancial, para cada RM ou AU, foi elaborado um ranking de mananciais por município, apresentado por RM ou AU, como forma de subsidiar a tomada de decisão de gestores municipais.

O primeiro trabalho foi definir quais municípios deveriam integrar a análise. Na fase 1, o trabalho considerou apenas os municípios que estavam situados no interior das 20 RMs incluídas no estudo. Porém, uma vez que essas RMs são frequentemente abastecidas por mananciais de água situados em municípios localizados fora das RMs, foi necessário incluir todos os municípios pertinentes que não constavam na análise inicial.

Para a inclusão desses municípios, foi utilizada a base de setores censitários do Censo Demográfico 2010 do IBGE, que possui escalas variáveis por estado da federação.

Os limites municipais foram sobrepostos aos limites das microbacias e os municípios que possuíam área dentro dessas microbacias foram selecionados para serem incluídos no trabalho. Cabe ressaltar, que foram excluídos os municípios selecionados erroneamente durante o processamento. Este

fato ocorre por conta de erros topológicos derivados das diferenças de escala entre a base de municípios e a base de microbacias nível 6 da ANA. A figura 8 apresenta a caracterização dos municípios que foram inseridos no trabalho, e sua Região Metropolitana pertinente.

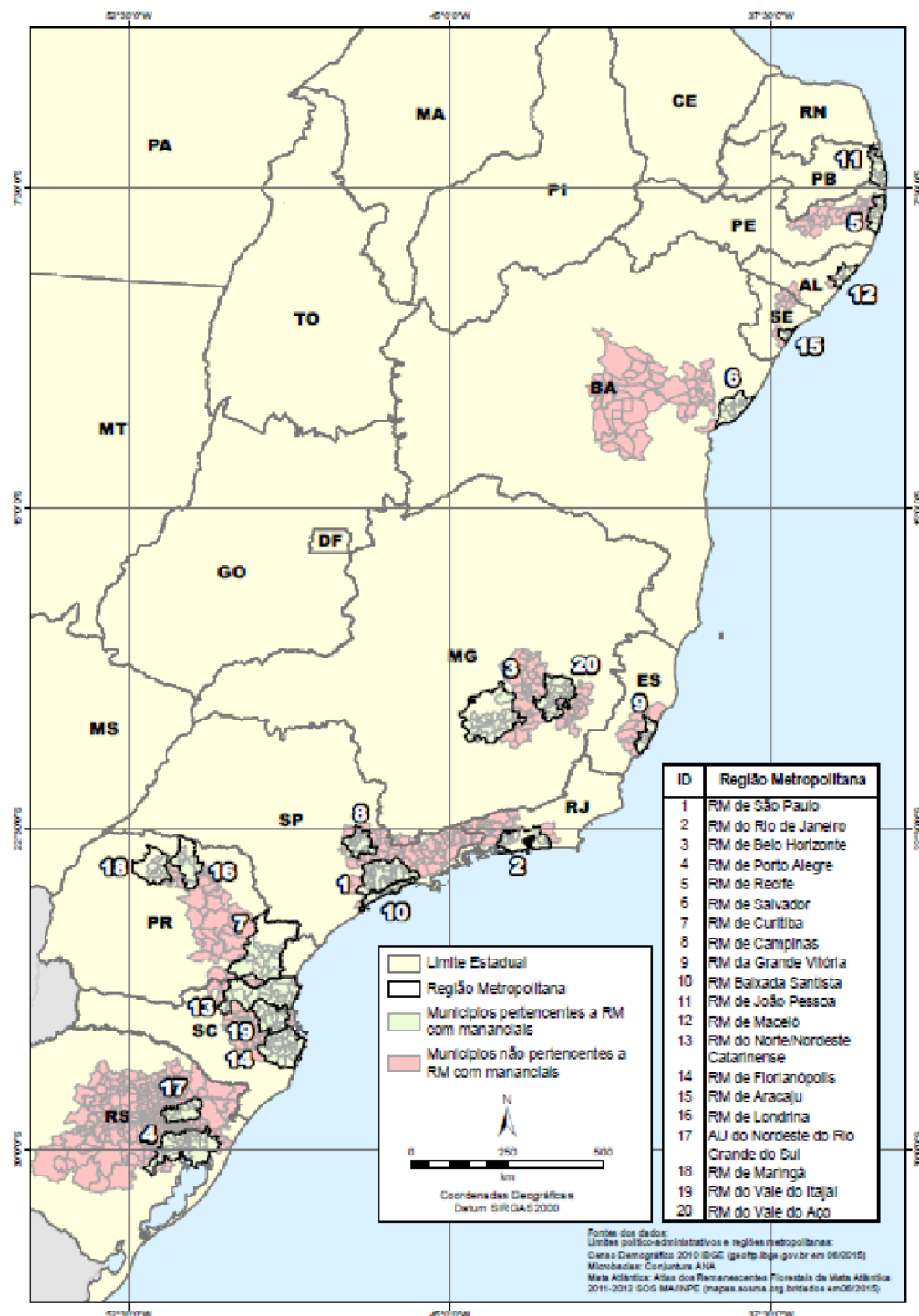


Figura 8. Mapa de municípios contribuintes aos mananciais que abastecem as 20 áreas de estudo.



## 4.9. Ranking de Mananciais, por Município

A despeito de ter sido construído um ranking de mananciais para cada município, não foi realizada a mesma sequência de cruzamentos apresentada para a Fase 1 para o recorte municipal. Ou seja, não foi produzido novo IPRH para o recorte de municípios, mas utilizado os valores de IPRH dos mananciais para definir um ranking para cada um dos municípios.

Para isso, os mananciais foram recortados para cada um dos municípios, utilizando ferramentas de geoprocessamento, de modo que para cada município foram definidos os mananciais que estavam inteira ou parcialmente inseridos nele. Esses mananciais foram, posteriormente, ranqueados, considerando o valor de IPRH do manancial, independentemente se o mesmo estava todo inserido no município ou se apenas parte do manancial estava inserida. Os mananciais

com maior valor de IPRH em um determinado município ficaram na posição 1 do ranking municipal, enquanto os de menor IPRH ficaram na última posição do ranking.

É importante ressaltar que o mesmo procedimento utilizado para o ranking de mananciais por RM ou AU foi realizado para o ranking de mananciais por município. Ou seja, foi estabelecido para cada manancial, independentemente do nível, o IPRH mais elevado e este índice foi utilizado para o ranqueamento. Além disso, os mananciais de níveis superiores (2, 3 e 4) só foram inseridos no ranking quando possuíam IPRH superior aos mananciais de nível inferior dentro dos quais se encontram, conforme explicado acima para o ranking de mananciais. Da mesma forma, o desempate no ranking de mananciais por RM ou AU para os casos de mesmo IPRH, conforme apresentado acima, foram transpostos para o ranking de mananciais por município.

## 5. RESULTADOS

Os resultados deste trabalho são apresentados em três escalas distintas: para o conjunto das 20 RMs ou AUs, com vistas à subsidiar políticas em escala de bioma; para cada RM ou AU separadamente, com o objetivo de apoiar a tomada de decisão na escala das políticas regionais; e para os municípios, cuja intenção é apoiar a tomada de decisão dos gestores municipais.

Esta é uma discussão fundamental, pois a implantação de projetos de restauração florestal tem relação com os três níveis de governo. Além disso, ao analisar os resultados para o conjunto do bioma pode parecer que determinadas RMs ou AUs têm prioridade muito baixa para projetos de restauração. Porém, isso só é verdade quando esta prioridade é definida em comparação com outras áreas do bioma Mata Atlântica. Quando são feitas comparações internas à cada RM, percebe-se que em todas há mananciais com elevada prioridade, o que demonstra a relevância de se investir em projetos dessa natureza.

Abaixo são apresentados alguns comentários sobre os resultados sem a intenção de aprofundá-los, tendo em vista que os mapas e as tabelas possibilitam análises dessa natureza. A intenção desses comentários é apenas situar os leitores quanto à representatividade dos resultados em termos dos parâmetros utilizados. Assim, cada leitor pode interpretar da forma mais adequada o significado dos resultados oferecidos por este trabalho. Além disso, pretende-se apresentar também os principais resultados relacionados aos rankings de mananciais por RM ou AU e por municípios, de forma a

estimular os leitores a se aprofundarem nas análises a partir dos dados apresentados nas tabelas Excel elaboradas pelo estudo (Ranking de Mananciais por RM e Ranking de Mananciais por Município).

### 5.1 Características Gerais do IPRH

Uma questão central é que os resultados do IPRH têm forte influência da classificação do Balanço Hídrico Quantitativo da ANA, uma vez que esse parâmetro possui o maior peso deste índice.

Todos os mananciais nível 1 classificados neste estudo como de prioridade **Muito Alta**, tanto pelo recorte de mananciais como de microbacias, foram classificados como **Requer Novo Manancial** segundo o Balanço Hídrico Quantitativo da ANA, o que demonstra a importância dessa variável, especialmente na escala dos mananciais nível 1, que é a mais abrangente.

Porém, há também mananciais nível 1 classificados como **Requer Novo Manancial**, que foram classificados neste estudo como de prioridade **Alta** para projetos de restauração florestal. Isso mostra que a suscetibilidade à erosão hídrica e a cobertura vegetal são parâmetros importantes nesse nível para diferenciar as classes de prioridade **Alta** e **Muito Alta**, de forma que na classe superior estão apenas os mananciais classificados na situação mais grave de abastecimento e ainda possuem uma condição de cobertura por remanescentes e suscetibilidade à erosão hídrica relativamente problemática.

A classe do mapa de Balanço Hídrico Quantitativo denominada **Requer Ampliação** foi classificada neste estudo como de prioridade **Média** ou **Alta** por manancial nível 1, indicando que a priorização entre essas duas classes está associada à cobertura por remanescentes e à suscetibilidade à erosão hídrica. Portanto, intervir em áreas de prioridade **Alta** em vez de **Média** pode significar duas situações: ou são áreas classificados pela ANA como **Requer Novo Manancial**, mas apresentam uma melhor situação relativa quanto à cobertura por remanescentes e à suscetibilidade à erosão hídrica; ou foram classificados pela ANA como **Requer Ampliação**, mas possuem uma condição relativamente ruim quanto à suscetibilidade à erosão hídrica e à cobertura por remanescentes.

A classe **Satisfatório** do mapa de Balanço Hídrico Quantitativo da ANA também ficou dividida entre duas classes deste estudo por manancial nível 1: **Médio e Baixo**. Portanto, na classe **Médio** estão os mananciais nível 1 classificados como **Requer Ampliação**, mas que possuem uma situação de remanescentes e de suscetibilidade à erosão hídrica relativamente boa, e aqueles que possuem nível **Satisfatório** segundo a ANA, mas que estão em situação de cobertura por remanescentes e suscetibilidade à erosão hídrica considerada menos importante para a implantação de projetos de restauração.

Por fim, os mananciais nível 1 classificados neste estudo com prioridade **Muito Baixo** são aqueles classificados como **Satisfatório** pela ANA e que ainda possuem uma condição ambiental relativamente boa, segundo os parâmetros analisados por este estudo.

Esse mesmo padrão geral foi observado para os demais recortes espaciais, porém nos casos dos mananciais de níveis 2, 3 e

4 e das microbacias houve uma heterogeneidade maior, de modo que algumas áreas incluídas em mananciais considerados **Satisfatório** pela ANA em termos de abastecimento, por exemplo, foram consideradas como de prioridade **Alta** ou **Muito Alta**, quando as condições ambientais se apresentaram como extremas.

Essa variação espacial ajuda na tomada de decisões em diferentes níveis, pois apoia a definição dos mananciais que devem ser priorizados, mas também onde priorizar dentro desses mananciais.

## 5.2 Classificação dos Mananciais das 20 RMs ou AUs – Escala de Bioma

Com base nos resultados do IPRH, foi elaborada uma classificação de mananciais e microbacias quanto a prioridade de restauração florestal visando à segurança hídrica considerando as 20 RMs ou AUs incluídas no estudo. Ou seja, uma classificação que considera todos os mananciais em conjunto e compara o potencial desses mananciais para projetos de restauração. O objetivo desta análise é subsidiar políticas na escala do bioma.

As figuras 9 e 10 apresentam os mapas de prioridades por manancial de abastecimento de água e por microbacias, respectivamente, para as 20 áreas de estudo. Destacam-se os mananciais e microbacias situados nos estados das regiões Sul e Sudeste, além de Sergipe, Alagoas e Paraíba, na Região Nordeste, que possuem IPRH **muito alto** e **alto**. Além do mapa, a tabela completa de mananciais (níveis 1 a 4<sup>1</sup>) e microbacias está em anexo a este documento.

1 Para o único manancial nível 5 corresponde à Microbacia número 7739645, cujo o nome é Ribeirão Laranjal (RM da Baixada Santista), deve-se observar sua prioridade na tabela deste índice para Microbacias.

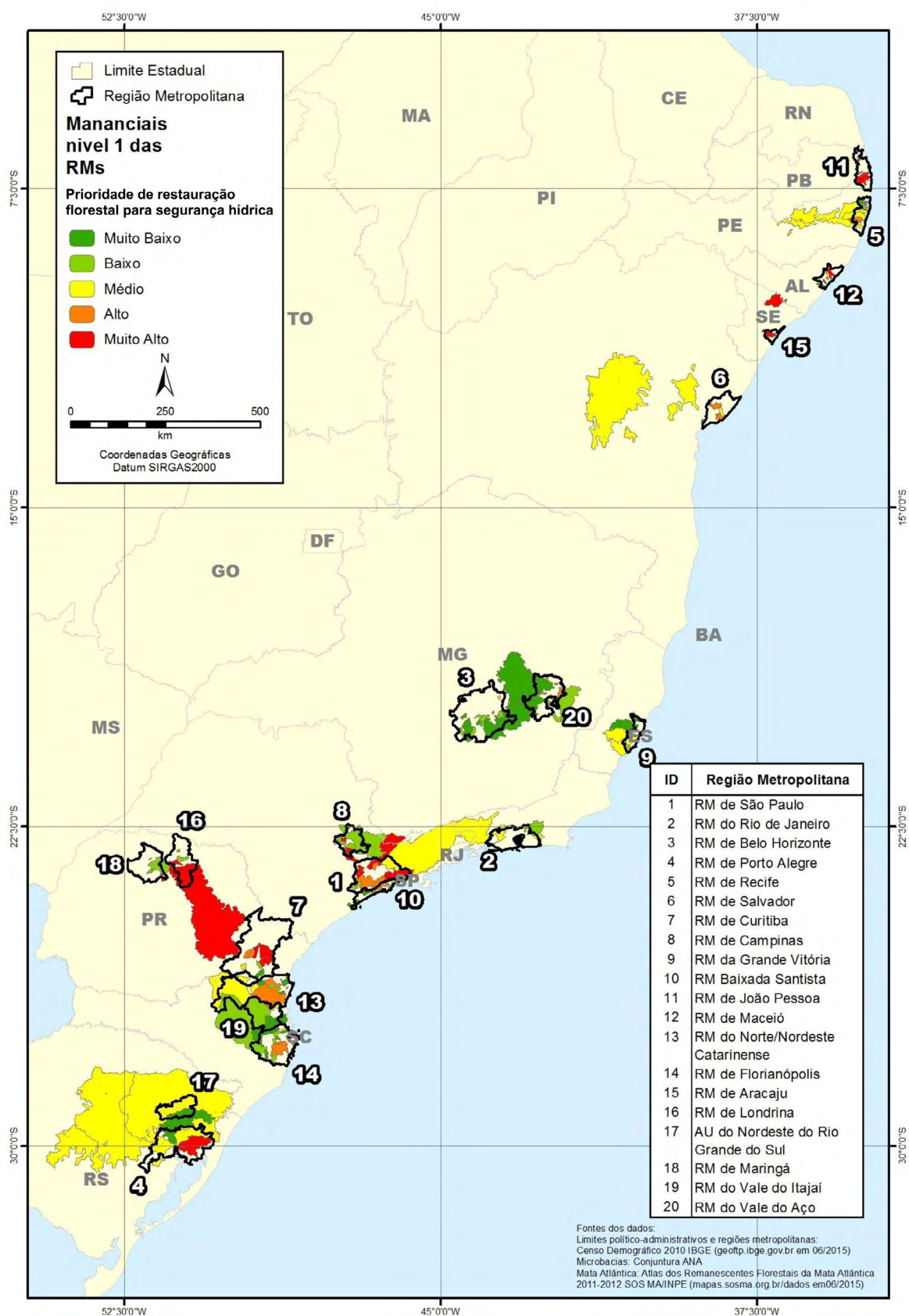


Figura 9. Mapa de prioridades de restauração florestal para segurança hídrica, por manancial que abastece as 20 RMs e AUs mais populosos inseridos na Mata Atlântica



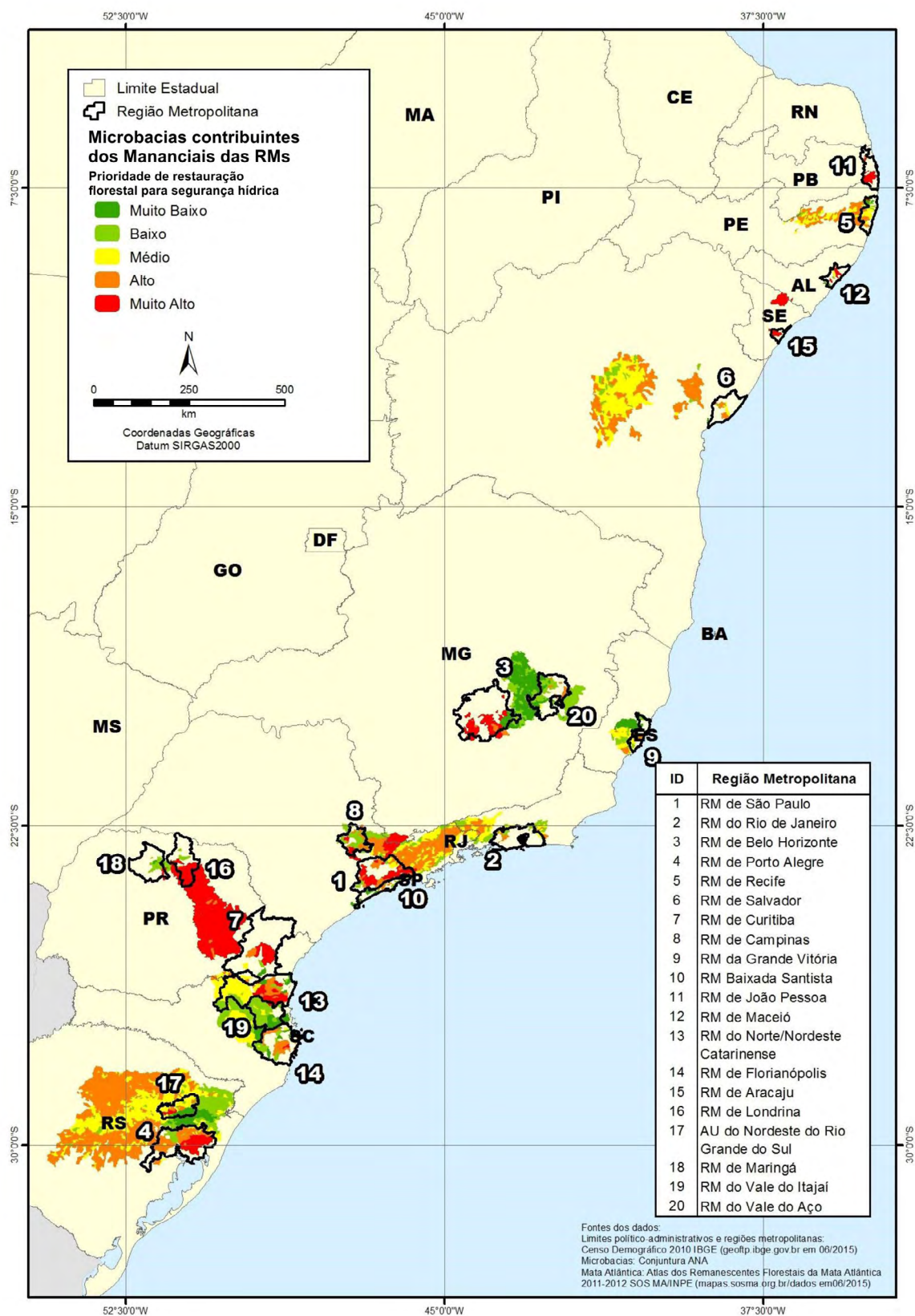


Figura 10. Mapa de prioridades de restauração florestal para segurança hídrica, por microbacias inseridas na Mata Atlântica que drenam para os mananciais que abastecem as 20 RMs e AUs mais populosas do bioma



### 5.3. Ranking de Mananciais por RM

Foram elaborados dois rankings com o objetivo de destacar os mananciais com maior prioridade de restauração florestal para segurança hídrica. Um ranking de mananciais por RM ou AU; e um ranking de mananciais por município, apresentado por RM ou AU.

Os resultados completos destes dois rankings são apresentados nas tabelas em anexo e

nos mapas de cada uma das RM também inseridos em anexo. Neste item são apresentados apenas os mananciais com maior índice de IPRH de cada RM (tabela 11), com a intenção de chamar atenção para os mananciais mais críticos.

Neste documento não é apresentado o ranking de mananciais por município, em função do elevado número de municípios da análise. Mas esses dados podem ser obtidos nas tabelas anexas.

**Tabela 11 – Mananciais de maior prioridade de restauração florestal para segurança hídrica em cada uma das RM ou AU estudadas.**

Manancial	Nível	RM
Rio Burati	1	AU Nordeste do Rio Grande do Sul
Córrego Itu	1	RM da Baixada Santista
Rio Santo Agostinho	2	RM da Grande Vitória
Rio São Francisco	1	RM de Aracaju
Córrego Cambidas	1	RM de Belo Horizonte
Represa Recanto	1	RM de Campinas
Rio Miringuava	1	RM de Curitiba
Rio Córrego Grande	1	RM de Florianópolis
Rio Taperubu	1	RM de João Pessoa
Ribeirão Cafezal	1	RM de Londrina
Rio da Estiva	1	RM de Maceió
Ribeirão Caitú	2	RM de Maringá
Rio Fiúza	1	RM de Porto Alegre
Açude Mussupé (Riacho Floresta)	3	RM de Recife
Barragem Ipitanga	1	RM de Salvador
Córrego Quatro Sacis	2	RM de São Paulo
Ribeirão Aguas Claras e Ribeirão Caravaggio	3	RM do Norte/Nordeste Catarinense
Córrego Quatro Sacis	2	RM do Rio de Janeiro
Córrego Tavares	1	RM do Vale do Aço
Rio Luiz Alves	1	RM do Vale do Itajaí

### 5.3. Construção da Base de Dados Geoespaciais (BDG)

O conteúdo da BDG está organizado em uma estrutura de diretórios, subdivididos por categorias temáticas (CTs) que agrupam os arquivos geoespaciais vetoriais – pontos, linhas e polígonos e dados matriciais – imagens ou

rasters, como mostra a Figura 11. A BDG está atualizada com os arquivos existentes até 24/07/2017. Cabe ressaltar, que não foram incluídos na BDG os arquivos de hidrografia da base 1:250.000 do IBGE, tendo em vista o tamanho dos arquivos e por se tratarem de arquivos de trabalho que não são necessários para a verificação dos resultados.

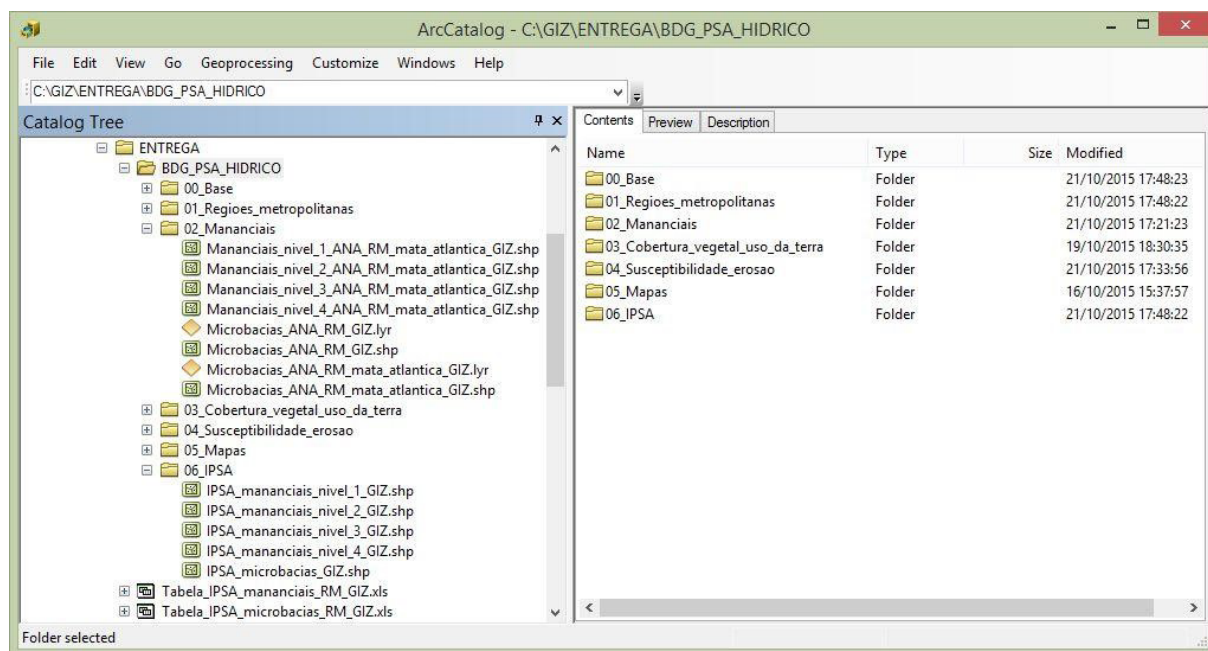


Figura 11. **Árvore da Base de Dados Espaciais construída para o estudo.**

As categorias temáticas da BDG e os arquivos contidos em cada uma são descritos a seguir:

- **CT 00\_Base:** Esta categoria temática agrupa bases cartográficas do mapeamento sistemático utilizadas na elaboração dos

estudos e na confecção de mapas: limites político-administrativos, hidrografia, topografia, recortes territoriais, dentre outros. Até o momento contém os arquivos listados na tabela 12.

Tabela 12. **Arquivos da CT 00\_Base**

Arquivo	Descrição
Brasil_IBGE.shp	Limite territorial do Brasil
capital_bcim_IBGE.shp	Capitais Estaduais
capitais_cidades_municipios_com_mananciais_bcim_IBGE.shp	Capitais Estaduais e sedes dos municípios que possuem áreas em mananciais que abastecem RMs
massa_dagua_bcim_IBGE.shp	Massa d'água (polígono) 1:1.000.000 IBGE
trecho_drenagem_bcim_IBGE.shp	Trecho de drenagem 1:1.000.000 IBGE

Tabela 12. **Arquivos da CT 00\_Base (continuação)**

Arquivo	Descrição
trecho_massa_dagua_bcim_IBGE.shp	Trecho de drenagem (polígono) 1:1.000.000 IBGE
UF_IBGE.shp	Limites das Unidades da Federação (UF) do Brasil
UF_Mata_Atlantica_IBGE.shp	Limites das Unidades da Federação (UF) onde há ocorrência do Bioma Mata Atlântica

- **CT 01\_Regioes\_metropolitanas:** Esta CT armazena os limites das 20 regiões metropolitanas (RM) objeto do estudo. Os limites utilizados foram os da malha digital municipal de 2010 do IBGE. Há ar-

quivos vetoriais para o limite completo da RM e para os limites dos municípios integrantes de cada RM, além de arquivos para o conjunto das RMs, conforme mostra a tabela 13.

Tabela 13. **Arquivos da CT 01\_Regioes\_metropolitanas**

Arquivo	Descrição
01a_RM_Sao_Paulo.shp 02a_RM_Rio_de_Janeiro.shp 03a_RM_Belo_Horizonte.shp 04a_RM_Porto_Alegre.shp 05a_RM_Recife.shp 06a_RM_Salvador.shp 07a_RM_Curitiba.shp 08a_RM_Campinas.shp 09a_RM_Grande_Vitoria.shp 10a_RM_Baixada_Santista.shp 11a_RM_Joao_Pessoa.shp 12a_RM_Maceio.shp 13a_RM_Norte_Nordeste_Catarinense.shp 14a_RM_Florianopolis.shp 15a_RM_Aracaju.shp 16a_RM_Londrina.shp 17a_Aglomeracao_Urbana_do_Nordeste_do_RS.shp 18a_RM_Maringa.shp 19a_RM_Vale_do_Itajai.shp 20a_RM_Vale_do_Aco.shp	Limites de cada uma das 20 Regiões Metropolitanas
01b_RM_Sao_Paulo_municipios.shp 02b_RM_Rio_de_Janeiro_municipios.shp 03b_RM_Belo_Horizonte_municipios.shp 04b_RM_Porto_Alegre_municipios.shp 05b_RM_Recife_municipios.shp 06b_RM_Salvador_municipios.shp 07b_RM_Curitiba_municipios.shp 08b_RM_Campinas_municipios.shp 09b_RM_Grande_Vitoria_municipios.shp 10b_RM_Baixada_Santista_municipios.shp 11b_RM_Joao_Pessoa_municipios.shp 12b_RM_Maceio_municipios.shp 13b_RM_Norte_Nordeste_Catarinense_municipios.shp	Capitais Estaduais

Tabela 13. **Arquivos da CT 01\_Regioes\_metropolitanas (continuação)**

Arquivo	Descrição
14b_RM_Florianopolis_municipios.shp 15b_RM_Aracaju_municipios.shp 16b_RM_Londrina_municipios.shp 17b_Aglomeracao_Urbana_do_Nordeste_do_RS_municipios.shp 18b_RM_Maringa_municipios.shp 19b_RM_Vale_do_Itajai_municipios.shp 20b_RM_Vale_do_Aco_municipios.shp	Limites dos Municípios componentes de cada uma das 20 Regiões Metropolitanas
21a_RM_todas.shp	Limites de todas as 20 Regiões Metropolitanas
21b_RM_todas_municipios.shp	Limites dos Municípios de todas as 20 Regiões Metropolitanas

- **CT 02\_Mananciais:** Nesta categoria estão os arquivos (tabela 14) com o recorte territorial das microbacias e trechos de rios que compõem os mananciais superficiais das 20 RM do estudo. A tabela de atributos das microbacias e trechos de rios contém o dado de Balanço Quantitativo (campo “BDDREDELMA”), conforme

fornecido pela ANA. As microbacias inseridas no Bioma Mata Atlântica contém também o campo “P\_CONSER” na tabela de atributos, correspondente ao percentual da área da microbacia ocupada por ecossistemas conservados, dado que será usado na modelagem para definição de áreas prioritárias.

Tabela 14. **Arquivos da CT 02\_Mananciais**

Arquivo	Descrição
Microbacias_ANA_RM_GIZ.shp	Microbacias componentes dos mananciais superficiais das 20 RMs deste estudo
Microbacias_ANA_RM_mata_atlantica_GIZ.shp	Microbacias componentes dos mananciais superficiais das 20 RMs deste estudo que estão inseridas dentro do Bioma Mata Atlântica.
Mananciais_nivel_1_ANA_RM_mata_atlantica_GIZ.shp	Mananciais superficiais de Nível 1
Mananciais_nivel_2_ANA_RM_mata_atlantica_GIZ.shp	Mananciais superficiais de Nível 2
Mananciais_nivel_3_ANA_RM_mata_atlantica_GIZ.shp	Mananciais superficiais de Nível 3
Mananciais_nivel_4_ANA_RM_mata_atlantica_GIZ.shp	Mananciais superficiais de Nível 4
municipios_com_mananciais_clip_mananciais_GIZ.shp	Municípios que possuem áreas em Mananciais, recortados para as áreas dos mananciais
municipios_com_mananciais_GIZ.shp	Municípios que possuem áreas em Mananciais
municipios_fora_RM_com_mananciais_GIZ.shp	Municípios fora de RMs que possuem áreas em Mananciais
municipios_RM_com_mananciais_GIZ.shp	Municípios em RMs que possuem áreas em Mananciais

Tabela 14. **Arquivos da CT 02\_Mananciais (continuação)**

Arquivo	Descrição
municipios_mananciais_Nivel_1_GIZ.shp	Municípios dos Mananciais nível 1
municipios_mananciais_Nivel_2_GIZ.shp	Municípios dos Mananciais nível 2
municipios_mananciais_Nivel_3_GIZ.shp	Municípios dos Mananciais nível 3
municipios_mananciais_Nivel_4_GIZ.shp	Municípios dos Mananciais nível 4

- **CT 03\_Cobertura\_vegetal\_uso\_da\_terra:** presentes nas microbacias (mananciais),  
Nesta pasta estão os arquivos referen- conforme o mapeamento da SOS Mata  
tes aos ecossistemas remanescentes Atlântica de 2011/2012.

Tabela 15. **Arquivos da CT 03\_Cobertura\_vegetal\_uso\_da\_terra**

Arquivo	Descrição
Microbacias_ANA_RM_vegetacao_GIZ.shp	Mapeamento dos ecossistemas conservados da SOS Mata Atlântica das Microbacias componentes dos mananciais superficiais que estão inseridas dentro do Bioma Mata Atlântica. As áreas não mapeadas pela SOS foram classificadas como “outros usos”
Bioma_Mata_Atlantica_5M_IBGE.shp	Limite do Bioma Mata Atlântica do MMA e do IBGE em escala 1:5.000.000
rem_2011_2012_site_SOS_MA.shp	Mapeamento de remanescentes da SOS Mata Atlântica para o período 2011/2012

- **CT 04\_Susceptibilidade\_erosao:** Nesta CT modelagem de susceptibilidade à erosão  
estão os arquivos fontes e o resultado da hídrica por microbacias e mananciais.

Tabela 16. **Arquivos da CT 04\_Susceptibilidade\_erosao**

Arquivo	Descrição
Declividades_SRTM.shp	Declividades das encostas derivadas do MDE SRTM da NASA
Remanescentes_SOS_MA.shp	Mapeamento de remanescentes da SOS Mata Atlântica para o período 2011/2012, recortados para a área de interesse do mapeamento de susceptibilidade
Solos_EMBRAPA.shp	Mapa de solos Embrapa 1:5.000.000, classificados conforme a erodibilidade
Susceptibilidade_erosao_GIZ.shp	Mapa final de susceptibilidade à erosão hídrica
Susceptibilidade_mananciais_nivel_1_GIZ.shp	Mapa final ponderado por área de susceptibilidade à erosão hídrica para os mananciais nível 1
Susceptibilidade_mananciais_nivel_2_GIZ.shp	Mapa final ponderado por área de susceptibilidade à erosão hídrica para os mananciais nível 1



Tabela 16. **Arquivos da CT 04\_Susceptibilidade\_erosao (continuação)**

Arquivo	Descrição
Susceptibilidade_mananciais_nivel_3_GIZ.shp	Mapa final ponderado por área de susceptibilidade à erosão hídrica para os mananciais nível 1
Susceptibilidade_mananciais_nivel_4_GIZ.shp	Mapa final ponderado por área de susceptibilidade à erosão hídrica para os mananciais nível 1
Susceptibilidade_microbacias_GIZ.shp	Mapa final ponderado por área de susceptibilidade à erosão hídrica para as microbacias

**CT 05\_Mapas:** Esta armazena os arquivos dos mapas que ilustram o relatório, tanto no formato de ESRI (.mxd) como em formato matricial (.jpeg). Estes arquivos não foram listados pois estes mapas foram apresentados e descritos no corpo do relatório.

**CT 06\_IPRH:** Nesta categoria temática encontram-se os arquivos referentes aos resultados finais do estudo, com os valores dos índices calculados para as microbacias e para os diferentes níveis de mananciais.

Tabela 17. **Arquivos da CT 06\_IPRH**

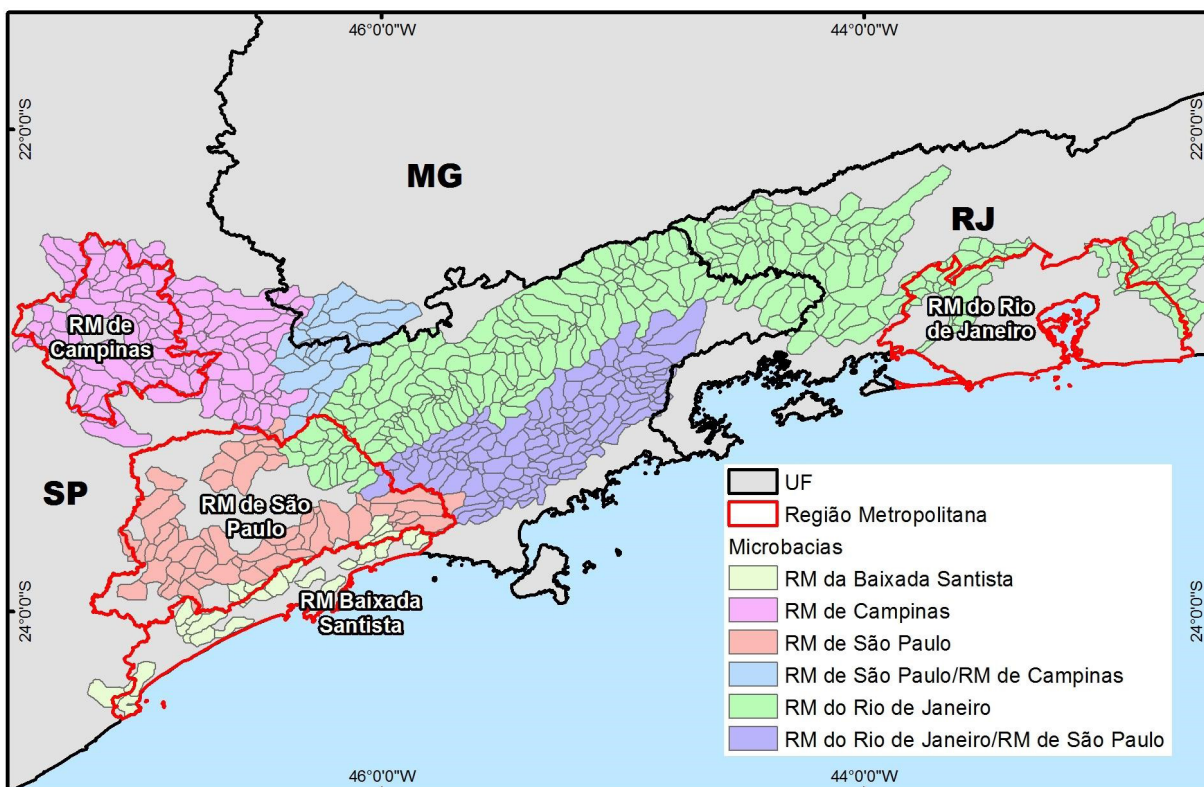
Arquivo	Descrição
IPRH_mananciais_nivel_1_GIZ.shp	IPRH dos mananciais nível 1
IPRH_mananciais_nivel_2_GIZ.shp	IPRH dos mananciais nível 2
IPRH_mananciais_nivel_3_GIZ.shp	IPRH dos mananciais nível 3
IPRH_mananciais_nivel_4_GIZ.shp	IPRH dos mananciais nível 4
IPRH_microbacias_GIZ.shp	IPRH das microbacias componentes dos mananciais
IPRH_mananciais_nivel_1_municipios_GIZ.shp	IPRH de mananciais nível 1 por municípios
IPRH_mananciais_nivel_2_municipios_GIZ.shp	IPRH de mananciais nível 2 por municípios
IPRH_mananciais_nivel_3_municipios_GIZ.shp	IPRH de mananciais nível 3 por municípios
IPRH_mananciais_nivel_4_municipios_GIZ.shp	IPRH de mananciais nível 4 por municípios
IPRH_microbacias_municipios_GIZ.shp	IPRH de microbacias por municípios
Ranking_IPRH_mananciais_GIZ.shp	Ranking de mananciais por Regiões Metropolitanas
Ranking_IPRH_municipios_mananciais_GIZ.shp	Ranking de mananciais por municípios por Regiões Metropolitanas

#### 5.4. Definição das microbacias que compõem os mananciais superficiais das 20 RMs

A extensa pesquisa bibliográfica realizada possibilitou identificar as microbacias componentes de cada um dos mananciais superficiais. Em muitos casos, uma única microbacia representa a área de contribuição de um manancial, mas é comum que o manancial seja composto pela drenagem de

mais de uma microbacia, podendo chegar a centenas delas nos casos de bacias hidrográficas de grande extensão (Lagoa Guaíba, Rio São Francisco, como exemplos). Os mananciais das regiões metropolitanas foram obtidos das tabelas do Atlas Brasil da ANA, onde não há referência espacial para sua localização, apenas o município que estes abastecem, o sistema de abastecimento do qual faz parte e se este é isolado ou integrado. A Figura 12 apresenta um exemplo do recorte espacial por microbacias.

Figura 12. Microbacias dos mananciais superficiais das RMs de São Paulo e Rio de Janeiro.



## 6. INSTRUÇÕES DE USO E POTENCIALIDADES

Os itens descritos abaixo devem ser considerados por todos que desejam utilizar os mapeamentos elaborados para este estudo.

- i. Os dados dos mananciais espacializados permitem interoperabilidade com outras bases de geoespaciais temáticas de governos, empresas, universidades e organizações da sociedade civil organizada, no sentido de detalhar e enriquecer a análise, permitindo uma maior confiabilidade dos dados. Recomenda-se checar a disponibilidade de informações em melhor escala para a área do projeto em questão e assim refazer a análise utilizando os critérios recomendados nesse estudo.
- ii. As áreas prioritárias têm por base os limites das microbacias da ANA e indicam que essas áreas de drenagem são prioritárias para projetos de restauração florestal. No entanto, ao se implementar um projeto de restauração florestal é recomendável indicar as áreas mais importantes dentro desses recortes para melhor viabilizar os projetos, especialmente as Áreas de Preservação Permanente nas matas ciliares e em topos de morro com déficit de cobertura vegetal e nas áreas consideradas de baixa aptidão agrícola. É importante buscar bases mais detalhadas para a área do projeto, permitindo uma localização e quantificação mais exata dessas áreas disponíveis.
- iii. Não é recomendado sobrepor os mapeamentos deste estudo aos limites do projeto que se pretende implementar. Primeiramente, deve ser avaliado o posicionamento das bases, pois pode haver deslocamento entre as informações mapeadas e a base utilizada no projeto que a instituição pretende implementar.
- iv. É recomendado o refinamento da análise com a inclusão de dados, quando existentes, sobre arranjos institucionais favoráveis à implantação de projetos de restauração. Estes podem ser informações sobre atividades ou empresas que utilizam o recurso hídrico, existência de iniciativas já em andamento ou planejadas, metas de programas governamentais para conservação ou restauração florestal em regiões específicas, entre outros.
- v. A simplicidade do modelo para identificação das áreas prioritárias com critérios básicos facilita as atualizações dos mapas com novos dados disponíveis, além da replicação da análise para outros biomas.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agência Nacional de Águas (2010). Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil. Disponível em: <http://atlas.ana.gov.br>

Agência Nacional de Águas (2011). Atlas de Abastecimento Urbano de Água. Disponível em: <http://atlas.ana.gov.br>

Agência Reguladora dos Serviços de Saneamento das Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí (2013). Relatório de fiscalização técnica dos sistemas de água e esgoto do município de Cosmópolis - prestador: DAE – Departamento de Água e Esgoto de Cosmópolis - Relatório R1 – Diagnóstico. Americana, 22p.

Alvorada, Prefeitura Municipal (2013). Plano de Saneamento, Relatório 4: Relatório Final. Alvorada, Outubro/2013 108p.

Alvorada, Prefeitura Municipal (2013). Plano de Saneamento, Relatório 2: Diagnóstico do Sistema de Abastecimento de Água e Sistema de Esgoto Sanitário. Alvorada, 144p.

Alvorada, Prefeitura Municipal (2014). Plano Municipal de Saneamento Básico de Glorinha: Relatório do Diagnóstico Revisão 0. Alvorada, Setembro/2014 314 p.

Americana, Prefeitura Municipal (2010). Relatório de fiscalização técnica dos sistemas de água e esgoto do município de americana. Americana.

B&B Engenharia (2013). Revisão do Plano Municipal de Água e Esgoto – Documentos Anexos - Versão Preliminar – Volume II. 158p.

Bertioga, Prefeitura Municipal & Secretaria Estadual de Saneamento e Energia (2010) Plano Municipal de Saneamento Básico: Relatório 4 - Proposta do Plano Municipal Integrado de Saneamento Básico. “Versão Revisada com a Incorporação dos Comentários do Gel e da SSE” 226p.

Câmara Legislativa de Capiberibe (1997). Lei 032/97 - Lei Municipal que define a organização do espaço territorial do Município de Camaragibe

Campinas, Prefeitura Municipal (2013) Plano Municipal de Saneamento Básico: Diagnóstico, Caracterização e Análise Crítica 269p.

Carvalho, F.S.; Peplau, G.R.; Carvalho, G.S; Pedrosa, V.A. (2003). Considerações acerca da situação do sistema de abastecimento de água em Maceió. Anais do XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Curitiba.

Carvalho, E.S (2012). Vulnerabilidade hídrica na bacia sergipana do rio Vaza Barris RA'E GA 25 (2012), Curitiba, p. 186-217 [www.geografia.ufpr.br/raega/](http://www.geografia.ufpr.br/raega/) Curitiba, Departamento de Geografia – UFPR ISSN: 2177-2738 186

Cassaro, L.; Soares, F. (2003). Plano de Gestão e Manejo de Bacias Hidrográficas – Manancial Pirapó. Anais do IV Encontro Tecnológico da Engenharia Civil e Arquitetura. Maringá, PP. 686 a 697

Cicco, V.; Arcova, F.C.S. Qualidade da água de microbacias com diferentes usos do solo na região de Cunha, Estado de São Paulo. Scientia Forestalis, n. 56, p. 125-134, 1999

Clube paranaense de montanhismo – CPM (2015). Clube paranaense de montanhismo News. Curitiba, 3p.

Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (2013). Relatório Anual de Qualidade da Água – Município de Bertioga. São Paulo.

Concremat Engenharia (2010). Município de Itanhaém – Mapa do Sistema de Abastecimento de Água.

Contatto Enviromental (2013). Plano municipal de saneamento básico contendo determinações sobre o sistema de abastecimento de água potável e esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos e drenagem e manejo das águas pluviais do município Holambra – SP. Campinas 145p.

Costa, Helder Gomes (2002). Introdução ao método de análise hierárquica: análise multicritério no auxílio à decisão. Niterói: H.G.C..

Costa, M.R.; Cirilo J.A. (2010). Análise do potencial de uso das águas subterrâneas nas bacias da região semi-árida do estado de Pernambuco. XVI Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas e XVII Encontro Nacional de Perfuradores de Poços. São Luís 13p.

Costa, V.C.; Callado, N.H.; Silva, A.D.R.; Melo, M.B.; Arêdes, N.M.R. (2011) Outorgas dos Mananciais de Maceió como Forma de Adequação a Legislação Ambiental. Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Maceió.

Cubatão, Prefeitura Municipal & Secretaria Estadual de Saneamento e Energia (2010). Plano Municipal de Saneamento Básico: Relatório 4 - Proposta do Plano Municipal Integrado de Saneamento Básico. “Versão Revisada com a Incorporação dos Comentários do Gel e da SSE” 240p.

Curitiba, Prefeitura Municipal (2013) Plano Municipal de Saneamento – Volume 2 – Infraestrutura de Abastecimento de Água. Curitiba, 102 p.

Davide, A. C. *et al.* Restauração de matas ciliares. Informe agropecuário, v. 21, n. 207, p. 65-74, nov./dez, 2000

Departamento de Água e Esgoto de Santa Bárbara d'Oeste - DAE (2007). Plano Municipal de Saneamento Básico – Documentos Anexos – Volume II. Santa Bárbara d'Oeste, 79p.

Santos, H. G.; Carvalho Junior, W. Dart, R. O.; Ágllo, M. L. D.; Sousa, J. .; Pares, J. G.; Fontana, A.; Martins, A. L. DA S; Oliveira, A. P. (2011). Mapa de Solos do Brasil, Embrapa Solos.

Engecorps Engenharia S.A (2013). Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) do Município de Indaiatuba, Produto 2 – Diagnóstico da Situação da Prestação dos Serviços de Saneamento Básico. Barueri-SP, 278p.

Fundação SOS Mata Atlântica e Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (2015). Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica – ano base 2013/2014, São Paulo. Disponível em: <http://mapas.sosma.org.br/>

Geo Consultoria e Serviços (2004). Estudo de Impacto Ambiental – Carcinicultura Fazenda Cachoeirinha. Aracaju, 197p.

Girardi, E. P. (2008). Proposição de uma cartografia geográfica crítica e sua aplicação no desenvolvimento do atlas da questão agrária brasileira. Presidente Prudente – FCT, tese apresentada ao Departamento de Geografia da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Unesp – Campus de Presidente Prudente.



Gomes, L. F. A. M., Araya, M. C. G., & Carignano, C. (2004). *Tomada de decisões em cenários complexos*. São Paulo: Pioneira Thomson Learning.

Gonçalves, L.; Goncales, C.; Mizuguchi, N. G. R.. A educação ambiental como forma de desenvolver a cidadania: investigação sobre a percepção ambiental dos estudantes do curso técnico em enologia do IFRS - Bento Gonçalves (RS). 2010. Dissertação (Mestrado em Educação Agrícola) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 108p.

Guarujá, Prefeitura Municipal & Secretaria Estadual de Saneamento e Energia (2010) Plano Municipal de Saneamento Básico: Relatório 4 - Proposta do Plano Municipal Integrado de Saneamento Básico. "Versão Revisada com a Incorporação dos Comentários do Gel e da SSE" 226p.

Guedes, F.B. e Seehusen, S.E (Organizadoras) (2011). Pagamentos por Serviços Ambientais na Mata Atlântica: lições aprendidas e desafios. – Brasília: MMA.

Indaiatuba, Prefeitura Municipal (2014). Mapa do Sistema de Abastecimento de Água Existente do Plano Municipal de Saneamento Básico do Município de Indaiatuba

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2009). Mapa da Área de Aplicação da Lei da Mata Atlântica nº 11.428/2006. Disponível em [WWW.ibge.gov.br](http://WWW.ibge.gov.br).

Lima, J.A. (2008) Geografia do município de Astorga. Maringá. 106p. Disponível em [http://www.gestaoescolar.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/producoes\\_pde/md\\_janete\\_aparecida\\_lima.pdf](http://www.gestaoescolar.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/producoes_pde/md_janete_aparecida_lima.pdf)

Maximus Enviromental (2014). Plano municipal de saneamento básico contendo determinações sobre o sistema de abastecimento de água potável e esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos e drenagem e manejo das águas pluviais do município Artur Nogueira – SP. Campinas, 255p.

Mongaguá, Prefeitura Municipal & Secretaria Estadual de Saneamento e Energia (2010) Plano Municipal de Saneamento: Relatório 4 - Proposta do Plano Municipal Integrado de Saneamento Básico. "Versão Revisada com a Incorporação dos Comentários do Gel e da SSE" 224p.

Oliveira, E.D.; Borsato, V.A. (2011). Propriedades morfométricas da bacia hidrográfica do córrego Marumbizinho, Jandaia do Sul/PR, Revista Geografar, ano 6, n. 1. ISBN: 1981-089X

Pacto pela Restauração da Mata Atlântica (2010). Mapa de Áreas Prioritárias para Restauração Florestal.

Prefeitura Municipal de Vinhedo & Sanebasi (2012). Plano Municipal de Saneamento Básico do Município de Vinhedo - Capítulo 02: Água de Abastecimento, Vinhedo, 95p. Disponível em [http://www.sanebavi.com.br/templates/PMSB/Capitulo\\_02\\_\\_gua\\_Abastecimento.pdf](http://www.sanebavi.com.br/templates/PMSB/Capitulo_02__gua_Abastecimento.pdf)

Projetec – BRLi (2010). Plano hidroambiental da bacia hidrográfica do rio Ipojuca: Tomo I -Diagnóstico Hidroambiental – Volume 03/03 / Projetos Técnicos. Recife, 185p. : il.

Projetec – BRLi (2010). Plano hidroambiental da bacia hidrográfica do rio Ipojuca: Tomo III -Planos de Investimentos / Projetos Técnicos. Recife, 227p. : il.

Ramalho Filho, A. e Beek, K. J. (1995). Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras. EMBRAPA, Rio de Janeiro. 65p.

Saaty, T.L. and Vargas, L.G. (1991) Prediction, Projection and Forecasting, Boston: Kluwer Academic.

Saaty, T. L. (1980). *The analytic hierarchy process*. New York: McGraw-Hill.

Sanasa Campinas (sem data). Mapa de Planejamento dos Sistemas de Abastecimento de Campinas. Campinas.

Sartori; Lombardi Neto; Genovez (2005). Classificação Hidrológica de Solos Brasileiros para a Estimativa da Chuva Excedente com o Método do Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos Parte 1: Classificação in Revista Brasileira de Recursos Hídricos, vol.10, n. 4.

SEMARH. Secretaria Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (2010). Gestão Integrada das Águas Urbanas em Aracaju-SE/Brasil. Relatório do Diagnóstico Qualitativo.





# Mata Atlântica

Biodiversidade e Mudanças Climáticas

