



WRI BRASIL

RELATÓRIO

# Infraestrutura Natural para Água na Região Metropolitana de Belo Horizonte, Minas Gerais

Soluções integrando campo e cidade e  
gerando benefícios para toda a sociedade

Luciana Medeiros Alves, Rafael Feltran-Barbieri, Leonardo Barbosa, Lara Schmitt Caccia,  
Maíra Fares Leite e Clara Strack

Cities4Forests

Pro  
manan  
ciais

COPASA





## AUTORES

### LUCIANA MEDEIROS ALVES

Coordenadora de Projetos e Pesquisa no Programa de Florestas, Uso da Terra e Agricultura do WRI Brasil.  
Contato: luciana.alves@wri.org

### RAFAEL FELTRAN-BARBIERI

Economista Sênior no Programa de Florestas, Uso da Terra e Agricultura do WRI Brasil.  
Contato: rafael.barbieri@wri.org

### LEONARDO BARBOSA

Analista de Ciência de Dados no Programa de Florestas, Uso da Terra e Agricultura do WRI Brasil.  
Contato: leonardo.barbosa@wri.org

### LARA SCHMITT CACCIA

Especialista em Desenvolvimento Urbano no Programa de Cidades do WRI Brasil.  
Contato: lara.caccia@wri.org

### MAÍRA FARES LEITE

Geógrafa na Unidade de Serviço de Controle Ambiental - Usca da Copasa MG.  
Contato: maira.fares@copasa.com.br

### CLARA STRACK

Estagiária de Desenvolvimento Urbano no Programa de Cidades do WRI Brasil.  
Contato: clara.strack@wri.org

---

## SUPERVISÃO DE PESQUISA

### THIAGO GUIMARÃES

---

## COORDENAÇÃO EDITORIAL

### JOANA OLIVEIRA DE OLIVEIRA

### BRUNO DIAS CALIXTO

---

## DESIGN E LAYOUT

### COLETIVO ATUCANA - ANA PORAZZI E

### ANTONIO SILVEIRA

contato@atucana.com

## AGRADECIMENTOS

Esta publicação é resultado da parceria entre WRI Brasil e Copasa MG no âmbito do programa Pró-Mananciais. Todo o trabalho envolvido com os resultados apresentados teve o apoio financeiro do Departamento de Meio Ambiente, Alimentação e Assuntos Rurais do Reino Unido (Department for Environment, Food & Rural Affairs - DEFRA), através da iniciativa Cities4Forests.

Os resultados alcançados só foram possíveis graças ao compartilhamento de dados e conhecimentos das equipes da Copasa MG que participaram ativamente de todas as etapas do estudo, organizando oficinas, mobilizando parceiros e, gentilmente, cedendo dados primários relativos à turbidez dos pontos de captação das duas bacias de estudo, bem como dados quantitativos associados ao tratamento de água e dados sobre as ações de restauração florestal desenvolvidas nas áreas deste estudo. Agradecemos especial aos funcionários da Unidade de Serviço de Produção de Água da Metropolitana (Uspa), às equipes socioambientais das Unidades de Serviço de Apoio Administrativo Centro e Metropolitana (Usac e Usam) e da Unidade de Serviço de Controle Ambiental (Usca). Agradecemos ainda à equipe do programa Pró-Mananciais pela parceria no planejamento e desenvolvimento do estudo, em especial a Maíra Fares Leite, Jaqueline Fidelis, Alessandro Palhares, Juliane Wanderley Ruas e Nelson Cunha. Agradecemos também a Marina Franco e Denise Lima pela facilitação das oficinas.

O estudo teve contribuições substanciais dos revisores que apresentaram dados complementares e sugestões de aprimoramento, o que proporcionou uma análise mais profunda dos dados. Nossos sinceros agradecimentos a Clara Moreira (Igam), Jaqueline Fidelis (Copasa MG), Julio Alves (WRI Brasil), Maggie Gonzales (WRI), Mariana Oliveira (WRI Brasil), Max Dematos (Copasa MG), Nelson Cunha (Copasa MG), Nilo de Oliveira (UFMG), Rosana da Silva (WRI Brasil) e Vitor Tornello (WRI Brasil) pela valiosa contribuição para a melhoria da qualidade da publicação.

A participação da sociedade civil organizada e de atores diversos presentes no território de estudo foi fundamental para melhor compreensão dos desafios relacionados às questões hídricas, bem como para melhor entendimento da governança local. Agradecemos a todos que se dispuseram a participar das oficinas realizadas em Brumadinho, Nova Lima e Ouro Preto e das reuniões virtuais que subsidiaram boa parte desta publicação. Agradecemos especial aos subcomitês Nascentes, Gandarela, Águas da Moeda e Itabirito e aos Colmeia, que apoiaram a mobilização de atores locais para as oficinas. Agradecemos também a todas as organizações, coletivos, CBHs, empresas e governos locais que cederam informações sobre iniciativas de restauração desenvolvidas no território.

Agradecemos a Agência de Desenvolvimento da Região Metropolitana de Belo Horizonte pelas trocas sobre os planos de gestão hídrica para a região e pela cessão de dados e informações. O compartilhamento de informações sobre o planejamento territorial foi fundamental para melhor direcionamento dos estudos e das recomendações que possam efetivamente contribuir com o desenvolvimento da região. Ainda, aos colegas do WRI Brasil: Jefferson Ferreira-Ferreira, Henrique Evers, Marcela Amorim e Fernando Côrrea pelo apoio em diferentes fases do estudo.

---

## CITAÇÃO SUGERIDA

ALVES, L. M., FELTRAN-BARBIERI, R., BARBOSA, L. et al. *Infraestrutura Natural para Água na região metropolitana de Belo Horizonte, Minas Gerais: Soluções integrando campo e cidade e gerando benefícios para toda a sociedade*. São Paulo, Brasil: WRI Brasil e Copasa MG. 2023. <https://doi.org/10.46830/wriipt.22.00069>

## VERSÃO 1

Agosto, 2023



## ÍNDICE

<b>3</b>	<b>Prefácio</b>	<b>55</b>	<b>CAPÍTULO 4</b>
<b>5</b>	<b>Sumário Executivo</b>		<b>A governança na implementação da infraestrutura natural para água</b>
<b>13</b>	<b>CAPÍTULO 1</b>	56	Fatores-chave de sucesso para implementação de infraestrutura natural
	<b>Contextualização</b>	60	A paisagem social das bacias do Rio Manso e do Alto Rio das Velhas
16	Desafios do abastecimento de água na Região Metropolitana de Belo Horizonte	<b>69</b>	<b>CAPÍTULO 5</b>
17	Demanda por infraestrutura natural na RMBH		<b>Conclusões e recomendações</b>
21	Roteiro metodológico do estudo	<b>72</b>	<b>APÊNDICES</b>
<b>31</b>	<b>CAPÍTULO 2</b>	72	APÊNDICE A. Métodos e premissas para modelos biofísicos e componentes do mapeamento
	<b>Avaliação da infraestrutura natural para controle de sedimentos nas bacias hidrográficas do Alto Rio das Velhas e do Rio Manso</b>	76	APÊNDICE B. Métodos e premissas da análise financeira
32	Cenários e aspectos considerados na avaliação	78	APÊNDICE C. Lista de marcos regulatórios, programas e projetos
35	Benefícios biofísicos das intervenções: resultados dos cenários avaliados	81	APÊNDICE D. Atores sociais que compõem a paisagem social nas bacias de captação do Rio Manso e do Alto Rio das Velhas e redes sociais estabelecidas
37	Benefícios econômicos da infraestrutura natural para a qualidade da água	<b>84</b>	<b>Notas</b>
<b>45</b>	<b>CAPÍTULO 3</b>	<b>85</b>	<b>Referências</b>
	<b>A implementação da infraestrutura natural para água</b>		
48	Sistemas agroflorestais como infraestrutura natural		
50	Projetos e iniciativas de infraestrutura natural nas bacias do Alto Rio das Velhas e do Rio Manso		







# Prefácio

O Brasil é um país rico em florestas e em água doce. Água e florestas são ativos que se complementam e garantem a manutenção da biodiversidade e do clima, fatores responsáveis pela vida no planeta. As crises hídricas que anualmente se acentuam em diversas regiões do país são respostas ao desequilíbrio ambiental causado pelo desmatamento, ocupação irregular do solo e outras atividades humanas.

Estudos como o *Aqueduct Water Risk Atlas* (Atlas do risco de estresse hídrico), do WRI, colocam as grandes regiões metropolitanas do país entre as mais vulneráveis do mundo, devido a dificuldades na infraestrutura de abastecimento e alta demanda. A Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH) não escapa desse cenário. Seus mais de 6 milhões de habitantes já enfrentaram severas crises hídricas, a mais recente em 2015, quando foi registrada uma seca histórica que afetou diretamente o abastecimento de água em diversas cidades.

A resposta mais comum dos gestores públicos às crises hídricas tem sido a realização de obras e investimentos em infraestruturas convencionais, como perfuração de poços e construção de novas estações de tratamento. Essas medidas podem trazer solução no curto prazo, mas não são capazes de garantir abastecimento hídrico duradouro para a população. Aumentar a resiliência dos ecossistemas é fundamental para garantir a oferta de água de forma sustentável, reduzindo a dependência de infraestruturas cinzas que podem ser afetadas por eventos climáticos extremos.

Desde 2018, o WRI Brasil pesquisa o impacto da infraestrutura natural em regiões metropolitanas, gerando dados e recomendações sobre como soluções baseadas na natureza podem mitigar crises hídricas e diminuir os custos com tratamento da água.

Realizado junto com a Companhia de Saneamento de Minas Gerais (Copasa MG), responsável pelo abastecimento hídrico de grande parte da RMBH,

este estudo focou nas duas principais bacias que abastecem a região, a do Alto Rio das Velhas e a do Rio Manso, a fim de identificar as áreas prioritárias para infraestrutura natural, que, uma vez implantadas, podem melhorar as condições hídricas de toda a população. Este trabalho é resultado de uma parceria que surge para apoiar o planejamento de ações e o direcionamento de recursos para que as soluções à crise hídrica sejam efetivas e permanentes no longo prazo.

A segurança hídrica é resultado de um conjunto de fatores e ações apresentados neste estudo, mas que só será garantida caso haja uma governança fortalecida e inclusiva, em que poder público, setor privado e produtores rurais dialoguem e cheguem a acordos comuns. Ainda é necessário ampliar o olhar sobre a crise hídrica, identificando quais são as populações mais afetadas. E ao se pensar em políticas que apoiem a implementação de infraestrutura natural e outras soluções baseadas na natureza, é fundamental que tais ações sejam direcionadas prioritariamente a essas populações.

Importante ressaltar que os resultados para a RMBH não são isolados. Este estudo é parte de uma sequência de pesquisas e avaliações nas bacias que atendem as maiores regiões metropolitanas da região Sudeste do Brasil, incluindo São Paulo, Rio de Janeiro, Vitória e Campinas. E todas essas pesquisas apontam uma mesma direção: restaurar áreas degradadas no entorno de rios e reservatórios é um bom investimento, que traz retornos financeiros e ambientais para toda a sociedade. Essa parceria entre o tradicional e o natural, entre as infraestruturas cinza e verde, pode ser a combinação que falta para garantir segurança hídrica nas grandes cidades, renda e emprego para pequenos produtores no campo e um meio ambiente saudável para toda a população.

**FERNANDA BOSCAINI**

Diretora Executiva Interina do WRI Brasil









# Sumário Executivo

Este relatório é parte de uma extensa pesquisa e da aplicação de metodologias específicas desenvolvidas pelo WRI. Seu objetivo é apoiar tomadas de decisão a partir da identificação de oportunidades de investimento em infraestrutura natural para melhoria da qualidade da água em regiões metropolitanas.



## DESTAQUES

- Investimentos em infraestrutura natural nas duas principais bacias que abastecem a RMBH podem prevenir uma descarga de sedimentos de até 200 toneladas ao dia, beneficiando 6 milhões de pessoas.
- A restauração florestal de 900 hectares de pastagens altamente degradadas tem o potencial de gerar uma economia de R\$ 2 milhões por ano em custos evitados no tratamento da água.
- A restauração direcionada a minifúndios de baixa renda pode promover uma economia no tratamento de água de até R\$ 53 mil por mês, o que equivale a uma redução de 26,5% dos custos atuais com produtos químicos, além de um incremento médio inicial de R\$ 169 ao mês na renda das famílias – o que representa 28% de aumento na renda atual.
- É fundamental fortalecer a coordenação entre governos locais, agências de desenvolvimento, organizações da sociedade civil e demais atores envolvidos com o tema hídrico. Essa governança participativa e multissetorial é essencial para garantir a efetividade das ações e a integração de políticas no território, com base em leis, planos e programas locais.

O estudo tem foco em identificar as melhores formas de prover serviços ecossistêmicos relacionados à sedimentação evitada e seus impactos no abastecimento hídrico da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH). De forma adicional, traz proposições de como e onde a infraestrutura natural pode promover também benefícios a populações de baixa renda no território.

**A infraestrutura natural aqui considerada é a restauração florestal**, que tem a recomposição da vegetação nativa como uma das estratégias-chave para os problemas associados à gestão hídrica em diferentes cenários de uso da terra.

## INTRODUÇÃO

**A disponibilidade de água está diretamente ligada à vazão hídrica em mananciais de captação e abastecimento.** Observa-se a diminuição da qualidade da água captada como consequência da alteração do regime de chuvas provocada pelas mudanças climáticas, as quais se acentuam a cada ano, e associada a degradação ambiental e processos erosivos que aumentam a geração de sedimentos.

**Esses impactos negativos geram diversos danos na economia, embora os efeitos mais devastadores muitas vezes não sejam de ordem global, atingindo de forma mais proeminente populações em situação de vulnerabilidade ambiental, social ou econômica (IPCC, 2022).** Nesse cenário, a infraestrutura natural tem um papel importante, promovendo diversos serviços ecossistêmicos, entre eles a qualidade hídrica.

**O estado de Minas Gerais vem sofrendo com questões hídricas associadas às mudanças climáticas há muitos anos.** Em 2015, o estado, através do Instituto Mineiro de Gestão das Águas (Igam), declarou situação crítica de escassez hídrica em diversas regiões (Minas Gerais, 2015), entre elas a RMBH. Desde então, diversas iniciativas têm sido implementadas, dentre políticas públicas, programas de governo e iniciativas locais. Destaca-se a Companhia de Saneamento de Minas Gerais (Copasa MG), que atua em 640 municípios do estado, que em 2017 iniciou o Programa Socioambiental de Proteção e Recuperação de Mananciais (Pró-Mananciais) com o objetivo de proteger e recuperar as microbacias hidrográficas e as áreas de recarga dos aquíferos dos mananciais utilizados para captação de água nas cidades operadas pela empresa.



## SOBRE ESSE RELATÓRIO

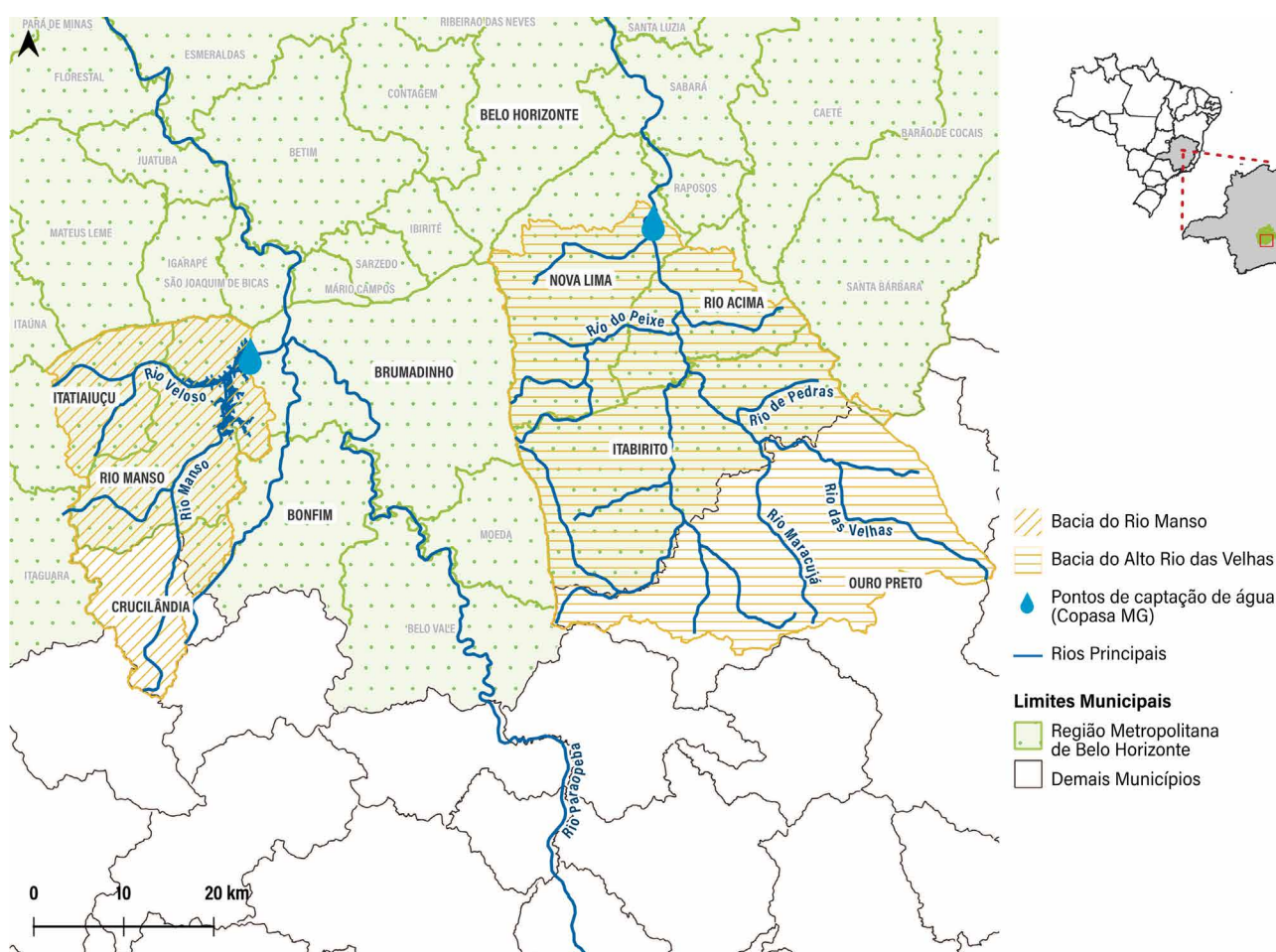
**Este estudo é uma contribuição para a composição da gestão hídrica da RMBH e se limita às questões relativas à qualidade da água, sem abordar questões como os aspectos quantitativos da vazão dos mananciais.** Mas como e onde implementar infraestrutura natural? Como mensurar e avaliar quanto o investimento nas ações de infraestrutura natural pode gerar de economia no tratamento de água potável? Como comunidades locais podem se beneficiar das ações de restauração?

**O trabalho põe foco em duas áreas que juntas são responsáveis por 80% do abastecimento hídrico da RMBH: a Bacia do Alto Rio das Velhas e a Bacia do Rio Manso.** O recorte da área de estudo considerou a bacia de contribuição a partir do ponto de captação de água da Copasa MG, sendo este a estação Bela Fama na Bacia do Alto Rio das Velhas e o reservatório Rio Manso na Bacia do Rio Manso<sup>1</sup>.

Para a realização deste estudo, foi adotado o método de Avaliação de Investimento em Infraestrutura Natural (Green-Gray Assessment – GGA/WRI), apoiado por um conjunto de modelos da ferramenta InVEST (Avaliação Integrada de Serviços Ecológicos e Trade-offs), a fim de analisar os serviços ambientais gerados a partir da infraestrutura natural. A esse método foi agregada a Metodologia de Avaliação de Oportunidades de Restauração (ROAM, sigla em inglês).

**As análises financeiras, econômicas e biofísicas fornecem um panorama sobre quais ações devem ser empregadas para melhorar as condições hídricas nas bacias e onde elas devem ser aplicadas.** Porém, é fundamental compreender também como se estabelece a paisagem social no território, quais são os fatores-chave de sucesso para implementação de infraestruturas naturais já presentes e como fortalecê-las.

**FIGURA SEI |** Delimitação da área de estudo



Fonte: Elaborado pelos autores, baseado em IBGE (2020) e dados fornecidos pela Copasa MG.



**Nesse contexto, a ROAM tem o objetivo de qualificar a análise, fornecendo uma visão abrangente dos atores que compõem a paisagem social dos territórios estudados.**

De forma complementar, traz dados sobre como se estabelecem as dinâmicas de fluxos de informações, recursos financeiros, insumos e materiais. Permite ainda compreender como o marco regulatório e os programas estão estruturados e apoiam ou não ações de restauração ou outras abordagens de infraestrutura natural.

**As informações geradas contribuem diretamente para subsidiar a priorização e a melhor aplicação dos recursos financeiros a partir da definição de diferentes cenários para a restauração de paisagens e florestas.** Também aponta caminhos para que a restauração e outras soluções baseadas na natureza sejam efetivamente implementadas e gerem benefícios biofísicos, sociais e econômicos.

O Capítulo 1 apresenta informações gerais sobre o território de estudo, metodologia aplicada, desafios associados à gestão hídrica e como a infraestrutura natural pode contribuir para a melhoria do cenário atual. O Capítulo 2 traz os dados sobre a sedimentação gerada pela atual forma de ocupação e uso da terra no território, bem como cenários possíveis de restauração e os benefícios associados à infraestrutura natural em termos de sedimentos evitados e em valores monetários de custo-oportunidade. O Capítulo 3 expõe estratégias de implementação da restauração florestal, considerando como base para o planejamento territorial os projetos e iniciativas em execução e o foco em áreas de minifúndios de baixa renda. O Capítulo 4 analisa a situação atual dos fatores-chave de sucesso da restauração, o arcabouço legal relacionado ao tema, a paisagem social e a governança dos territórios das bacias estudadas. Por fim, o Capítulo 5 traz recomendações de como esforços podem ser direcionados a fim de que ações de infraestrutura natural sejam consideradas em planos e estratégias locais que contribuam com a qualidade hídrica da região metropolitana.

Este estudo foi elaborado por meio de uma parceria entre WRI Brasil e Copasa MG, com apoio financeiro do Departamento de Meio Ambiente, Alimentação e Assuntos Rurais do Reino Unido (Department for Environment, Food & Rural Affairs – Defra), através da iniciativa Cities4Forests<sup>2</sup>.

## BENEFÍCIOS DA INFRAESTRUTURA NATURAL NO ABASTECIMENTO URBANO DA RMBH

**O estudo mensurou os serviços ecossistêmicos fornecidos por meio da vegetação nativa existente atualmente nas duas bacias.** Essa vegetação compreende uma área de 135 mil hectares, sendo maior na Bacia do Alto Rio das Velhas, e evita uma descarga de 21,8 mil toneladas de sedimentos ao ano. Em termos de retenção de sedimentos e impactos na qualidade da água, reduzem gastos com produtos químicos utilizados no tratamento da água da ordem de R\$ 2,5 milhões ao ano. Tais benefícios impactam a companhia responsável e também 6 milhões de pessoas que vivem na RMBH.

**Investimentos com implantação de infraestrutura natural compatíveis com os orçamentos atualmente disponíveis para a restauração poderiam trazer benefícios líquidos positivos.**

O investimento de R\$ 12 milhões em 900 hectares de pastagens altamente degradadas poderia gerar benefícios líquidos de R\$ 59 milhões e valor presente líquido (VPL) de R\$ 8 milhões a taxas de desconto de 4,5% ao ano (taxa social de desconto sugerida para o Brasil por Moore, Boardman e Vining (2020)) em um horizonte de projeto de 50 anos. Cerca de 170 mil pessoas que vivem na zona rural das duas bacias seriam diretamente beneficiadas por meio da recomposição da vegetação nativa em suas propriedades, restaurando áreas degradadas identificadas como passivos ambientais no Cadastro Ambiental Rural (CAR) ou implementando Sistemas Agroflorestais (SAF). Essas ações ajudariam a melhorar as condições de solo e água, contribuindo diretamente com a melhoria da produção agrícola.

**Os investimentos em infraestrutura natural podem ser financeiramente justificados pela economia gerada no tratamento da água.** Os benefícios econômicos dão um panorama de quanto investir em restauração pode, além de beneficiar diretamente populações urbanas e rurais, evitar despesas financeiras, reduzindo o custo de tratamento da água.



Ainda que haja investimentos em conservação e restauração de pastagens degradadas, a atividade minerária continua sendo a principal responsável pela geração de sedimentos nas duas bacias. De acordo com o estudo, estima-se que atualmente a atividade aporte cerca de 79,4 mil toneladas de sedimentos ao ano na Bacia do Alto Rio das Velhas e 9,5 mil toneladas ao ano na Bacia do Rio Manso. O custo estimado de tratamento de turbidez decorrente desses sedimentos é da ordem de R\$ 38,5 milhões ao ano.

Assim, de forma a complementar, as mineradoras devem aprimorar suas técnicas de manejo de rejeitos e de controle de sedimentos buscando reduzir o impacto gerado nas bacias. Além disso, o processo de licenciamento ambiental, o qual segue critérios de acordo com o porte e potencial

poluidor do empreendimento (Deliberação Normativa Copam nº 217/2017), deve dimensionar e direcionar as compensações ambientais, considerando o aporte de sedimentos gerados pelo empreendimento.

Ao considerar que as infraestruturas naturais podem gerar renda e contribuir para a redução da pobreza, o estudo acrescenta uma perspectiva adicional à análise da relação custo-benefício-oportunidade. A substituição de pastagens degradadas por SAF em áreas onde estão situados minifúndios de baixa renda pode ser menos eficiente na retenção de sedimentos, mas por outro lado, é compensada pela geração de renda direta às populações mais pobres, complementando assim os serviços ecossistêmicos.

**TABELA 1 SE | Desempenho financeiro da infraestrutura natural com a restauração de 900 ha de pastagem degradada**

	RIO MANSO	ALTO RIO DAS VELHAS	TOTAL
<b>SERVIÇOS PRESTADOS PELA INFRAESTRUTURA NATURAL (Custo evitado no tratamento da água)</b>			
<b>TOTAL</b>	<b>44.334</b>	<b>14.983</b>	<b>59.317</b>
Custos evitados com produtos químicos	31.787	2.508	34.295
Custos evitados com insumos filtrantes	121	195	315
Custos evitados com remoção de sedimentos	5.377	1.002	6.379
Custos evitados com extração de saturados	0	7.436	7.436
Desgastes e depreciação evitada	7.050	3.843	10.893
<b>CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO, MANUTENÇÃO E MANEJO DA INFRAESTRUTURA NATURAL</b>			
<b>CUSTO TOTAL</b>	<b>6.699</b>	<b>5.359</b>	<b>12.058</b>
Investimentos no plantio	3.999	3.199	7.198
Custos operacionais de manutenção	2.700	2.160	4.860
<b>BENEFÍCIOS LÍQUIDOS</b>			
<b>TOTAL</b>	<b>37.635</b>	<b>9.624</b>	<b>47.259</b>
<b>DESEMPENHO FINANCEIRO (TMA = 4.3% a.a.)</b>			
VPL (R\$)	8.184	57	8.241
TIR (%)	9,28	4,36	7,36
Payback (anos)	18,7	47,9	19,0

Fonte: Elaborado pelos autores.





## AS SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA JÁ EM CURSO NA RMBH: PRINCIPAIS AVANÇOS E DESAFIOS

O cenário de insegurança hídrica na RMBH tem impulsionado diversas iniciativas de infraestrutura natural e soluções baseadas na natureza. Uma dessas iniciativas é o programa Pró-Mananciais. Instituído em 2017 pela Copasa MG em parceria com a Agência Reguladora de Serviços de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário do Estado de Minas Gerais (Arsae), o programa promove ações de restauração de nascentes e cursos d'água, além de implementar soluções de conservação de solo e água, como a construção de barraginhas<sup>3</sup>, terraceamentos em curvas de nível, conservação de estradas rurais e saneamento rural em todo o estado. Nas bacias contempladas no estudo, a Copasa MG trabalha em parceria com os subcomitês da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas e com os Coletivos Locais de Meio Ambiente (Colmeias), que são espaços de governança estabelecidos nos municípios. Além disso, o Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas conta com a cobrança pelo uso da água, implementada em 2011, para financiar ações de restauração na bacia, entre outros objetivos.

**Organizações locais estão implementando ações de restauração por meio de projetos financiados pelo governo federal e outras fontes de recurso.** Essas ações têm uma motivação comum, diretamente relacionada às mudanças climáticas, e também compartilham o compromisso de promover novas formas de ocupação do espaço rural. Essas iniciativas buscam consolidar a produção agrícola e a restauração por meio de ações de conservação de solo e água, além de difundir práticas produtivas que gerem serviços ecossistêmicos, como os SAF.

Empresas que utilizam recursos hídricos ou que causam impactos significativos na qualidade da água devido às suas atividades têm a responsabilidade de agir de forma contundente em relação à restauração. Essa responsabilidade deve ser estabelecida por meio das compensações ambientais nos processos de licenciamento ambiental, exigindo que essas empresas invistam em projetos ou estabeleçam parcerias com governos locais para mitigar os danos causados e promover a recuperação dos ecossistemas afetados.



## RECOMENDAÇÕES

Os programas e projetos de restauração florestal nas bacias são essenciais para recuperar áreas prioritárias em termos de segurança hídrica de mananciais. É de grande importância fortalecer a articulação entre as redes envolvidas, visando aumentar a eficácia das ações e os benefícios da restauração para a comunidade. É necessário investir em comunicação e mobilização social, além de garantir assistência técnica e capacitação contínua tanto para técnicos que atuam no território como para a sociedade diretamente afetada.

A articulação e priorização das ações são fundamentais para aumentar a efetividade dos programas de restauração e outras soluções baseadas na natureza. O poder público reconhece o papel dessas estratégias na adaptação a eventos hidrológicos extremos e investe em programas ambientais utilizando recursos provenientes da cobrança pelo uso da água, tarifas de água e outras fontes públicas ou fundos de compensação ambiental. No entanto, é necessário um planejamento adequado que direcione os recursos para as áreas prioritárias, garantindo coordenação e otimização das ações. Isso assegurará uma abordagem mais eficiente na implementação da restauração e de outras soluções baseadas na natureza.

Políticas municipais também se estruturam no território a partir da demanda hídrica. Parcerias público-privadas desempenham um papel importante nesse contexto, permitindo a ampliação das ações de restauração e conservação do solo. Para promover essas parcerias, o governo estadual, por meio da Agência de Desenvolvimento da Região Metropolitana de Belo Horizonte (Agência RMBH) e dos comitês de bacia hidrográfica, devem incorporar as informações deste estudo em seus planos de gestão.

A rede de fluxo de informações sobre restauração florestal existente no território, composta por organizações dos setores público e privado e com participação da sociedade civil, tem potencial para estruturar estratégias de implementação da infraestrutura natural em diferentes escalas. Os dados gerados no estudo devem ser incorporados às ações de restauração já em andamento, ampliando-as e direcionando-as para locais onde, além dos benefícios biofísicos, haja potencialidade de agregar geração de renda e qualidade de vida à população de baixa renda.

Deve-se considerar o direcionamento de investimentos em infraestrutura natural para regiões com população de baixa renda por meio de SAF com foco em culturas permanentes em pastagens altamente degradadas. O estudo evidencia que abordagens integradas de gestão hídrica e desenvolvimento territorial, com ênfase na melhoria das condições de vida de populações em situação de vulnerabilidade, não são apenas economicamente viáveis, mas também necessitam ser expandidas.

O estudo revela que a atividade minerária é a maior fonte de sedimentação nas duas bacias, correspondendo a 78% na Bacia do Alto Rio das Velhas e 50% na Bacia do Rio Manso. As análises de sedimentação e os custos associados ao tratamento de água são informações cruciais para estabelecer condicionantes no licenciamento e nas compensações ambientais. Portanto, é fundamental promover ações que melhorem a qualidade ambiental dos corpos hídricos, o que implica discutir as atividades econômicas presentes no território. Para mitigar os impactos hídricos, é necessário um esforço conjunto dos órgãos responsáveis pelo licenciamento ambiental, mesmo em uma escala além dos limites de influência direta do empreendimento.

Atualmente o setor minerário é responsável por gerar quatro vezes mais sedimentos do que a vegetação nativa presente nas bacias consegue evitar. Essa disparidade ressalta a importância da restauração florestal juntamente com a conservação das floretas existentes e a adoção de práticas conservacionistas no uso do solo. Investimentos devem ser prioritariamente direcionados para assistência técnica e para locais onde há melhor relação custo-efetividade, levando também em consideração os aspectos socioeconômicos.











## CAPÍTULO 1

---

# Contextualização

Infraestrutura natural é uma das principais soluções baseadas na natureza capaz de promover segurança hídrica, alimentar e energética. Na região metropolitana de Belo Horizonte identificou-se como e onde a infraestrutura natural pode prevenir o acúmulo de sedimentos gerados pelo uso do solo em mananciais de abastecimento e promover maior qualidade de água.



Estima-se que as mudanças climáticas associadas à degradação ambiental promovida pelas diferentes formas de uso e ocupação do solo e, ainda, ao uso insustentável dos recursos naturais podem causar uma redução de até 2,5% do PIB nacional (Margulis; Debeux, 2010), o que representa de R\$ 3,5 bilhões a R\$ 8 bilhões por ano. O sexto relatório do IPCC (2022) estima uma perda de 4% da economia global anual até 2050, com impactos mais intensos nos países de menor renda per capita. Parte desses impactos na economia está associada aos impactos na segurança hídrica, principalmente em abastecimentos doméstico e industrial, geração de energia e agricultura.

É cada vez mais improvável que a infraestrutura cinza, que se refere a soluções obtidas por meio de construções e obras de engenharia, por si só forneça segurança hídrica futura e resiliência contra os impactos previstos das mudanças climáticas (Ozment, Difrancesco e Gartner, 2015), o que torna fundamental considerar a infraestrutura natural nos planejamentos de desenvolvimento territorial.

Nesse cenário, a infraestrutura natural, ou infraestrutura verde, é aquela que compreende as soluções baseadas na natureza, como a conservação de áreas de mata nativa, a restauração florestal e a gestão sustentável das paisagens. Esse tipo de infraestrutura possui a vantagem de fornecer benefícios diversos através de pacotes de serviços ecossistêmicos, que abrangem aspectos ambientais, econômicos e sociais (Martín, Costa e Máñes, 2020). Os serviços ecossistêmicos relacionados à água, que abrangem desde o bem-estar das pessoas, a segurança alimentar e energética à economia e aos motores do crescimento econômico nas cidades, fazem da natureza um alicerce fundamental da segurança hídrica. A infraestrutura natural sustenta a maneira como gerenciamos nossas bacias hidrográficas e, portanto, a maneira como cultivamos alimentos, geramos eletricidade e fornecemos água para as cidades (Cohen-Shacham et al., 2016). A infraestrutura natural também tem um papel fundamental na redução de riscos de desastres ambientais e da pobreza (Browder et al., 2019).

Um número crescente de pesquisas tem demonstrado que a infraestrutura natural, de forma complementar à infraestrutura cinza tradicional, pode promover a

otimização na prestação de serviços e economia de recursos financeiros dos fornecedores de água (Gartner et al., 2013; Feltran-Barbieri et al., 2018; Feltran-Barbieri et al., 2021, Tramontin et al., 2022), através da redução nos custos de captação e tratamento de água. A proteção estratégica, o gerenciamento e a restauração de sistemas naturais dentro das bacias hidrográficas desempenham um papel complementar essencial. Essas ações podem moderar os fluxos de sedimentos e nutrientes, o que resulta em melhorias na qualidade da água a jusante. Isso, por sua vez, contribui para garantir a segurança da qualidade da água distribuída e consumida. Além disso, tais ações ajudam a mitigar os impactos das mudanças climáticas e dos riscos naturais (por exemplo, secas e inundações) nos sistemas de abastecimento, evitando interrupções e falhas nos serviços, além de gerarem inúmeros cobenefícios para as comunidades locais e a sociedade, como recreação, melhoria da saúde pública e sequestro de carbono (Feltran-Barbieri et al., 2018).

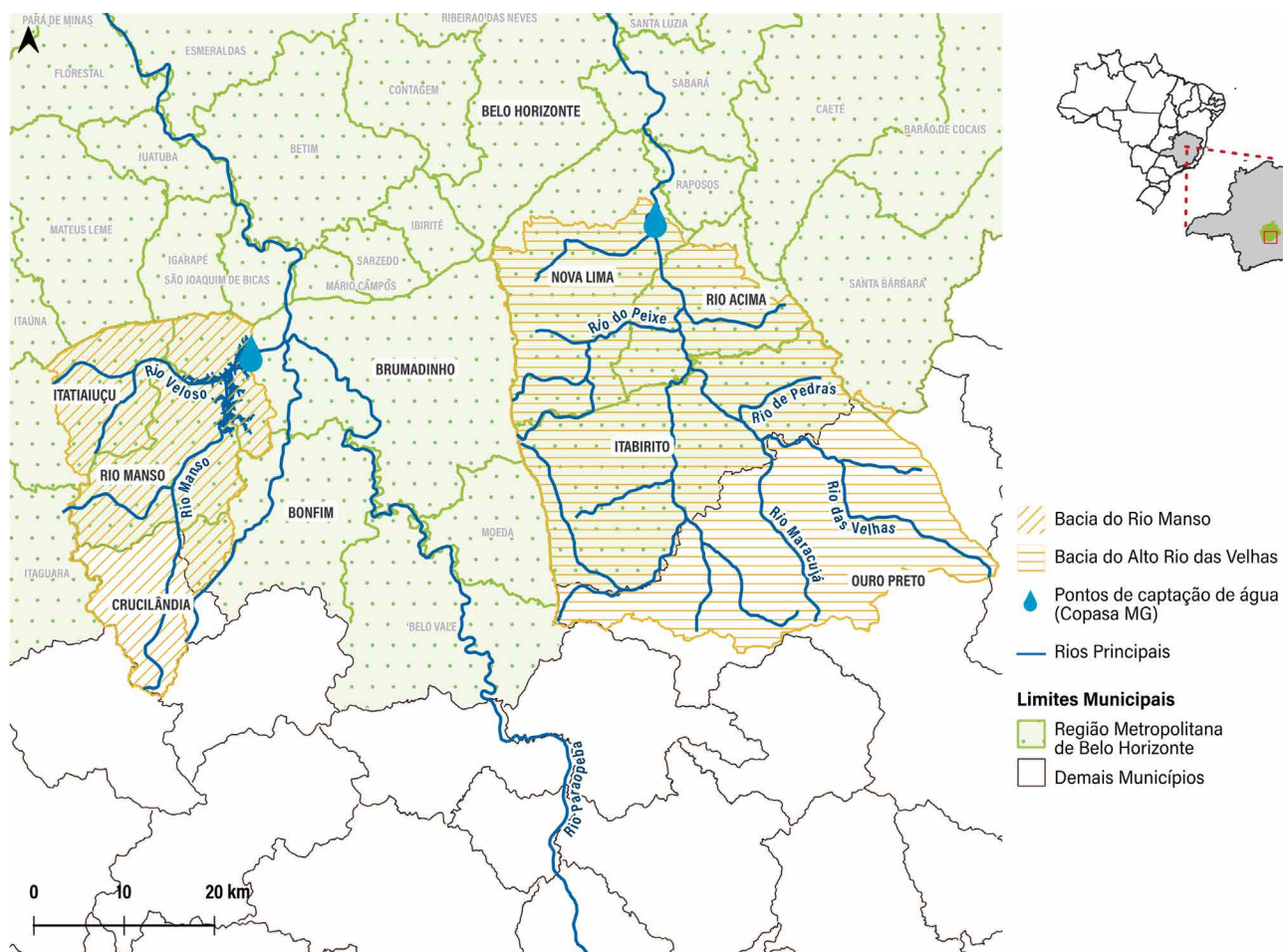
Assim, este relatório tem como objetivo estimar serviços ecossistêmicos providos por infraestrutura natural e seus benefícios socioambientais, com foco em segurança hídrica, gerando informações que podem auxiliar no planejamento de ações de restauração nas bacias do Alto Rio das Velhas e do Rio Manso a partir da análise da sedimentação (Figura 1) e dos custos associados ao tratamento da água. A partir das análises, foram identificadas áreas prioritárias e técnicas de restauração mais efetivas para redução da geração de sedimentos e consequente diminuição dos custos de tratamento de água, considerando as peculiaridades das duas bacias e custos associados, em especial onde a infraestrutura natural pode gerar benefícios socioeconômicos para populações vulneráveis.

Com base no mapeamento de atores e na identificação de programas e políticas públicas locais, espera-se compreender como as iniciativas já existentes e a governança podem apoiar efetivamente a implementação da restauração ou outras soluções baseadas na natureza.

Por fim, espera-se que os dados possam subsidiar planejamentos para investimentos de recursos já existentes e atrair novos para implementação de ações direcionadas que possam proporcionar segurança hídrica a toda a população.



**FIGURA 1 |** Região Metropolitana de Belo Horizonte e área de abrangência do estudo



Fonte: Elaborado pelos autores, baseado em IBGE (2020) e dados fornecidos pela Copasa MG.





## DESAFIOS DO ABASTECIMENTO DE ÁGUA NA REGIÃO METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE

A RMBH é a terceira maior do Brasil, na sequência de São Paulo e Rio de Janeiro. Instituída em 1973 pela Lei Complementar nº 14 (Brasil, 1973), é composta por 34 municípios<sup>4</sup>, com população de aproximadamente 6 milhões de habitantes (IBGE, 2017a). Dentre esses municípios, 22 têm o provimento de sua demanda de água pelo Sistema Integrado de Abastecimento de Água (SIAA) (Figura 2), que corresponde a 98% da demanda total de água da RMBH, cuja gestão está sob a responsabilidade da Copasa MG. O SIAA é composto pelos seguintes sistemas produtores:

- Paraopeba (reservatórios Rio Manso, Vagem das Flores e Serra Azul): 50,93%
- Rio das Velhas (Bela Fama): 43,31%
- Demais sistemas (Cercadinho, Morro Redondo, Ibitité, Catarina, Barreiro, Vale do Sol): 5,76%

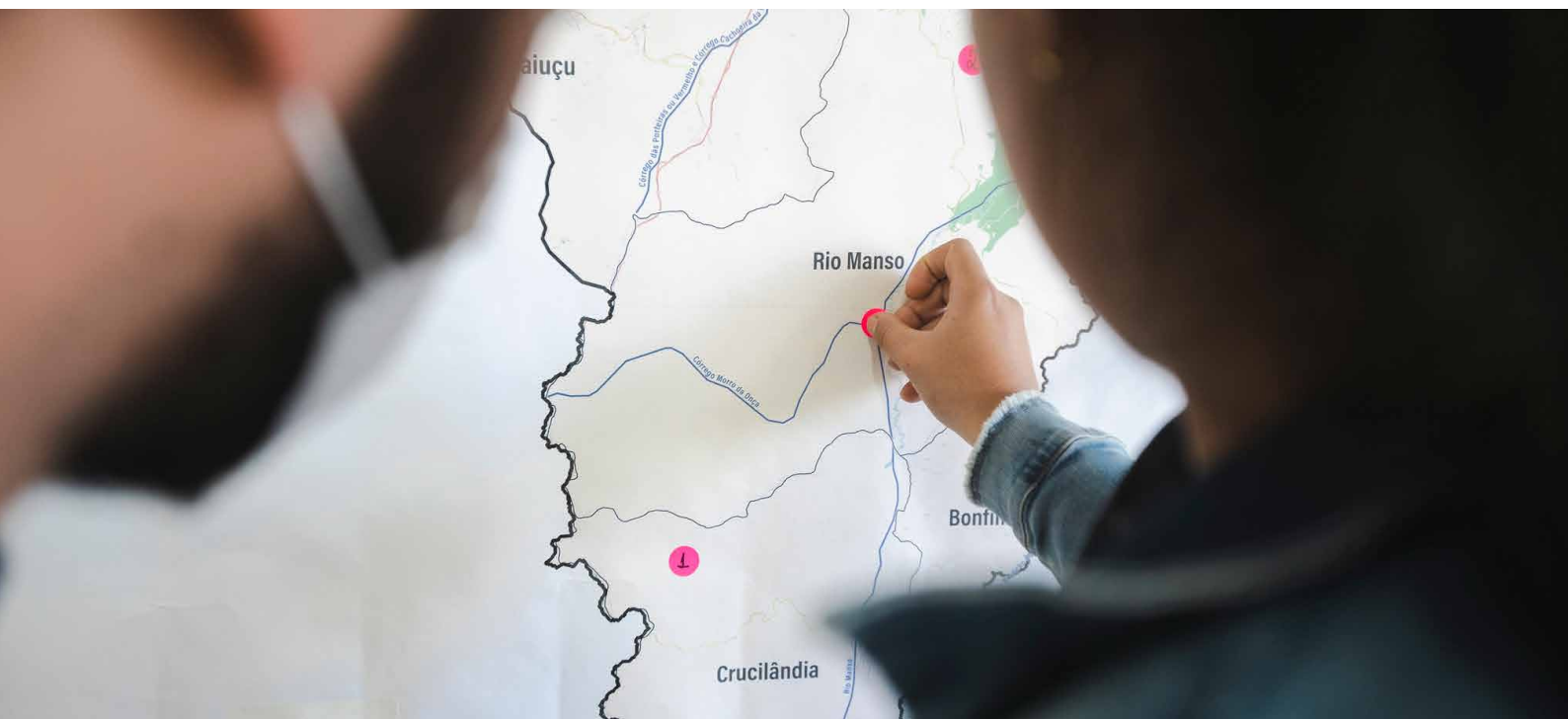
O Sistema Produtor Rio das Velhas é o maior sistema de produção de água da Copasa MG, com vazão média de 8,77 m<sup>3</sup>/s. A captação de água é do tipo superficial, com tomada direta no Rio das Velhas, no distrito de Bela Fama, município de Nova Lima.

A captação do Sistema Produtor Rio Manso, integrante do Sistema Paraopeba, é feita na barragem de acumulação construída no leito do rio, no município de Brumadinho,

entre 1985 e 1991, com capacidade para uma vazão média de 8,24 m<sup>3</sup>/s. Nesse município também se localiza a Estação de Tratamento de Água (ETA), com capacidade de tratar 5,3 m<sup>3</sup>/s de água<sup>5</sup>. A represa inunda uma área de 1.080 hectares nos municípios de Brumadinho e Rio Manso. O volume do maciço é de 9,5 milhões de m<sup>3</sup>.

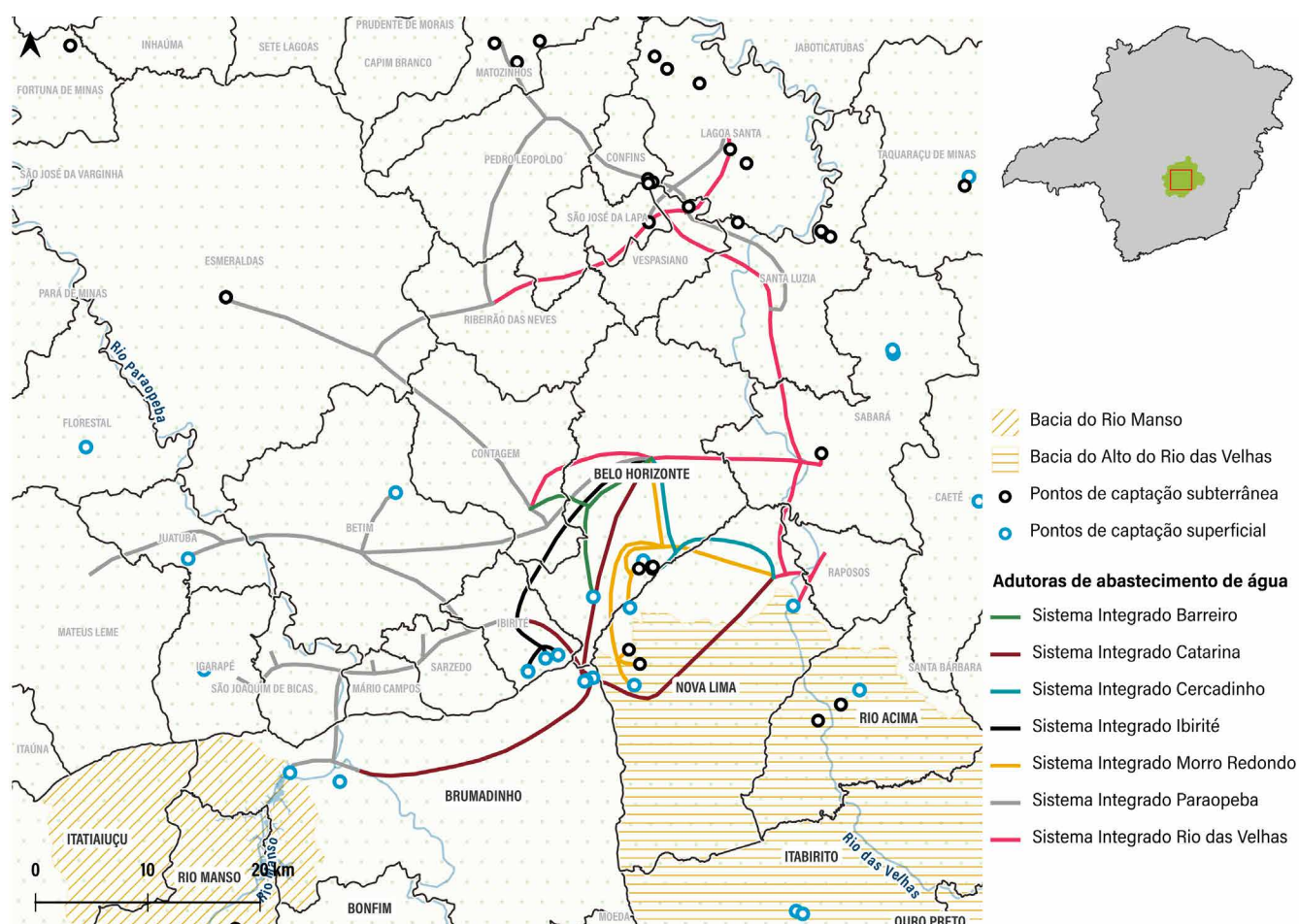
As bacias que compõem o sistema de abastecimento estão inseridas nas bacias hidrográficas dos rios das Velhas e Paraopeba, que são sub-bacias do Rio São Francisco. Os sistemas de Bela Fama e do Rio Manso são atualmente os principais sistemas de abastecimento da RMBH e juntos totalizam quase 80% da água produzida e distribuída para a população. Portanto, as bacias de captação desses dois sistemas foram definidas como os territórios de análise deste estudo. Os recortes territoriais estão associados às bacias de captação e não necessariamente ao sistema de classificação do Instituto Mineiro de Gestão das Águas (Igam).

Em 2015, o estado de Minas Gerais declarou emergência de escassez de água por cinco meses na bacia do Rio Manso, que compõe o sistema integrado de abastecimento (Minas Gerais, 2015) e impôs restrições ao uso de recursos hídricos nas áreas urbanas e rurais. A situação se repetiu em 2018 e 2021, quando o estado anunciou a pior crise hídrica em 91 anos. Segundo as análises do abastecimento hídrico de Belo Horizonte e região metropolitana conduzidas por Freitas, Santos e Bahia (2018), há uma tendência de colapso nos sistemas de captação hídrica que integram a bacia do Rio Paraopeba por déficit de oferta, principalmente nos sistemas Rio Manso e Serra Azul nos próximos anos.





**FIGURA 2 |** Sistema de abastecimento da Região Metropolitana de Belo Horizonte



Fonte: ANA (2021).

## DEMANDA POR INFRAESTRUTURA NATURAL NA RMBH

A RMBH abriga o quadrilátero ferrífero, principal área produtora de ferro e manganês do mundo. Corresponde a uma área de aproximadamente 7 mil quilômetros quadrados e tem grande participação no PIB do estado de Minas Gerais, o maior produtor nacional de minério de ferro (60%). Além do minério de ferro, a região extrai também ouro, manganês e outros minerais. A formação geológica do quadrilátero ferrífero, que o torna tão atrativo do ponto de vista da exploração minerária, também é o que proporciona condições especiais de recarga, armazenamento e dispersão hídrica. A sua importância geológica e ambiental é reconhecida em diversos estudos e pesquisas (Jacobi e Carmo, 2008; Roeser e Roeser, 2010; Fonseca e Valadão, 2017), sendo classificada como Zona de Interesse Metropolitano no Macrozoneamento da Região

Metropolitana de Belo Horizonte (UFMG, 2014). Parte desse território está inserida em Unidades de Conservação devido a sua importância ambiental e segurança hídrica da região metropolitana, com destaque para o Parque Nacional da Serra do Gandarela, porção mais preservada do quadrilátero ferrífero. Como uma Unidade de Conservação de Proteção Integral, o parque abriga uma grande riqueza de fauna e flora, além de grandes reservas de minério de ferro, em contraposição a jazimentos praticamente esgotados em regiões fora da Unidade de Conservação (Fonseca e Valadão, 2017).

A atividade minerária desenvolvida no território traz diversos impactos nos recursos hídricos, como intensa geração de sedimentos, riscos de contaminação, rebaixamento de lençol freático e redução da capacidade de recarga da bacia hidrográfica (Marent, Lamounier e Gontijo, 2011; Rezende, 2016; Souza, 2021). Dentro da infraestrutura associada à mineração, as barragens de rejeito são um risco à parte. Na bacia contribuinte



do Sistema Produtor Rio das Velhas há três barragens de rejeito com alto risco de rompimento, o qual pode impactar severamente o abastecimento da RMBH. Estão no Cadastro Nacional de Barragens de Mineração 64 barragens nessa mesma bacia, sendo 17 classificadas com algum nível de emergência. Na bacia do Rio Manso, a montante da captação, são 22 barragens, seis com algum nível de emergência e uma em nível de alerta (ANM, 2022).

Na bacia do Paraopeba, a Copasa MG construiu, em 2015, uma infraestrutura de captação de água de forma emergencial para enfrentar a crise hídrica. No entanto, em 2019, devido ao rompimento da barragem da mina Córrego do Feijão, a captação foi interrompida, afetando a distribuição e o abastecimento de água. Para evitar futuros colapsos no abastecimento, novas opções de captação estão sendo desenvolvidas para atender a RMBH.



**Além das soluções tradicionais (estruturas cinzas), é crucial incentivar a implementação de soluções baseadas na natureza, como a restauração de paisagens e florestas.**

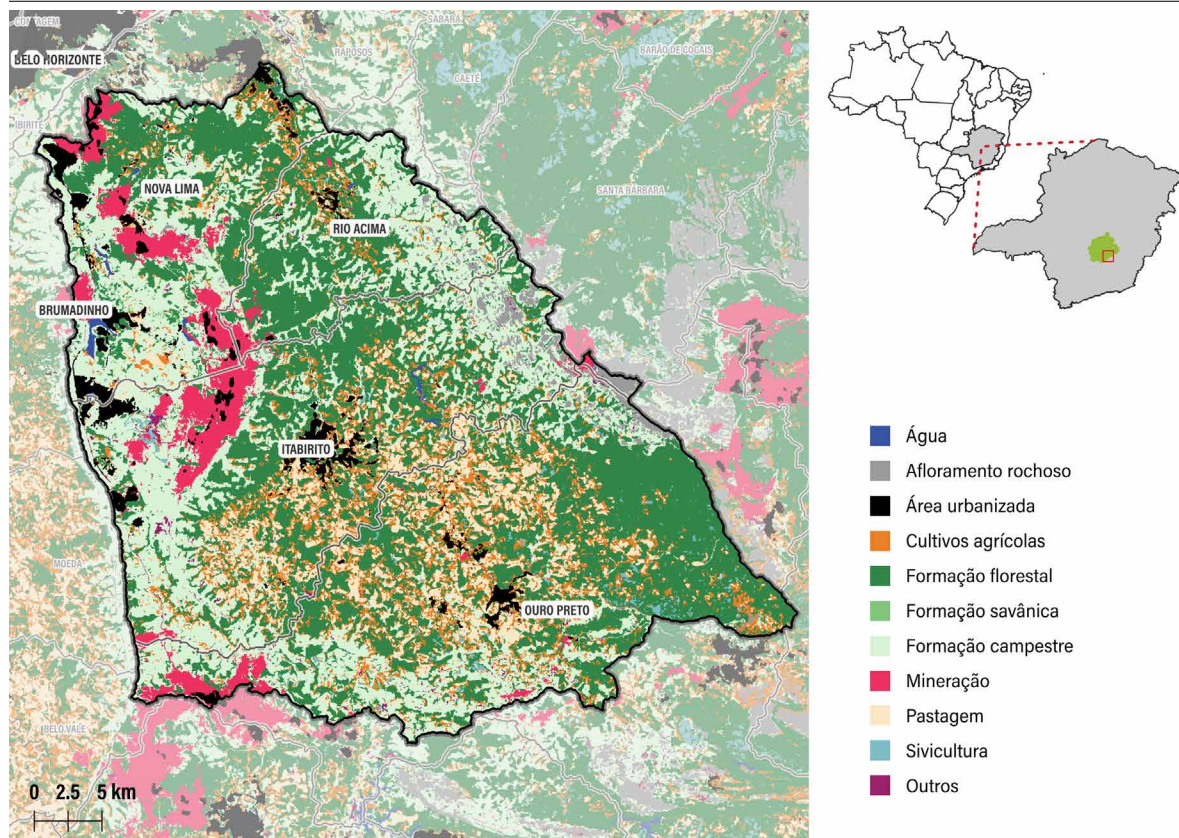
Além da mineração, diversos usos da terra atrelados à supressão de vegetação nativa são geradores de processos erosivos de diferentes intensidades, tais como pastagens mal manejadas, parcelamento do solo sem planejamento urbano ou em desacordo à legislação urbanística e ambiental e atividades agrícolas intensivas de modo geral. As altas taxas de erosão estão associadas também ao desmatamento de encostas e margens de rios, queimadas, uso inadequado de maquinários e implementos agrícolas. Além de ser um grande desafio em relação à sustentabilidade da agricultura, a erosão também afeta a qualidade e a quantidade de água devido ao assoreamento de nascentes e corpos d'água. Nesse sentido, a restauração e conservação do solo são de fundamental importância para a gestão dos recursos hídricos, conforme previsto em uma série de legislações (ANA, 2008).

Na Bacia do Alto Rio das Velhas, 69% da área (117 mil hectares) é composta por vegetação nativa, dos quais 67 mil hectares são formações florestais (matas e cerradões) e 50 mil hectares são formações campestres (campos cerrados e de altitude). As mesmas classes são encontradas na Bacia do Rio Manso, com predomínio de formações florestais em 18 mil hectares, que junto às demais classes de cobertura nativa somam área de 21 mil hectares de vegetação nativa, o equivalente a 27% da bacia (Figura 3). A bacia do Rio Manso possui maior área de pastagem com 42% do território (Figura 4). Essas áreas apresentam diferentes níveis de degradação, entre severamente (10,8%) e moderadamente degradada (75,53%). Apenas 13% das pastagens não apresentam níveis de degradação.

Em ambas as bacias, a maior parte da vegetação remanescente se localiza em zonas com declividade acima de 12 graus ou topos de morro, com baixa aptidão agrícola e solos pouco espessos. Essas características podem explicar a persistência da vegetação comparada às regiões com topografia mais suave e melhor acesso. Por outro lado, as características topográficas e pedológicas das regiões com vegetação sinalizam alto potencial de erosão se perturbadas. A manutenção da vegetação nativa nessas áreas é, portanto, fundamental para garantir que os cenários propostos possam ser efetivados.

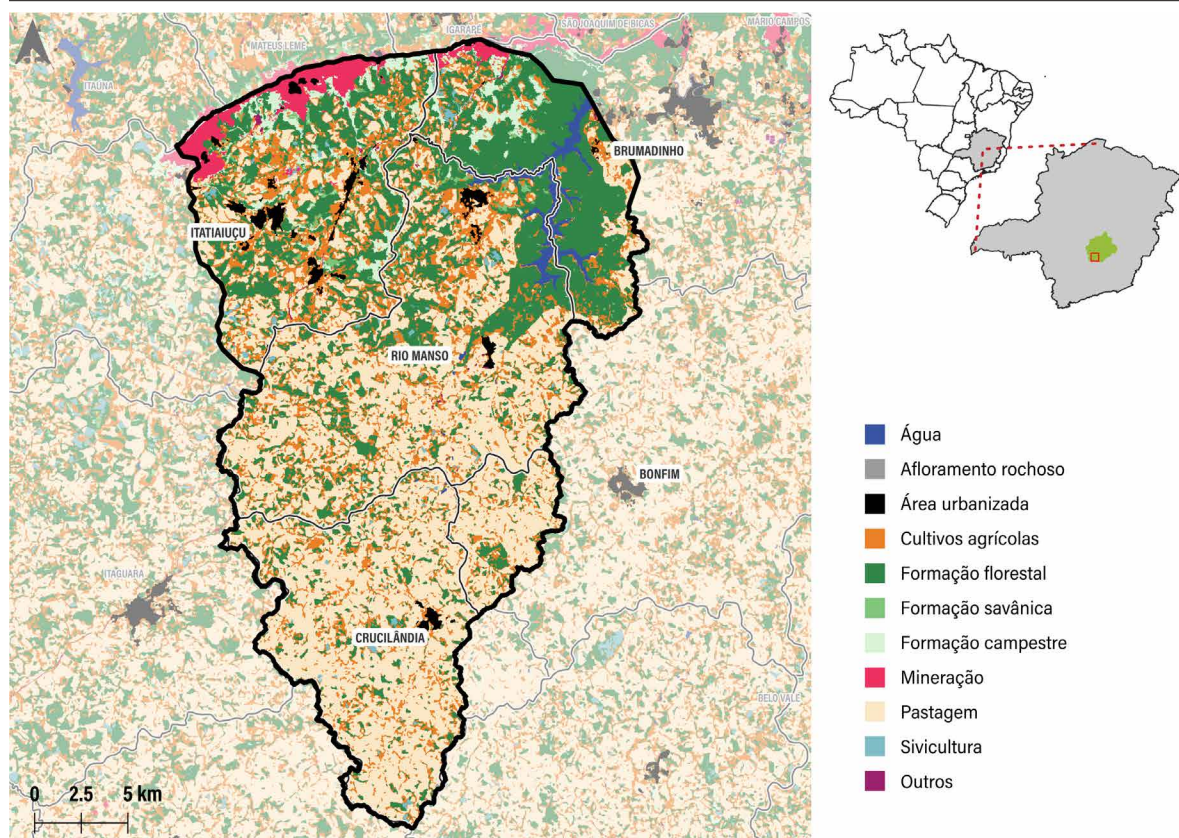


**FIGURA 3 |** Mapa de uso e cobertura do solo na Bacia do Alto Rio das Velhas



Fonte: MapBiomias, 2022.

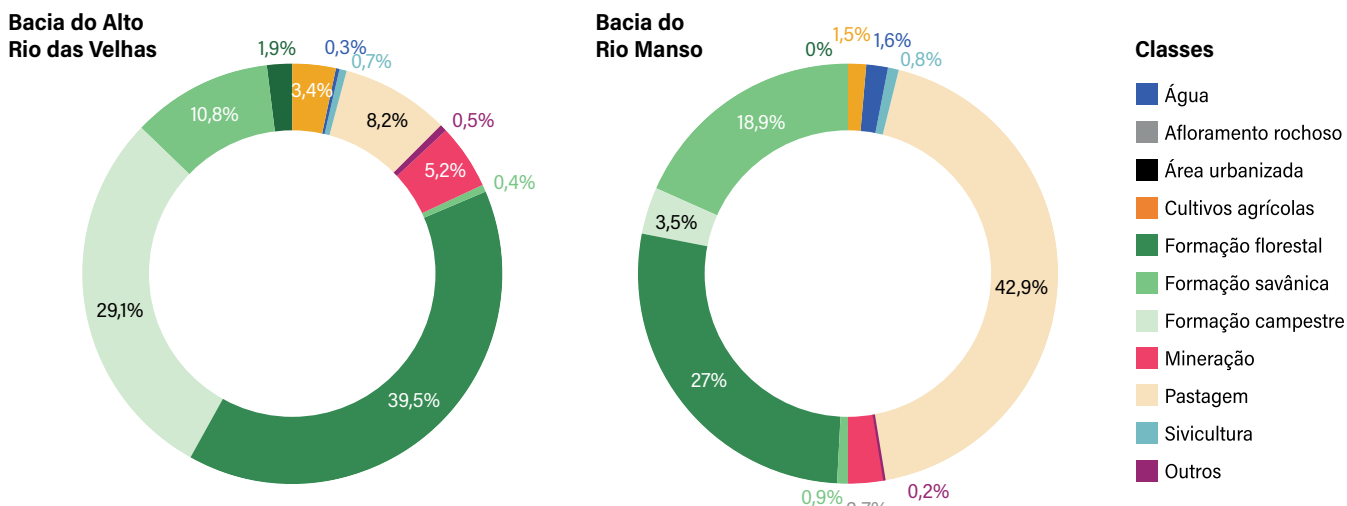
**FIGURA 4 |** Mapa de uso e cobertura do solo na Bacia do Rio Manso



Fonte: MapBiomias, 2022.



**GRÁFICO 1 |** Distribuição das classes de vegetação predominantes na área de estudo



Fonte: MapBiomas, 2022.



**BOX 1 | Programa Pró-Mananciais**

Em 2017, o programa Pró-Mananciais foi instituído pela Copasa MG em parceria com a Arsae, como resposta à crise hídrica proeminente em diversas regiões do estado. O objetivo do programa é proteger e recuperar as bacias hidrográficas e as áreas de recarga de aquíferos responsáveis pelo abastecimento público dos municípios em que a companhia atua, tendo como forma de atuação fundamental o estabelecimento de parcerias, as quais acontecem principalmente na formação dos Coletivos de Meio Ambiente (Colmeias), com produtores rurais e por meio de arranjos interinstitucionais. O programa destina até 0,5% da receita operacional anual da Copasa MG (aproximadamente R\$ 28 milhões em 2022) para ações de proteção e recuperação ambiental, incluindo intervenções de infraestrutura natural, como restauração e conservação florestal.

Em cinco anos de atuação já foram investidos R\$ 76 milhões em ações como plantio de árvores em Áreas de Preservação Permanente (APP), regeneração natural assistida em nascentes, construção de barraginhas (bolsões para infiltração de água de chuva), terraceamentos em curvas de nível em pastos e áreas agrícolas e adequação de estradas rurais com manejo hídrico que favorecem a infiltração de água no solo, minimizam processos erosivos e retêm sedimentos que poderiam chegar aos cursos d'água, além de ações de mobilização e educação ambiental.

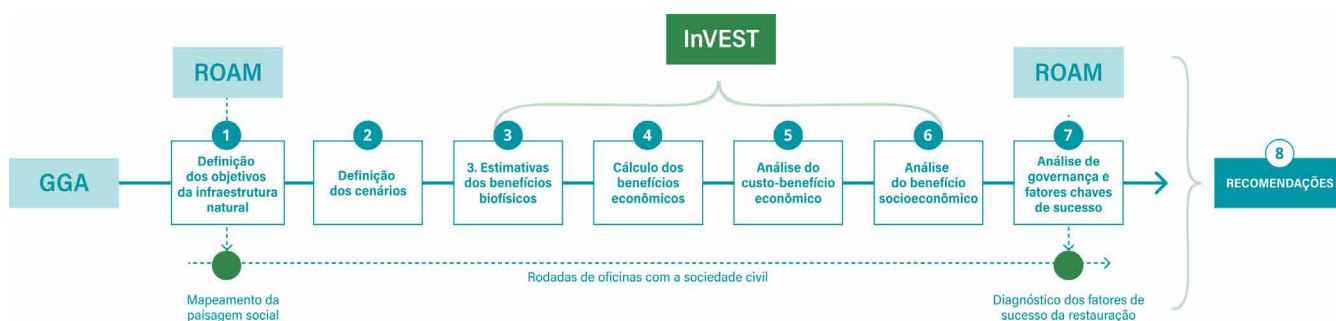
# ROTEIRO METODOLÓGICO DO ESTUDO

O estudo de infraestrutura natural para água na RMBH utilizou uma abordagem mais ampliada comparada a estudos dessa temática conduzidos em outras regiões metropolitanas no Brasil (Ozment et al., 2018; Feltran-Barbieri et al., 2018; Feltran-Barbieri et al., 2021; Tramontin et al., 2022). Para além do roteiro metodológico baseado na análise de investimentos comumente utilizada em estudos similares, lançou-se mão de ferramentas e metodologias que abarcam uma avaliação mais profunda de

aspectos relacionados às condições de vulnerabilidade social, governança e análise do marco regulatório necessário para sustentar iniciativas de infraestrutura natural no território.

Para a realização deste estudo, foi adotado o método de Avaliação de Investimento em Infraestrutura Natural (Green-Gray Assessment – GGA/WRI), apoiado por um conjunto de modelos da ferramenta InVEST (Avaliação Integrada de Serviços Ecosistêmicos e Trade-offs), a fim de analisar os serviços ambientais gerados a partir da infraestrutura natural. A esse método foi agregada a Metodologia de Avaliação de Oportunidades de Restauração (ROAM, sigla em inglês).

FIGURA 5 | Síntese esquemática do roteiro metodológico do estudo



Fonte: Elaborado pelos autores.

## Descrição de etapas

- Definição dos objetivos da infraestrutura natural:** em reuniões e oficinas, atores locais identificam os principais desafios para a gestão hídrica no território, incluindo problemas relacionados ao uso e ocupação do solo.
- Definição de cenários:** os desafios compartilhados na etapa 1 orientam o desenvolvimento de cenários que serão simulados para quantificar os impactos da implementação de diferentes estratégias de infraestrutura natural. Os cenários simulam os resultados que podem ser alcançados em termos de sedimentos evitados ao se implementar a infraestrutura natural. Essa etapa sempre inclui um cenário de referência (*baseline*) que representa a situação atual, e os demais cenários alternativos, que incluem ações de infraestrutura natural, são comparados a ele (Capítulo 2).
- Estimativa de benefícios biofísicos:** para cada cenário, estimam-se os benefícios biofísicos a partir das toneladas de sedimentos gerados, concentração de sólidos suspensos e níveis de turbidez da água (Capítulo 2).
- Cálculo de benefícios econômicos:** para cada um dos cenários definidos na etapa 2 monetizam-se os serviços biofísicos fornecidos pela infraestrutura natural através dos custos evitados no tratamento da água, ou seja, a economia gerada pela quantidade de produtos químicos que deixam de ser consumidos devido à diminuição da turbidez e dos custos associados ao tratamento de água. Somados a isso, são considerados os custos de investimento da infraestrutura natural em cada cenário (Capítulo 2).
- Análise da relação econômica de custo-benefício:** os custos de investimento da infraestrutura natural em cada cenário são contrapostos aos benefícios econômicos resultantes da sua implementação. As análises financeiras são baseadas em fluxos de caixa descontado e também são avaliados parâmetros financeiros, como taxa de retorno, valor presente líquido (VPL), tempo de retorno entre outros (Capítulo 2).

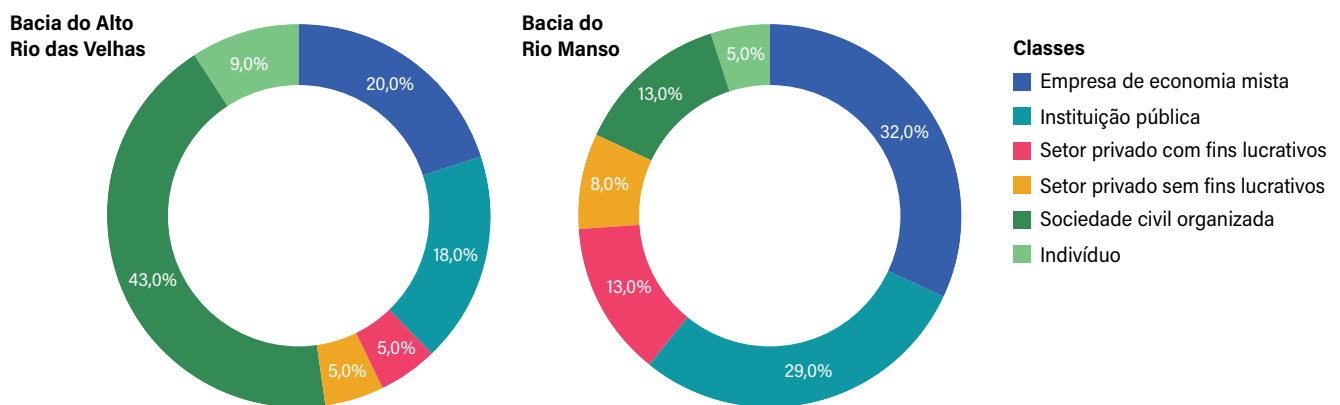


6. **Análise de benefícios socioeconômicos:** essa etapa adicional é aplicada no cenário que apresenta a melhor relação custo-benefício, identificando áreas onde a infraestrutura natural pode gerar também benefícios sociais (Capítulo 3).
7. **Análise de governança, políticas públicas e fatores-chave de sucesso:** nessa etapa, são identificados os atores sociais que lidam com o tema no território e também, são sistematizadas as políticas públicas para uma análise de como a governança sobre o tema se estabelece e quais as condições necessárias para implementação de infraestrutura natural (Capítulo 4).

8. **Recomendações:** por fim, as recomendações de políticas públicas, investimentos e governança são apresentadas para auxiliar na gestão estratégica de projetos de infraestrutura natural (Capítulo 5).

As etapas 1 e 7 são resultantes das consultas a atores locais por meio de oficinas e reuniões. Ao todo foram duas oficinas na bacia do Alto Rio das Velhas, nos municípios de Ouro Preto e Nova Lima, e uma na bacia do Rio Manso, no município de Rio Manso. As três oficinas envolveram representantes dos diferentes setores que atuam no território, entre associações comunitárias, poder público, empresas, organizações não governamentais e instituições de ensino e pesquisa. Participaram 82 pessoas<sup>6</sup>, nas seguintes proporções:

**GRÁFICO 2 |** Distribuição dos participantes das oficinas por setores



Fonte: Elaborado pelos autores.

As oficinas aconteceram entre maio e junho de 2022, com duração de 8 horas cada. Para a formação dessas oficinas, garantiu-se a participação equitativa das diversidades racial, de gênero e geracional por meio de um processo de mobilização que, na medida do possível, contou com a colaboração das instituições para que indicassem representantes que atendessem tais preceitos. Ainda assim, houve uma desproporção em termos de diversidade de gênero. Na bacia do Alto Rio das Velhas, a participação masculina foi de 68%, enquanto na bacia do Rio Manso foi de 58%.

Uma das principais consequências dessa participação desigual é a possível sub-representação das vozes, experiências e preocupações das mulheres ou de outras identidades de gênero minoritárias. Isso pode resultar

em lacunas na compreensão dos desafios e necessidades específicas desses grupos, limitando a capacidade de desenvolvimento de estratégias de governança efetivas que abordem suas demandas. Uma representação mais equilibrada de gênero nas oficinas e na coleta de dados qualitativos permitiria uma compreensão mais abrangente e aprofundada dos desafios e das dinâmicas sociais. Uma reflexão sobre essa desproporção de gênero é fundamental para garantir pesquisas mais abrangentes, inclusivas e representativas, que embasem a construção de soluções mais justas e efetivas.

A mobilização para as oficinas foi precedida de reuniões bilaterais com pontos focais responsáveis pelo programa Pró-Mananciais, quando foi elaborada uma primeira lista dos principais atores sociais que direta ou indiretamente

estão relacionados com a questão hídrica no território de estudo. Os comitês de bacia hidrográfica – CBH do Rio Paraopeba e CBH do Rio das Velhas – juntamente com os subcomitês Nascentes, Águas do Gandarela, Águas da Moeda e Itabirito foram os principais espaços de mobilização para as oficinas, bem como os Colmeias, que são espaços de governança do programa Pró-Mananciais, instituídos nos municípios inseridos no programa.

Também foram realizadas quatro reuniões técnicas com representantes da Copasa MG, da Agência RMBH, do Igam e dos subcomitês da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas, com o objetivo de alinhar os processos de coleta de dados, apresentar resultados parciais dos estudos e validá-los, além de articular possíveis ações conjuntas, garantindo engajamento dos principais tomadores de decisão.

As oficinas foram conduzidas com foco em três resultados: definir os principais objetivos da infraestrutura natural para os dois territórios de estudo, aplicar o diagnóstico dos fatores-chave da restauração e mapear a paisagem social. Para atender os objetivos das oficinas e garantir a participação efetiva de todos os envolvidos, a coleta de dados incluiu o uso do método “world café”. O processo possibilita discussões em grupo sobre um determinado tema e promove a participação ativa de todos os envolvidos (Brown; Isaacs, 2005; Brown; Isaacs; 2011; Coimbra, 2017). Formaram-se grupos de até oito pessoas, com a presença de facilitadores. Essa abordagem permitiu uma coleta rica e aprofundada de informações, valorizando as perspectivas dos participantes e contribuindo para uma análise qualitativa significativa.

Todas as atividades desenvolvidas foram registradas pela equipe responsável pelo estudo. Os dados foram agrupados e categorizados de acordo com os temas relacionados para posterior análise e interpretação.

## Oficinas e consultas a atores locais

As oficinas foram divididas em dois passos.

### Passo 1. Definição dos objetivos da infraestrutura natural

Objetivo: identificar junto aos atores locais quais os problemas ambientais do território e quais as soluções baseadas na natureza podem ser adotadas. O objetivo foi explorar o quanto as atividades propostas estão conectadas com a percepção local sobre os problemas hídricos para direcionar as recomendações do estudo de forma mais clara e conectada com a realidade local. Essa etapa foi desenvolvida em dois momentos:

- 1. Levantamento de problemas ambientais que podem ser mitigados com soluções baseadas na natureza:** realização de trabalhos em grupos a partir da seguinte pergunta orientadora: *Quais os principais problemas ambientais presentes na bacia que podem ser mitigados com soluções baseadas na natureza?* A sistematização das narrativas e discussões sustentou a definição da abordagem adotada, bem como trouxe elementos para o Capítulo 4.
- 2. Identificação de soluções baseadas na natureza promissoras para os territórios:** ainda nas oficinas, foi promovido um debate entre os grupos a fim de identificar as soluções a partir dos problemas ambientais apontados, com a seguinte pergunta orientadora: *Quais soluções baseadas na natureza podem ser adotadas para solucionar os problemas identificados?* A sistematização dos dados foi utilizada para definir a abordagem de infraestrutura natural a ser utilizada nas análises da relação custo-benefício e para orientar as recomendações do estudo.





## Passo 2. Análise de governança, políticas públicas e fatores-chave de sucesso

Objetivo: coletar e sistematizar dados sobre ações e projetos relacionados a infraestrutura natural e outras soluções baseadas na natureza desenvolvidas no território, principais atores envolvidos, bem como lacunas e desafios relacionados ao tema. Foram aplicadas ferramentas da ROAM (IUCN e WRI, 2014), como o diagnóstico de fatores-chave para a restauração e infraestrutura natural e o mapeamento de atores e partes interessadas.

## DIAGNÓSTICO DOS FATORES-CHAVE DE SUCESSO

O diagnóstico foi aplicado com o intuito de compreender quais lacunas precisam ser preenchidas a fim de que as recomendações geradas pelo estudo possam ser efetivamente implementadas, bem como compreender como se estrutura o marco regulatório em torno do tema, que é fundamental para a implementação da infraestrutura natural no território.

As perguntas orientadoras adotadas no roteiro metodológico do diagnóstico estão apresentadas no Quadro 1.

### QUADRO 1 | Perguntas norteadoras elaboradas para apoiar no diagnóstico dos fatores-chave de sucesso da restauração nas bacias do Alto Rio das Velhas e do Rio Manso

REQUERIMENTOS LEGAIS E SITUAÇÕES DE CRISE	CONDIÇÕES ECOLÓGICAS E DE MERCADOS	FINANÇAS, INCENTIVOS E CONDIÇÕES SOCIAIS	BENEFÍCIOS, CONSCIENTIZAÇÃO, CONHECIMENTOS, OPINIÕES E CONTRIBUIÇÕES
Como as leis que exigem restauração são aplicadas no território?	Como são as condições para que as árvores consigam crescer?	Existem recursos destinados para a restauração no território? Se sim, como a comunidade acessa?	Os atores locais e público geral tem clareza dos benefícios da restauração? Como são comunidades?
Existem conflitos de uso de terra que impedem a restauração? Quais?	Quais são as atividades que competem com a restauração?		Quais os benefícios que a restauração como é feita hoje geram, sejam eles: econômicos, sociais ou ambientais?
	Existem produtos, mercado, cooperativas gerados a partir da restauração?		

Fonte: Elaborado pelos autores.

## MAPEAMENTO DA PAISAGEM SOCIAL

O mapeamento da paisagem social é uma ferramenta que traz a perspectiva de que a restauração só se estabelece e se mantém em determinado território se uma governança composta por atores locais for estabelecida e tiver papel ativo na tomada de decisões. Conhecendo a paisagem social e mensurando avanços e, ainda, com a colaboração da comunidade local, a restauração pode ser mais eficiente, identificando lacunas e encontrando as melhores soluções (Buckingham et al., 2018). O mapeamento contribui na identificação de quem são os atores que compõem uma determinada paisagem onde a restauração tem o objetivo de trazer benefícios. Permite também uma análise de como esses atores se relacionam e atuam, o que é chamado de redes sociais, quando se trata de temas específicos necessários para que a restauração se estabeleça.

As principais redes analisadas se referem a finanças, insumos, informações técnicas e monitoramento. A análise da conectividade entre os atores nas redes pode apoiar na estruturação de arranjos de governança, identificando relações formais e informais entre os atores e quais são as necessidades e ações que devem ser objetivadas para facilitar os fluxos dentro e entre as redes. Vale dizer que estudos já realizados com essa abordagem demonstram que a análise pode apresentar limitações devido a sua complexidade (Oliveira et al. 2022; Schieffer; Hauck, 2010). A participação nas oficinas, embora diversa, pode não captar todas as dinâmicas da paisagem social de forma precisa. No entanto, as redes geradas refletem o momento atual de uma paisagem em constante mudança e indicam lacunas a serem abordadas para a uma governança efetiva.

Nas oficinas deste estudo foram elaboradas três redes sociais: a) rede de fluxos financeiros, b) rede de fluxo de informações técnicas e c) rede de fluxo de insumos e materiais. No diagnóstico da paisagem social, uma quarta rede também é considerada, a de monitoramento. Porém, na paisagem em questão o monitoramento ainda não é efetivo e não há uma rede estruturada.

Os dados foram sistematizados e processados no software Kumu que, a partir dos atributos dos dados, identificou os atores que se encontram em posição de centralidade nas redes segundo determinados critérios (grau, proximidade, intermediação e vetor próprio), possibilitando a compreensão da paisagem social (Buckingham et al., 2018).

## Análise de investimentos em infraestrutura natural

A metodologia GGA/WRI (sigla em inglês para Green Gray Assessment) foi originalmente desenvolvida em 2013 para apoiar os investidores na incorporação de infraestrutura verde nos processos de tomada de decisão (Talberth et al. 2013; Gartner et al., 2013). Trata-se de uma metodologia enraizada na teoria tradicional de investimento financeiro e econômico e nas ferramentas de apoio à decisão como a análise da relação custo-benefício, que permite uma fácil comparação entre iniciativas de investimento em infraestruturas verde, cinza e híbrida. Assim, o estudo consiste em uma análise financeira que ajuda a incorporar a infraestrutura natural nas decisões de investimento em saneamento ao estimar os custos e benefícios associados à sua implementação, considerando diversos cenários possíveis de restauração de paisagens e florestas.

### InVEST

A Avaliação Integrada de Serviços Ecosistêmicos e Trade-offs (InVEST) é uma ferramenta de suporte à GGA/WRI (Gray et al., 2019). A análise, voltada à qualidade hídrica, requer a coleta e preparação de dados sobre uso e cobertura do solo, erosividade das chuvas, erodibilidade do solo e elevação do terreno. Informações complementares são utilizadas para calibragem dos modelos e ajustes aos parâmetros locais (fornecidos geralmente pela empresa de saneamento, como turbidez, concentração de sólidos em suspensão e pH da água).





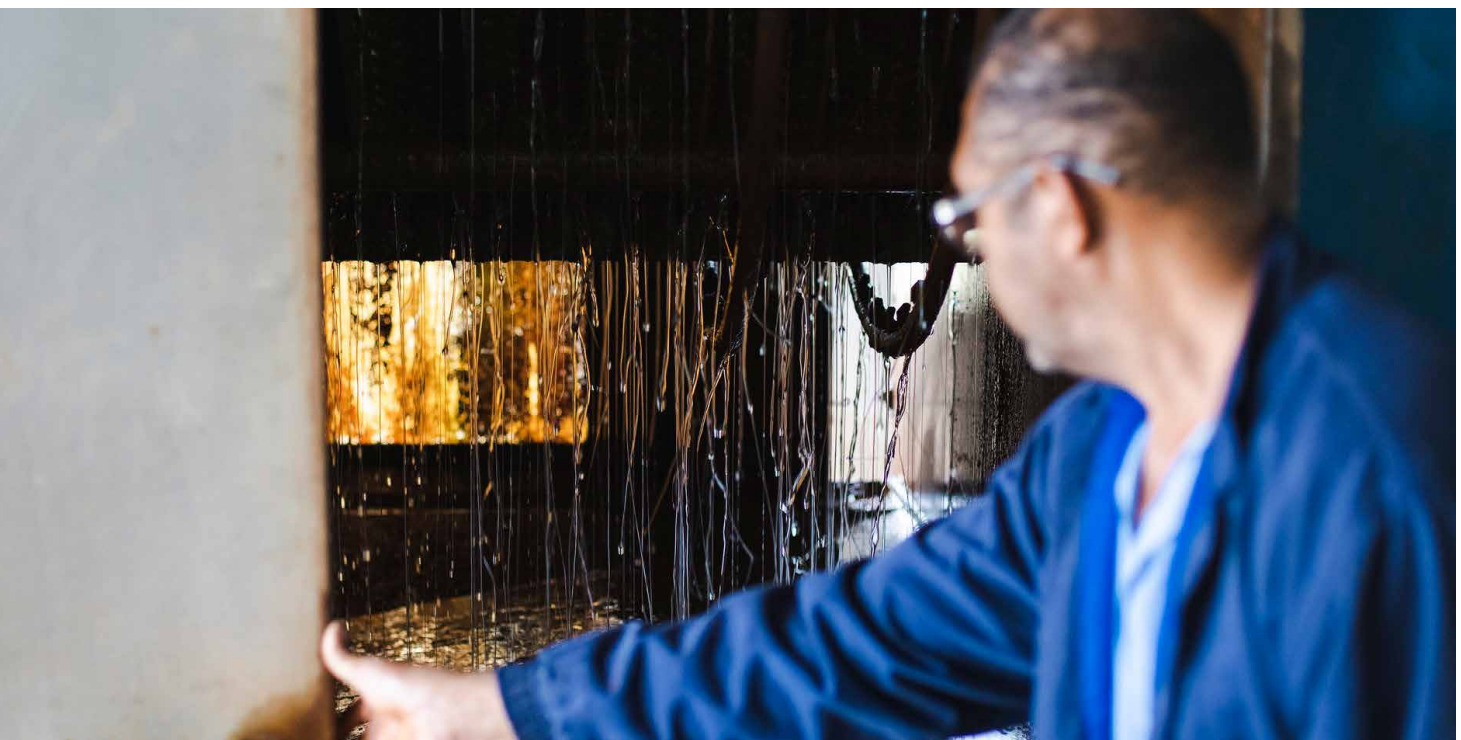
A análise espacial utiliza o modelo de Taxa de Produção de Sedimentos<sup>7</sup> do InVEST desenvolvido pelo Natural Capital Project (Natural Capital Project, 2022) para mapear e quantificar a erosão e a geração de sedimentos na paisagem em diferentes cenários. Essa avaliação permite identificar as áreas onde as soluções baseadas na natureza poderiam ter maior impacto na melhoria da qualidade da água, bem como dimensionar o papel da paisagem em suas configurações atuais. A análise financeira é baseada em modelos e equações de Ozment et al. (2018), que estima custos e benefícios na análise do retorno do investimento dos cenários de restauração identificados na análise espacial, assim como as suposições e fontes de dados subjacentes, com base em consultas locais.

Os resultados obtidos permitem quantificar os sedimentos produzidos nas bacias de maneira espacialmente explícita. Com base nesses resultados e em dados disponibilizados pela companhia de saneamento, torna-se possível estimar a concentração de sólidos em suspensão, a turbidez da água e as quantidades de produtos químicos necessários para o tratamento da turbidez nas condições atuais e em cenários alternativos de uso e cobertura da terra, considerando que as áreas de maior sedimentação fossem substituídas por vegetação nativa através da restauração florestal. A comparação entre as condições atuais (cenário referência) e os cenários com restauração florestal ou outras alterações de uso e cobertura evidenciam os benefícios e custos da manutenção ou expansão da infraestrutura natural.

## Análise socioeconômica

Para além e de modo complementar à estimativa e ao mapeamento do aporte de sedimentos, foram adicionadas camadas sociais que possam proporcionar uma compreensão mais profunda da área de estudo (e suas heterogeneidades) do ponto de vista socioeconômico, que não é explícita quando consideramos apenas os resultados do InVEST. Para tanto, foram destacadas porções do território em que prevalecem pequenos produtores rurais em faixas censitárias com renda familiar abaixo de  $\frac{1}{2}$  salário mínimo. Ao se combinar estratégias de mitigação às mudanças climáticas (como a restauração florestal) com outros benefícios complementares (como a mitigação da pobreza), é possível promover debates e direcionamentos de desenvolvimento econômico com inclusão social (Shyamsundar, Cohen e Boucher, 2022; Vogas e Leitão, 2019).

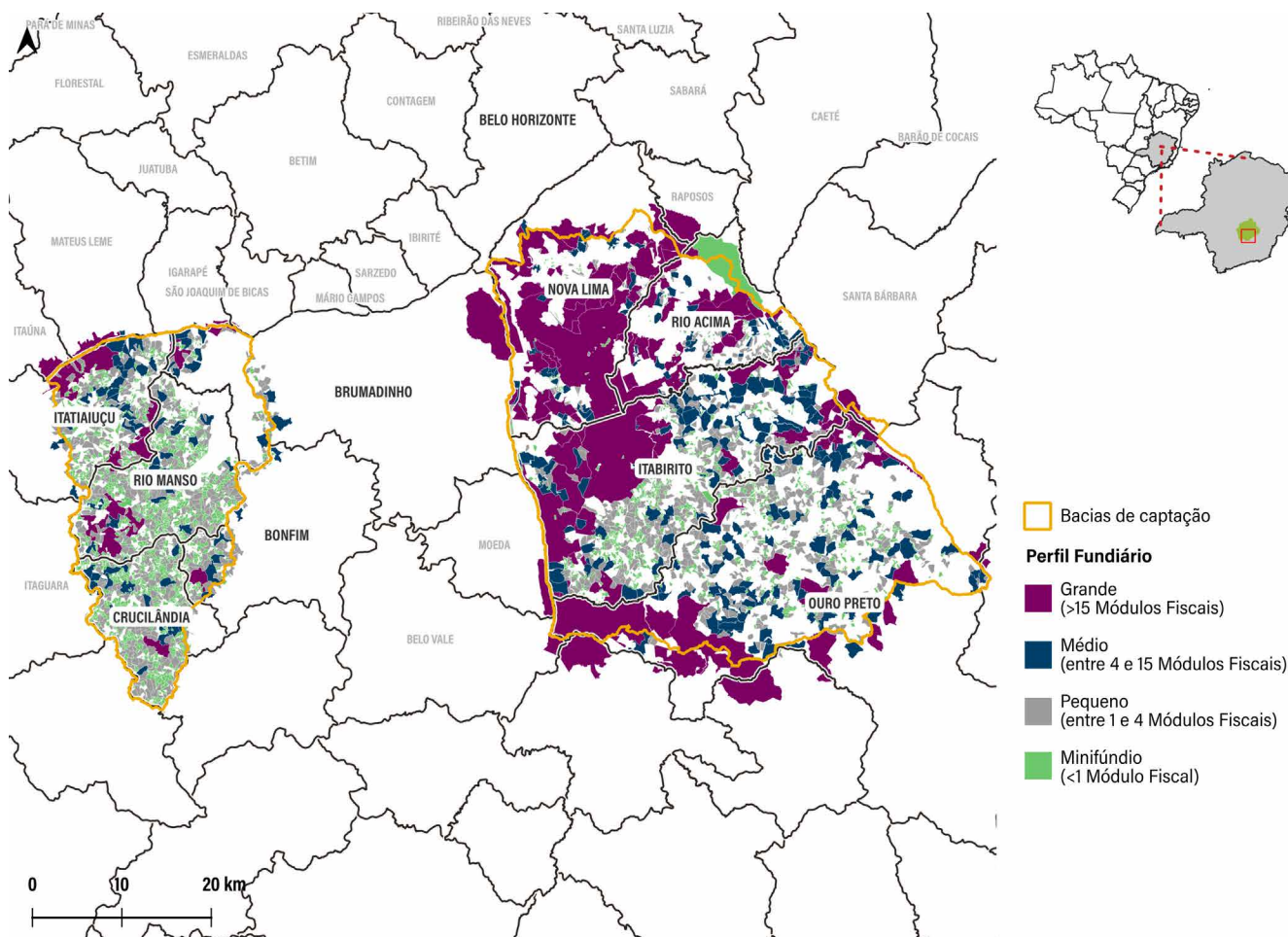
Os dados para elaboração das camadas de análises foram obtidos através do Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural (Sicar) a fim de delimitar as áreas de minifúndios<sup>8</sup> e também de dados do Censo Demográfico de 2010 (IBGE, 2010) sobre a renda por domicílio. Em relação à renda, o indicador base foi o percentual de domicílios com renda mensal per capita inferior a  $\frac{1}{2}$  salário mínimo por setor censitário. Foram filtrados apenas os setores rurais com ao menos 50% de domicílios com essas características.



A caracterização da heterogeneidade socioeconômica nas duas bacias é importante para identificar e filtrar as porções mais vulneráveis do território a partir dos aspectos fundiário (Figura 6) e econômico (Figura 7), onde serão propostas intervenções alternativas para restauração. Para tanto, a granularidade dessas informações foi um aspecto relevante e que, em alguma medida, direcionou para a análise as opções de dados espaciais de fontes públicas possíveis. Dados em nível municipal, por exemplo, trariam informações muito uniformes para a compreensão do território em razão da escala e do recorte das duas bacias que abrangem alguns poucos municípios e não seguem os limites político-administrativos estabelecidos. A faixa de renda domiciliar per capita de até ½ salário mínimo

foi selecionada, tendo em vista que essa é a faixa de renda comumente utilizada no Brasil como definição de linha de pobreza absoluta e como critério de elegibilidade para alguns programas governamentais voltados a populações vulneráveis (Loureiro e Suliano, 2009). Já os minifúndios foram privilegiados na análise, considerando que, em linhas gerais, pequenos produtores rurais são relativamente marginalizados em termos de acessos, recursos, informações e tecnologias (Murphy, 2012). É nesse contexto que intervenções como os SAF podem prover oportunidades adicionais de renda e benefícios socioeconômicos relevantes para essas populações (Shennan-Farpón et al., 2022).

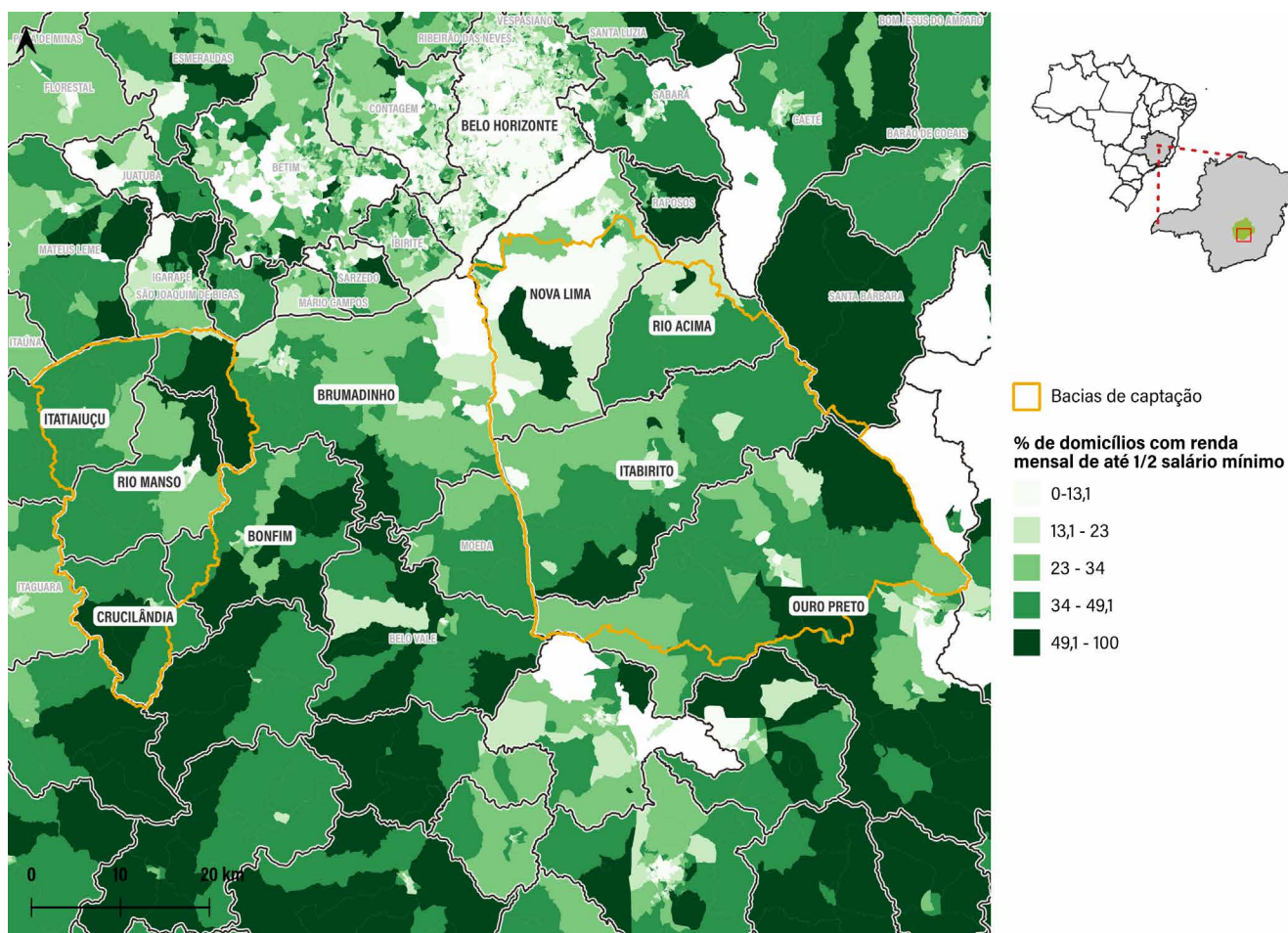
**FIGURA 6 | Perfil fundiário das propriedades rurais das bacias do Alto Rio das Velhas e do Rio Manso**



Fonte: SFB, 2022.



FIGURA 7 | Setores censitários baseados na renda mensal per capita nas bacias do Alto Rio das Velhas e do Rio Manso



Fonte: IBGE, 2010.















## CAPÍTULO 2

---

# Avaliação da infraestrutura natural para controle de sedimentos nas bacias hidrográficas do Alto Rio das Velhas e do Rio Manso

Este capítulo descreve cenários em que a infraestrutura natural pode trazer benefícios para o abastecimento hídrico da RMBH através da análise do custo evitado com tratamentos decorrente do investimento em ações de restauração de paisagens e florestas.





## CENÁRIOS E ASPECTOS CONSIDERADOS NA AVALIAÇÃO

Os investimentos em infraestrutura natural, sejam eles relativos a conservação, manejo ou restauração de vegetação nativa, devem ser precedidos de decisões focadas em características específicas do território onde se pretende aplicá-los. As perguntas-chave para a tomada de decisão devem estar relacionadas a:

1. Quais os serviços ecossistêmicos são esperados com a implantação ou ampliação da infraestrutura
2. Quais as áreas prioritárias a serem implantadas ou expandidas
3. Quais os seus custos e benefícios, incluindo a distribuição entre diferentes agentes.

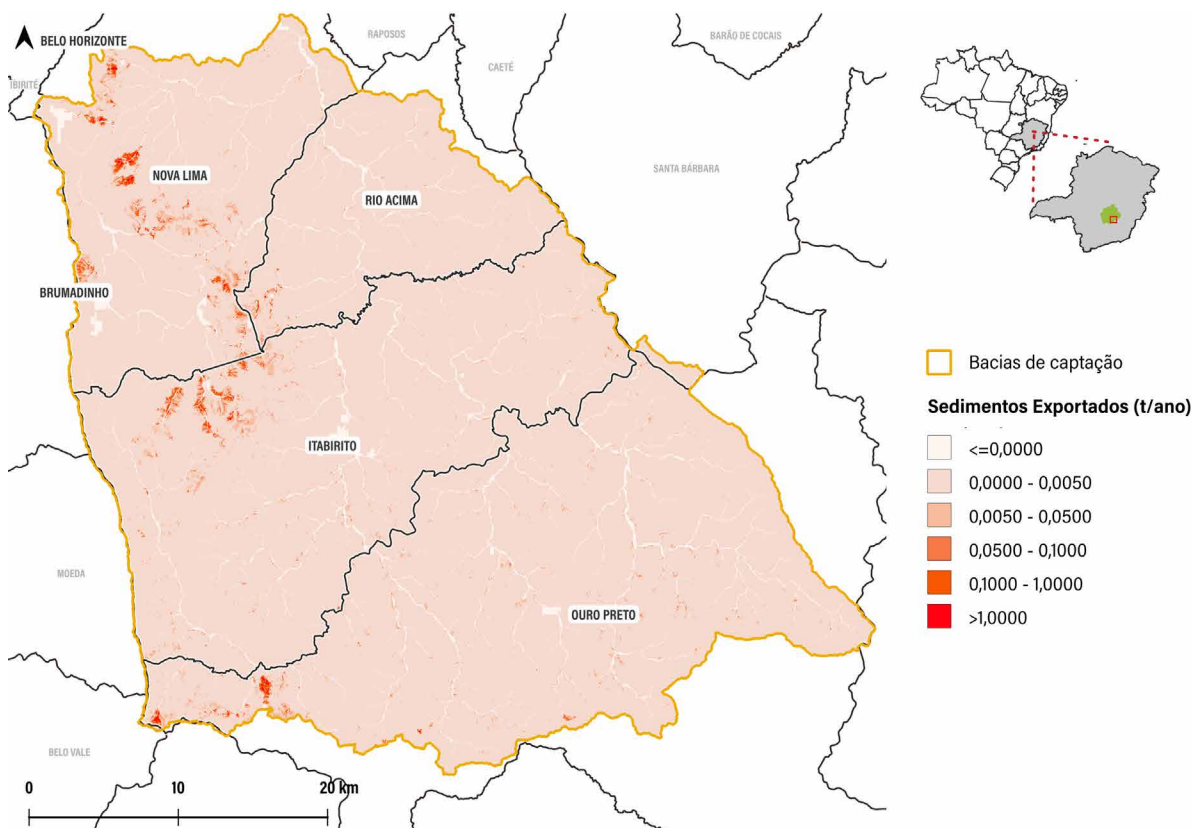
A primeira pergunta-chave foi norteadora das oficinas. Além disso, reuniões técnicas com representantes da Copasa MG também supriram lacunas para melhor entendimento dos problemas relacionados à gestão hídrica/territorial.

No rol dos serviços ecossistêmicos esperados com a implantação ou ampliação da infraestrutura natural, a melhoria da qualidade da água foi apontada como a mais relevante.

**Dentre possíveis causas da má qualidade da água na área de estudo, foram citados: parcelamento irregular do solo, mineração, falta de saneamento básico, expansão da agricultura e pecuária e ausência de programas de educação ambiental.**

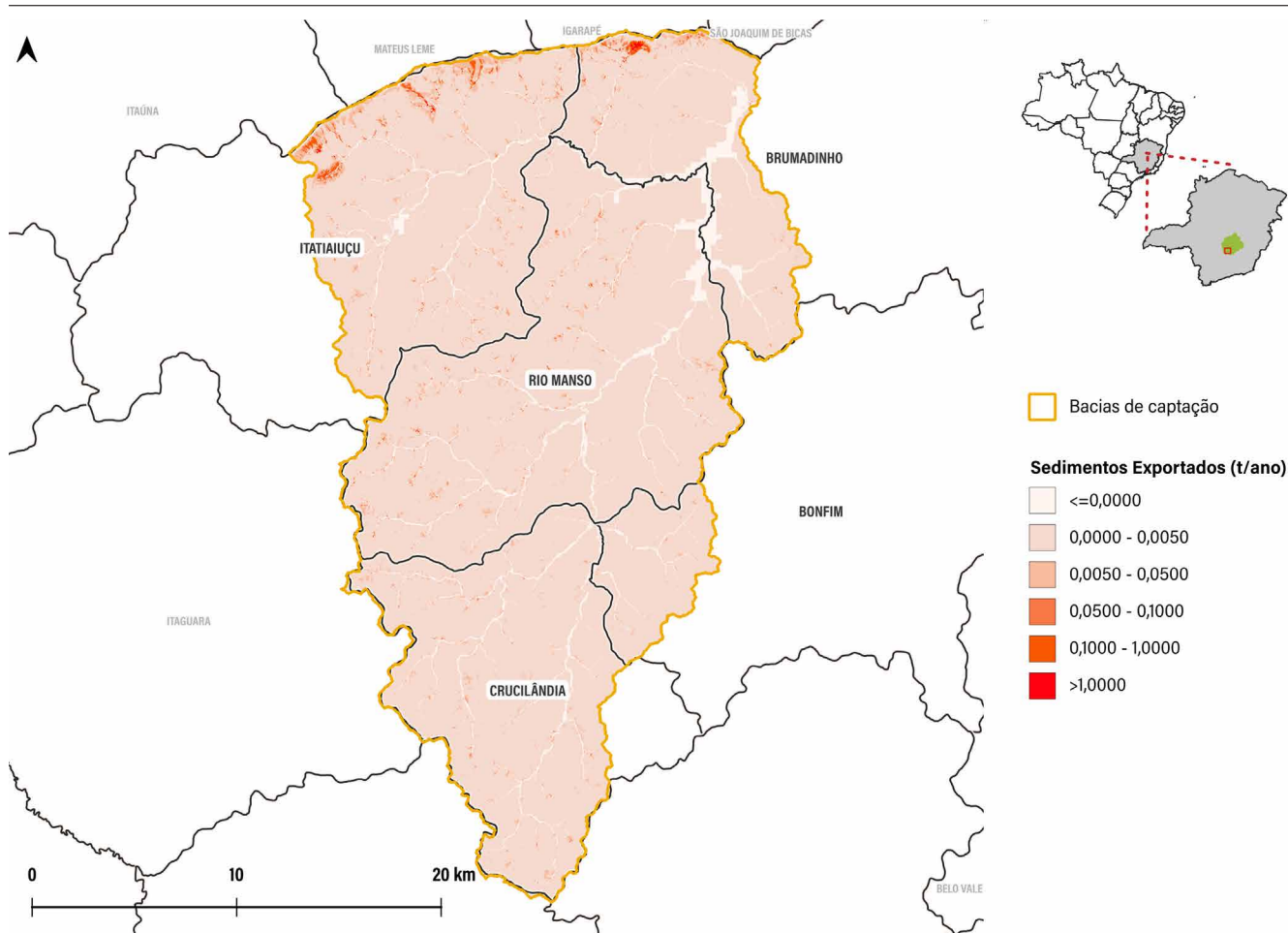
Todos esses fatores contribuem para aumentar a degradação dos solos e consequente produção de sedimentos que, por sua vez, redundam em aumento da turbidez. De fato, a turbidez média diária medida pela Copasa MG, entre janeiro de 2012 e junho de 2022, no principal ponto de captação para abastecimento no Alto Rio das Velhas foi de  $160 \pm 377$  UNT (N=12.149). Já a turbidez no Rio Manso, no mesmo período (embora com menos medições disponíveis), apresentou média diária de  $24 \pm 61$  UNT, com 4% das medições acima de 100 UNT (N=3.827)<sup>9</sup>.

**FIGURA 8 |** Estimativa de sedimentos exportados na bacia de contribuição do Alto Rio das Velhas, em toneladas/ano em cada pixel



Fonte: Elaborado pelos autores.

**FIGURA 9 |** Estimativa de sedimentos exportados na bacia de contribuição do Rio Manso, em toneladas/ano em cada pixel



Fonte: Elaborado pelos autores.

Assim, a retenção de sedimentos é dada como o principal serviço ecossistêmico a ser avaliado. A partir disso, foram elencados cenários para conservação e restauração de infraestrutura natural, definidos a partir de situações e usos do solo atuais (cenário referência), sempre com horizontes de projeto de 50 anos.

Além do cenário referência definido para mensuração da quantidade e localização das principais áreas de produção de sedimentos pelo atual uso do solo, outros cinco possíveis cenários foram avaliados em termos de produção de sedimentos, os quais se referem a situações hipotéticas para comparação de possíveis resultados alcançados com a abordagem da infraestrutura natural.





**TABELA 1 | Cenários definidos para mensuração da contribuição da infraestrutura natural na retenção de sedimentos**

CENÁRIO	DESCRIÇÃO	MUDANÇA NA PAISAGEM ATUAL
REF	Cenário referência	Manutenção do atual cenário de uso e ocupação do solo
SUP-VEG	Contribuição atual da vegetação nativa na retenção de sedimentos	Supressão de 135 mil ha de florestas e outras classes de vegetação nativa existentes nas duas bacias
R-APP	Contribuição da recomposição de Áreas de Preservação Permanente (APP) na retenção de sedimentos	Restauração florestal de 1.565 ha de áreas definidas como APP atualmente sem cobertura nativa
R-MIN	Impacto das atividades minerárias na geração de sedimentos nas duas bacias	Restauração florestal de 10.500 ha de áreas atualmente destinadas à mineração
R-PASTO	Contribuição da restauração de pastagens severamente degradadas na diminuição de sedimentos gerados nas duas bacias	Restauração florestal de 900 ha de pastagens degradadas – 500 ha na Bacia do Alto Rio das Velhas e 400 ha na Bacia do Rio Manso
R-SAF	Contribuição da restauração das pastagens degradadas situadas em estabelecimentos rurais com até 1 módulo fiscal <sup>10</sup> e com renda domiciliar per capita abaixo de ½ salário mínimo mensal na diminuição de sedimentos gerados nas duas bacias	Implementação de SAF em 350 ha de pastagens degradadas situadas em minifúndios de baixa renda

Fonte: Elaborado pelos autores.

O cenário **SUP-VEG** (supressão da vegetação nativa) teve como principal objetivo avaliar a contribuição da vegetação nativa na contenção de sedimentos e estimar seu impacto no custo de tratamento da água em casos de drástica alteração na cobertura do solo. Como resultado, esse cenário revela o valor dos serviços ecossistêmicos prestados pela vegetação nativa no controle da turbidez da água, oferecendo valores de referência para políticas locais, como Pagamentos por Serviços Ambientais e programas de compensação ambiental.

O cenário **R-APP** (restauração das Áreas de Preservação Permanente) parte das premissas de que essas áreas existentes no território mitigam expressiva quantidade da sedimentação lançada nas bacias e de que é importante ampliar essa infraestrutura natural, aproveitando as oportunidades geradas pela necessidade de adequação ambiental das propriedades rurais. Como preconizado pela Lei de Proteção da Vegetação Nativa (Brasil, 2012) e regulamentado pela Lei estadual nº 20.922/2013 (Minas Gerais, 2013), a necessidade de recomposição de APP nas bacias de estudo é de 6.304 hectares no Alto Rio das Velhas e 2.455 hectares no Rio Manso. O cenário usa a otimização de custo-benefício para sedimentação, totalizando 1.565 hectares.

Já o cenário **R-MIN** (restauração das áreas de mineração) foi elaborado devido à expressiva presença da atividade mineradora na região e de sua alta participação relativa no lançamento de sedimentos na paisagem. Atualmente, a Bacia do Alto Rio das Velhas tem uma área de mineração de 8,8 mil hectares responsável pela produção de aproximadamente 75,4 mil toneladas de sedimentos ao ano. Na bacia do Rio Manso, a área de mineração ocupa 1,7 mil hectares com produção de sedimentos estimada em 6,9 mil toneladas ao ano. O objetivo desse cenário é quantificar o impacto da atividade mineradora em termos de incremento à turbidez e o conseqüente encarecimento nos custos de tratamento da água imputados às empresas que atuam com saneamento. O exercício simula a eliminação da atividade para calcular a relação custo-benefício da restauração nas áreas destinadas à mineração nas duas bacias.

Finalmente, os cenários **R-PASTO** e **R-SAF** (restauração de pastagem degradada e restauração com SAF) priorizam a restauração florestal de áreas específicas, definidas como aquelas com maior produção de sedimentos e que, portanto, têm melhor relação custo-efetividade. Por redundar em otimização dos custos e benefícios, o cenário R-PASTO é o mais aderente à implementação da infraestrutura natural orientada para resultados econômicos da atividade de saneamento, especificamente no tratamento de turbidez. Já o cenário R-SAF apresenta outra

abordagem de restauração focada na análise dos custos e benefícios gerados a partir da implementação de SAF como estratégia. Essa abordagem não é a mais eficiente em termos de redução de sedimentos quando comparada à restauração ecológica, a qual é baseada no plantio total de árvores ou na condução da regeneração natural, porém, tem a premissa de geração de renda a partir da infraestrutura natural, agregando benefícios sociais e econômicos para populações de baixa renda.

O cenário referencial e os cinco cenários alternativos foram aplicados para cada uma das duas bacias. As próximas seções discutem os resultados obtidos.

### BOX 2 | Sistemas Agroflorestais (SAF)

Os SAF são sistemas integrados de produção agrícola que combinam árvores e culturas agrícolas de forma sinérgica. Do ponto de vista ecológico, promovem maior diversidade de espécies, o que favorece a ciclagem de nutrientes e a melhoria da qualidade do solo. Além disso, esses sistemas contribuem para a conservação da biodiversidade, proporcionando habitats e corredores ecológicos para a fauna. No aspecto social, podem proporcionar uma fonte sustentável de alimentos, melhorando a segurança alimentar e a renda das famílias rurais, diversificando a fonte de renda. Economicamente, reduzem os riscos de produção e melhoram a resiliência das comunidades rurais diante das crises climáticas.

## BENEFÍCIOS BIOFÍSICOS DAS INTERVENÇÕES: RESULTADOS DOS CENÁRIOS AVALIADOS

Os indicadores utilizados para as análises biofísicas são o volume de sedimentos e os níveis de turbidez e concentração de sólidos nas águas das duas bacias. Os sedimentos são medidos em toneladas e formados pela deposição de partículas orgânicas e inorgânicas nos corpos d'água. A turbidez é medida em unidades nefelométricas de turbidez (UNT) e refere-se à quantidade de partículas em suspensão que afeta a propagação da luz na água. A concentração de sólidos é medida em miligramas por litro (mg/L) e indica a quantidade de material dissolvido na

água, que pode ser composto por carbonatos, bicarbonatos, cloretos, sulfatos, fosfatos, nitratos, cálcio, magnésio, sódio, íons orgânicos e outros íons.

**Cenário REF:** ao ser o estado atual da produção de sedimentos e turbidez da água resultantes da forma de uso e ocupação do solo, aponta que na Bacia do Alto Rio das Velhas a produção de sedimentos é da ordem de 85 mil toneladas/ano, com uma descarga diária média de 140 toneladas de sedimentos carregados para os cursos d'água. Esses valores são bem menores na Bacia do Rio Manso, onde a produção de sedimentos foi estimada em 13,5 mil toneladas/ano, com descarga média diária de 19 toneladas. Nessas condições, a concentração de sólidos totais é 158 mg/L na Bacia do Alto Rio das Velhas e 42 mg/L na Bacia do Rio Manso, com turbidez de 131 UNT e 24,5 UNT, respectivamente (para detalhes das conversões, ver Apêndice A). Os valores de referência são obtidos através do uso do software InVEST e calibrados pelos dados de medição *in loco* de turbidez e concentração de sólidos compartilhados pela Copasa MG, compreendendo o período de 2012 a 2022.

**Cenário SUP-VEG:** as áreas de vegetação nativa no Alto Rio das Velhas que recobrem uma área de 115 mil hectares previnem a descarga de cerca de 21 mil toneladas de sedimentos por ano nos cursos d'água, enquanto que no Rio Manso são evitadas 4,5 mil toneladas por ano. A supressão da vegetação nativa implicaria um aumento da concentração de sólidos na água de cerca de 25% no Alto Rio das Velhas e 40% no Rio Manso, com a elevação da turbidez média de 131 para 160 UNT e de 25 para 37 UNT, respectivamente. A supressão da vegetação nativa traria consequências muito mais amplas do que apenas a piora na qualidade da água, tais como a própria mudança no ciclo hidrológico, perda de biodiversidade, erosão genética, diminuição da resiliência climática etc. Ainda assim, é evidente que a drástica piora na turbidez da água já seria motivação suficiente para reconhecer a vegetação nativa como importante aliada também na manutenção da qualidade da água.

**Cenário R-APP:** conforme sugerido nesse cenário, se os passivos em APP fossem restaurados, seriam esperadas diminuições mínimas dos sedimentos exportados anualmente aos cursos d'água. Em termos de turbidez, os valores praticamente não se alterariam nas duas bacias. Essas reduções mínimas decorrem do fato de que as principais áreas erodidas e que mais exportam sedimentos estão localizadas em encostas e topos de morros, e não em APP hídricas.



**Cenário R-MIN:** nesse cenário, que tem por hipótese a completa substituição da atividade minerária por vegetação nativa, a descarga de sedimentos na Bacia do Alto Rio das Velhas seria reduzida em cerca de 90% (dos atuais 84,2 mil para 8,8 mil toneladas por ano), enquanto na Bacia do Rio Manso, essa descarga cairia para menos de um terço (de 13,5 mil para 4 mil toneladas por ano). Em termos de turbidez, os valores diminuiriam de 131 para 5 UNT na Bacia do Alto Rio das Velhas e de 25 para 5 UNT na Bacia do Rio Manso. Essas reduções refletem o modelo de operação da atividade baseada na movimentação de terra sem controle suficiente para evitar assoreamento dos cursos d'água.

**Cenário R-PASTO:** atualmente há 28.177 hectares de pastagens na Bacia do Rio Manso que, se fossem restaurados, gerariam uma diminuição de cerca de 790 toneladas de sedimentos por ano, enquanto a restauração dos 13.901 hectares de pastagens na Bacia do Alto Rio das Velhas reduziria a descarga de sedimentos anuais em cerca de 281 toneladas. Nesse cenário, simulou-se a restauração das pastagens que mais aportavam sedimentos nas bacias. Assim, a restauração de 500 hectares de pastagens altamente degradadas na Bacia do Rio Manso reduziria a produção de sedimentos em média em 444 toneladas por ano, enquanto a restauração de 400 hectares de pastagens degradadas na Bacia do Alto Rio das Velhas seria reduzida em 198

toneladas por ano. Em termos de turbidez, a diminuição seria de 131 para 129 UNT na Bacia do Alto Rio das Velhas e de 25 para 24 UNT na Bacia do Rio Manso.

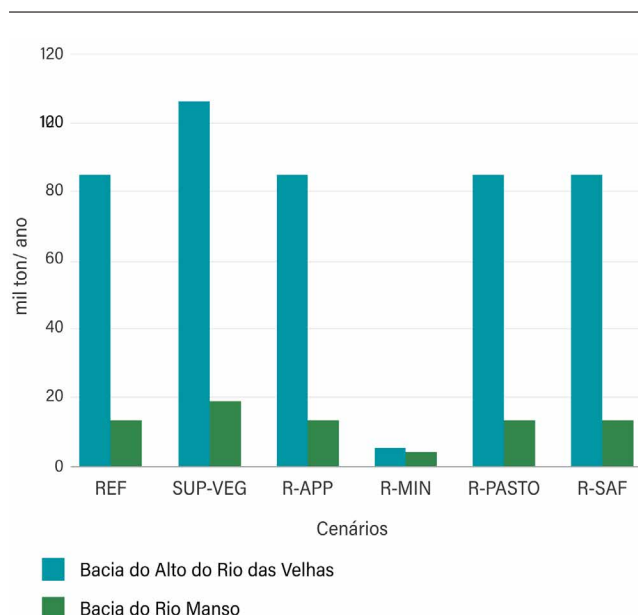
**Cenário R-SAF:** os estabelecimentos rurais com menos de 1 módulo fiscal e renda mensal abaixo de ½ salário mínimo detêm 1.580 hectares de pastagens altamente degradadas na Bacia do Rio Manso, que exportam cerca de 51 toneladas de sedimentos para os cursos d'água anualmente, enquanto na Bacia do Alto Rio das Velhas esses minifúndios possuem 297 hectares de pastagens degradadas que exportam anualmente cerca de 10 toneladas. Se pelo menos em 300 hectares dessas pastagens na bacia do Rio Manso e em 50 hectares na Bacia do Alto Rio das Velhas – valores que maximizam a relação custo-benefício da infraestrutura natural – fossem implementados SAF de culturas permanentes, seria de se esperar uma redução média de 25 toneladas de sedimentos ao ano na Bacia do Rio Manso e de 7 toneladas ao ano na Bacia do Alto Rio das Velhas. Tal resultado não altera significativamente a turbidez da água no ponto de captação, mas agrega outros impactos positivos relativos a incremento de renda, além de uma redução significativa nos custos de tratamento de água que porventura podem ser revertidos em ações para implementação dos arranjos sugeridos.

**TABELA 2 | Resultados biofísicos dos cenários nas duas bacias hidrográficas**

		Sedimentos totais exportados (mil ton/ano)	Sólidos suspensos totais na captação (mg/l)	Turbidez na captação (UNT)
Bacia do Alto Rio das Velhas	REF	84,7	158	131
	SUP-VEG	106,5	196	160
	R-APP	84,6	157	131
	R-MIN	5,3	12	5
	R-PASTO	84,3	155	129
	R-SAF	84,7	158	131
Bacia do Rio Manso	REF	13,5	42	24,5
	SUP-VEG	19,0	60	37,6
	R-APP	13,1	41	24,4
	R-MIN	4,0	11	6,7
	R-PASTO	12,7	40	24,2
	R-SAF	13,4	41	24,3

Fonte: Elaborado pelos autores.

**GRÁFICO 3 |** Estimativa do volume total de sedimentos exportados em cada cenário, nas duas bacias hidrográficas



Fonte: Elaborado pelos autores.

## BENEFÍCIOS ECONÔMICOS DA INFRAESTRUTURA NATURAL PARA A QUALIDADE DA ÁGUA

Os benefícios econômicos da infraestrutura natural para a qualidade da água são valorados a partir da estimativa de redução no uso de produtos químicos para tratamento da turbidez, sendo, portanto, monetizados como poupadores de custo e não geradores de receita. Utilizando dados fornecidos pela Copasa MG para ambas as bacias, em séries históricas dos últimos 125 meses (de janeiro de 2012 a maio de 2022), estimou-se que na Bacia do Alto Rio das Velhas, onde o coagulante utilizado é o sulfato férrico por ser mais eficiente no tratamento de água com altos teores de metal, o custo de tratamento atual é estimado em de R\$ 0,107 por metro cúbico. Já na Bacia do Rio Manso, onde o coagulante utilizado é o sulfato de alumínio, o custo atual é da ordem de R\$ 0,103 por metro cúbico de água tratada. Considerando os volumes de água tratada de 7,1 m<sup>3</sup>/s na Bacia do Alto Rio das Velhas e 5,3 m<sup>3</sup>/s na Bacia do Rio Manso, os gastos anuais correntes com produtos químicos são de aproximadamente R\$ 24 milhões e R\$ 17 milhões, respectivamente. Foram analisados os impactos financeiros de cada cenário proposto em relação a esses custos correntes.

**TABELA 3 |** Custos anuais do tratamento de turbidez (milhões de R\$)

Bacia	Volume de água tratada (milhões m <sup>3</sup> )	Produtos químicos para tratamento de turbidez	Extração de sólidos saturados (lodo e resíduos)	Reposição de material filtrante	Depreciação de equipamentos	Total
Alto Rio das Velhas	223,91	2,40	11,17	0,09	5,77	19,43
Rio Manso	167,14	1,72	3,03	0,07	3,97	8,79

Fonte: Elaborado pelos autores.





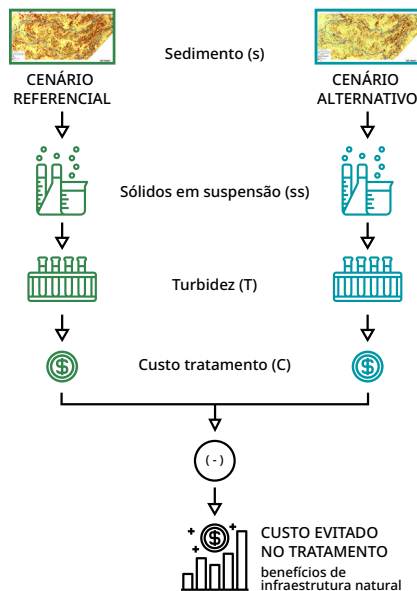
### BOX 3 | Etapas de mensuração dos benefícios econômicos da infraestrutura natural para água

Os benefícios econômicos da infraestrutura natural são calculados por meio da análise de um cenário de referência, que envolve a avaliação dos sedimentos carregados para os cursos d'água e os custos associados ao tratamento da água. Para os cenários hipotéticos propostos no estudo, são estimados novos valores relacionados aos sedimentos gerados em cada simulação, utilizando-se funções de conversão detalhadas no Apêndice A.

Em seguida, os valores obtidos para os sólidos em suspensão são convertidos em termos de turbidez com base em dados de campo, fornecidos pela Copasa MG e ajustados matematicamente.

O custo evitado com o tratamento de água em cada cenário proposto é o resultado entre o custo atual e os custos dos novos cenários, multiplicado pelo volume de água tratada.

FIGURA B1 | Representação visual das etapas da análise dos benefícios econômicos da infraestrutura natural



Fonte: Elaborado pelos autores.

**Cenário SUP-VEG:** se a cobertura vegetal nativa fosse integralmente substituída por pastagens degradadas – extração hipotética para estimar o custo de oportunidade do serviço de retenção de sedimentos prestados pela infraestrutura natural existente –, os custos médios para tratamento de água na Bacia do Alto Rio das Velhas se elevariam de R\$ 0,107 para R\$ 0,11 por metro cúbico e o novo nível de turbidez médio passaria de 131 para 160 UNT. Considerando o volume de água tratada na bacia (à taxa de vazão de 7,1 m<sup>3</sup>/s), a economia anual gerada pela manutenção da floresta seria de R\$ 670 mil em produtos químicos e outros R\$ 480 mil em economia na extração de sólidos saturados. Somando-se a depreciação evitada de equipamentos (ver Apêndice B para detalhes) e a economia no uso de produtos filtrantes, os benefícios totais da infraestrutura natural existente são estimados em R\$ 2,5 milhões ao ano. Na Bacia do Rio Manso, sem a cobertura natural, o custo de tratamento de água se elevaria em cerca de 5%, de R\$ 0,103 para R\$ 0,108 por metro cúbico de água tratada, o que representa um custo adicional de cerca de R\$ 831 mil ao ano em produtos químicos. Nesse sistema, não há disposição de sólidos saturados, mas, ainda assim, considerando os demais custos evitados com

material filtrante e depreciação evitada de equipamentos, o total dos benefícios da conservação da vegetação nativa é da ordem de R\$ 1,6 milhão ao ano.

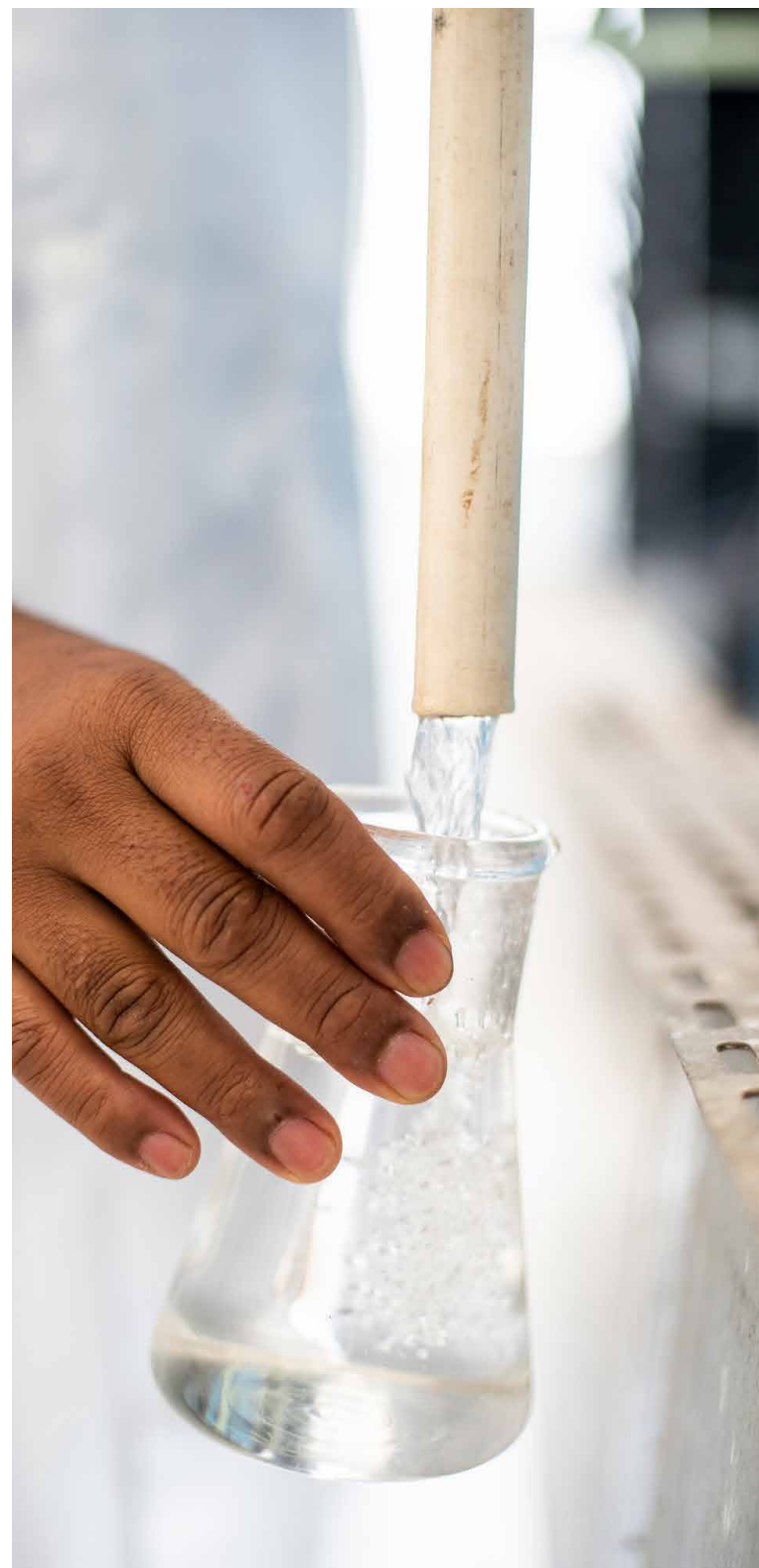
**Cenário R-APP:** na hipótese de expansão da infraestrutura natural através unicamente da restauração de APP, o custo de tratamento de água na Bacia do Alto Rio das Velhas declinaria R\$ 0,10 a cada mil metros cúbico de água tratada, enquanto na Bacia do Rio Manso a economia seria de 0,04 a cada mil metros cúbicos de água tratada. É importante destacar que, na Bacia do Rio Manso, haveria maior eficiência em termos de custo devido à relação entre a variação de custo e a turbidez, que corresponde à faixa mais sensível no tratamento da água. Isso difere do que ocorre na Bacia do Alto Rio das Velhas, onde essa relação não é tão acentuada. Em outras palavras, as curvas de custo são mais sensíveis quando a turbidez referencial já é baixa, de modo que o decréscimo de 24 para 21 UNT na Bacia do Rio Manso geraria mais economia por unidade de água tratada do que a queda de 160 para 153 UNT na Bacia do Alto Rio das Velhas. Ao fim, a economia total ao ano – ponderados os diferentes volumes de água tratada e as respectivas curvas de custo – seria de R\$ 987 mil na Bacia do Rio Manso e de R\$ 917 mil na Bacia do Alto Rio das Velhas.

**Cenário R-MIN:** as externalidades da mineração pela perspectiva dos custos evitados em tratamento de turbidez, caso a atividade minerária cessasse e as áreas fossem restauradas, foram estimadas em R\$ 20 milhões ao ano na Bacia do Alto Rio das Velhas e R\$ 18,5 milhões ao ano na Bacia do Rio Manso. Esses valores são estimados pela drástica queda da turbidez da água em ambas as bacias para médias próximas de 5 UNT, o que representaria uma redução de 44% do custo atual com o tratamento de água na Bacia do Alto Rio das Velhas e 40% na Bacia do Rio Manso, indicando como a atividade minerária afeta diretamente os sistemas de abastecimento hídrico, valores raramente dimensionados.

**Cenário R-PASTO:** o custo total na restauração florestal de 500 hectares em pastagens altamente degradadas na Bacia do Rio Manso, considerando a restauração através da condução da regeneração natural e o plantio total de espécies nativas em uma proporção de 90% e 10%, respectivamente, seria de cerca de R\$ 6,7 milhões, dos quais R\$ 4 milhões em investimentos e R\$ 2,7 milhões em custos de manutenção, incidentes por 3 anos após a implantação. Os benefícios líquidos gerados seriam de aproximadamente R\$ 37,63 milhões, dos quais R\$ 31,8 milhões em custos evitados com produtos químicos, R\$ 5 milhões em custos poupados em extração de saturados e R\$ 7 milhões em depreciação evitada de equipamentos (ver Apêndice B para detalhes metodológicos). Considerando um projeto de 50 anos e taxa de desconto de 4,3% ao ano<sup>11</sup> (Moore, Baordman e Vining, 2020), o VPL seria de R\$ 8,2 milhões, com taxa interna de retorno (TIR) de 9,3% e *payback* (prazo para obtenção do retorno) de 18,7 anos (Tabela 4).

Para a Bacia do Alto Rio das Velhas, em que os níveis de sedimentação são extremamente elevados, especialmente em função das atividades minerárias, a restauração que otimiza os benefícios sobre custos seria de 400 hectares. Considerando as mesmas técnicas de restauração, a implantação dessa infraestrutura natural custaria R\$ 3,2 milhões em investimentos e R\$ 2,2 milhões em manutenção, somando R\$ 5,4 milhões e resultando em benefícios de 15 milhões, dos quais R\$ 2,5 milhões em economia de produtos químicos, R\$ 7,4 milhões em custos evitados com extração de saturados e R\$ 3,8 milhões em depreciação evitada de equipamentos. Sob taxa social de desconto de 4,3% ao ano<sup>12</sup> (Moore, Baordman e Vining, 2020), o VPL seria ligeiramente positivo, R\$ 57 mil, com TIR de 4,36% e *payback* em quase 48 anos.

É importante salientar que no caso do Alto Rio das Velhas os benefícios da infraestrutura natural são relativamente baixos quando comparados ao Rio Manso em função de, pelo menos, duas características: (1) a atividade minerária é fonte desproporcionalmente alta de sedimentação, de modo que ganhos gerados pela infraestrutura natural, embora significativos, sejam compensados pela continuidade dessa atividade e (b) a economia no tratamento da água é menos pronunciada quando os níveis de turbidez são elevados, uma vez que a redução dos custos de tratamento da água não é proporcional à redução de turbidez.





**TABELA 4 | Cenário R-PASTO – Custos e benefícios econômico-financeiros para a qualidade da água associados à restauração florestal nas duas bacias em 50 anos (valores em mil R\$)**

	<b>RIO MANSO</b>	<b>ALTO RIO DAS VELHAS</b>	<b>TOTAL</b>
<b>SERVIÇOS PRESTADOS PELA INFRAESTRUTURA NATURAL (Custo evitado no tratamento da água)</b>			
<b>TOTAL</b>	<b>44.334</b>	<b>14.983</b>	<b>59.317</b>
Custos evitados com produtos químicos	31.787	2.508	34.295
Custos evitados com insumos filtrantes	121	195	315
Custos evitados com remoção de sedimentos	5.377	1.002	6.379
Custos evitados com extração de saturados	0	7.436	7.436
Desgastes e depreciação evitada	7.050	3.843	10.893
<b>CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO, MANUTENÇÃO E MANEJO DA INFRAESTRUTURA NATURAL</b>			
<b>CUSTO TOTAL</b>	<b>6.699</b>	<b>5.359</b>	<b>12.058</b>
Investimentos no plantio	3.999	3.199	7.198
Custos operacionais de manutenção	2.700	2.160	4.860
<b>BENEFÍCIOS LÍQUIDOS</b>			
<b>TOTAL</b>	<b>37.635</b>	<b>9.624</b>	<b>47.259</b>
<b>DESEMPENHO FINANCEIRO (TMA = 4.3% a.a.)</b>			
VPL (R\$)	8.184	57	8.241
TIR (%)	9,28	4,36	7,36
Payback (anos)	18,7	47,9	19,0

Fonte: Elaborado pelos autores.

**Cenário R-SAF:** os custos de implantação de 300 hectares de SAF em pastagens degradadas de minifúndios de baixa renda na Bacia do Rio Manso foram estimados em cerca de R\$ 11 milhões, dos quais R\$ 6,7 milhões em implantação e R\$ 4,3 milhões em manutenção. Em decorrência da menor descarga de sedimentos se comparada às pastagens degradadas existentes, a contribuição dos SAF para os custos com tratamento de água seria da ordem de R\$ 3,2 milhões, dos quais R\$ 2,3 milhões em produtos químicos e R\$ 925 mil nos custos evitados em extração de saturados e depreciação. Considerando que os SAF podem gerar lucro líquido anual de R\$ 3,7 mil/ha – como estimado

para os SAF no estado de Minas Gerais para este relatório (ver apêndice B para detalhes) – e, ainda, que tal lucro só se observa a partir do décimo ano após sua implantação, os benefícios gerados aos proprietários rurais seriam da ordem de R\$ 30,4 milhões ao longo do horizonte do projeto. Nessas circunstâncias, o VPL seria de R\$ 665 mil a taxas sociais de desconto de 4,3% ao ano e incluídos os benefícios gerados para a qualidade da água. Já na Bacia do Alto Rio das Velhas, o custo dos 50 hectares de SAF seriam em torno de R\$ 1,8 milhões, com benefícios de R\$ 74 mil na qualidade da água e R\$ 5 milhões de renda para os produtores, como VPL de R\$ 35 mil.

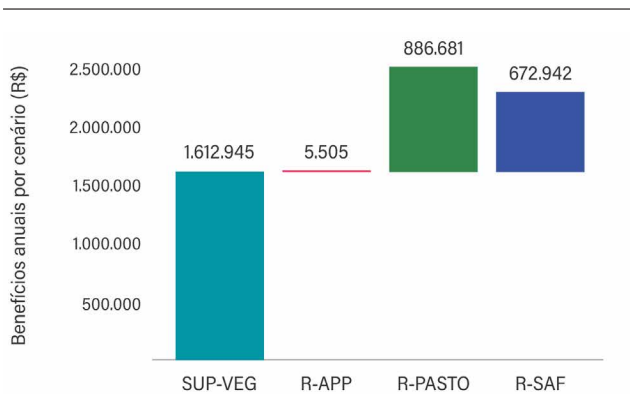
**TABELA 5 |** Cenário R-SAF – Custos e benefícios econômico-financeiros para a qualidade da água associados à restauração florestal nas duas bacias em 50 anos (valores em mil R\$)

	<b>RIO MANSO</b>	<b>ALTO RIO DAS VELHAS</b>	<b>TOTAL</b>
<b>BENEFÍCIOS TOTAIS DA INFRAESTRUTURA NATURAL (Bens e Serviços)</b>			
<b>TOTAL</b>	<b>33.647</b>	<b>5.142</b>	<b>38.789</b>
<b>SERVIÇOS PRESTADOS PELA INFRAESTRUTURA NATURAL (Custos evitados no tratamento de água)</b>			
<b>TOTAL</b>	<b>3.242</b>	<b>74</b>	<b>3.316</b>
Custos evitados com produtos químicos	2.317	19	2.336
Custos evitados com insumos filtrantes	-	1	1
Custos evitados com remoção de sedimentos	0	8	8
Custos evitados com remoção de lodo	400	19	419
Desgastes e depreciação evitada	525	27	552
<b>BENS PRODUZIDOS PELA INFRAESTRUTURA NATURAL</b>			
<b>Lucro líquido</b>	<b>30.405</b>	<b>5.068</b>	<b>35.473</b>
<b>CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO, MANUTENÇÃO E MANEJO DA INFRAESTRUTURA NATURAL</b>			
<b>TOTAL</b>	<b>11.021</b>	<b>837</b>	<b>11.858</b>
Investimentos no plantio	6.715	119	6.834
Custos operacionais de manutenção	4.306	718	5.024
<b>BENEFÍCIOS LÍQUIDOS</b>			
<b>TOTAL</b>	<b>22.626</b>	<b>4.305</b>	<b>26.931</b>
<b>DESEMPENHO FINANCEIRO (TMA =4,3%a.a.)</b>			
VPL (R\$)	655	35	690
TIR (%)	4,82	4,51	4,81
Payback (anos)	43,3	47,1	44,1

Fonte: Elaborado pelos autores.

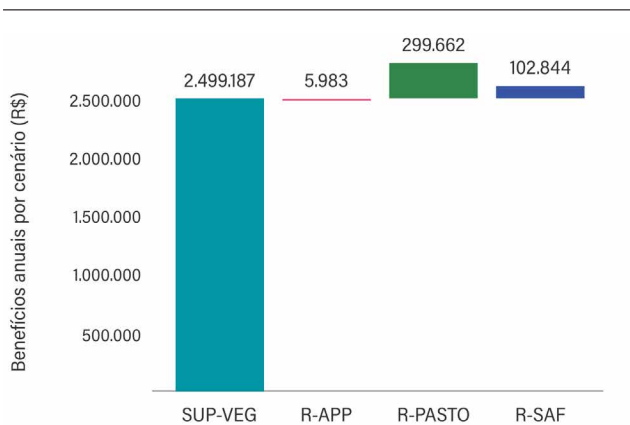


**GRÁFICO 4 |** Benefícios anuais da vegetação nativa (SUP-VEG) e da restauração (R-APP, R-PASTO e R-SAF) na Bacia do Rio Manso (em R\$/ano)



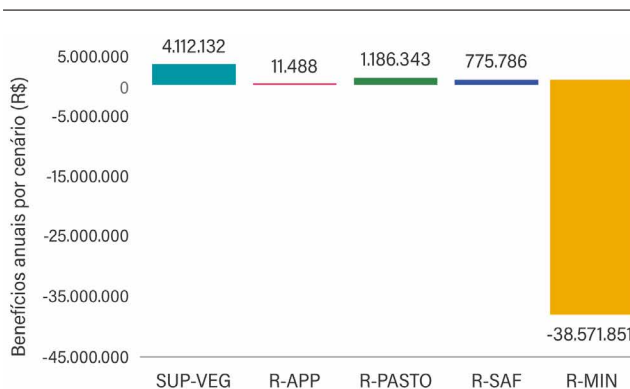
Fonte: Elaborado pelos autores.

**GRÁFICO 5 |** Benefícios anuais da vegetação nativa (SUP-VEG) e da restauração (R-APP, R-PASTO e R-SAF) na Bacia do Rio das Velhas (em R\$/ano)



Fonte: Elaborado pelos autores.

**GRÁFICO 6 |** Custos anuais da mineração (R-MIN) e benefícios anuais da vegetação nativa (SUP-VEG) e da restauração (R-APP, R-PASTO e R-SAF) nas bacias do Alto Rio das Velhas e do Rio Manso (em R\$/ano)



Fonte: Elaborado pelos autores.

As contribuições do método GGA/WRI na avaliação dos impactos da infraestrutura natural dependem da escala e de seus objetivos. Os cenários SUP-VEG e R-MIN permitem avaliar, respectivamente, o valor dos serviços ecossistêmicos prestados pela vegetação natural existente nas paisagens de estudo e as externalidades da atividade minerária nessas mesmas paisagens, em relação à qualidade da água medida pela turbidez e aos custos associados de tratamento. Já o cenário R-APP evidencia benefícios associados ao cumprimento da legislação, especificamente a Lei de Proteção da Vegetação Nativa (Brasil, 2012), com frequência negligenciada pelos produtores rurais por considerá-la onerosa para a propriedade.

**Dimensionar o papel da vegetação nativa é importante para balizar objetivamente a formulação de políticas e recomendações para planejamentos de desenvolvimento territorial sob a ótica de recursos hídricos, oferecendo inclusive valores de referências para programas de pagamento por serviços ambientais. De forma complementar, a avaliação do impacto da mineração sobre os custos de tratamento de água pode apoiar a formulação de regras, condicionantes e medidas compensatórias e mitigatórias a fim de promover uma gestão compartilhada de uso da água, seus custos e benefícios.**

Sabe-se que o setor de mineração é responsável por significativa parcela do PIB regional e que a restauração florestal das cavas, pilhas de rejeitos e outras infraestruturas associadas a essa atividade econômica não é aplicável em situações de extremo esgotamento dos solos ocasionado pela mineração. Ainda que ações de recuperação de áreas degradadas sejam adicionadas aos esforços de restauração, elas só ocorrerão após o esgotamento econômico dessas áreas. Desse modo, o cenário não propõe a substituição imediata das áreas de mineração por florestas, mas procura mensurar as externalidades correntes da atividade sobre o saneamento.

Mesma lógica se aplica ao cenário R-PASTO, que dimensiona o impacto das pastagens degradadas. Ao simular a conversão de todas as pastagens em florestas, pode-se estimar as externalidades geradas por elas e alertar o problema a produtores rurais e gestores hídricos a fim de estimular a adoção de boas práticas que possam, de uma só vez, diminuir as perdas do produtor (minimizando perda de solo, por exemplo) e melhorar a qualidade da água de todos os usuários. A restauração de todo esse passivo por um único programa seria inviável, uma vez que requer alto investimento e mobilização de diversos setores, incluindo a formulação de políticas de incentivos financeiros e assistência técnica, que atualmente são os principais gargalos na agenda da restauração. Porém, a análise na perspectiva de custos evitados com tratamento de água demonstra que a

restauração de 266 hectares de pastagem degradada já traria benefícios econômicos. O planejamento da restauração, na medida do possível, deve considerar o mapeamento dessas áreas para investimentos em restauração, a partir do qual devem-se ampliar as ações nos médio e longo prazos.

Finalmente, o cenário R-SAF ajuda a compreender de que maneira ações específicas e direcionadas a públicos-alvo, a exemplo de minifúndios de baixa renda, pode promover benefícios difusos, como melhoria na qualidade da água, ao mesmo tempo em que melhora a renda de produtores rurais mais pobres. Garantir a comercialização de produtos gerados pela restauração, bem como garantir assistência técnica, são aspectos fundamentais para que os benefícios desse cenário possam ser ampliados.











### CAPÍTULO 3

---

# A implementação da infraestrutura natural para água

Este capítulo mostra os locais onde a restauração pode contribuir na implementação de planos e programas locais de desenvolvimento territorial, para além de benefícios biofísicos. Considera ainda como a restauração pode diminuir aspectos de vulnerabilidade social ao priorizar a restauração com sistemas produtivos.

OPASA MG



Neste capítulo são apresentadas as áreas prioritárias para restauração considerando as pastagens altamente degradadas nas duas bacias por meio dos cenários R-PASTO e R-SAF, os quais podem contribuir significativamente na diminuição de sedimentos gerados e promover a geração de renda quando escolhidas as áreas de minifúndios de baixa renda.

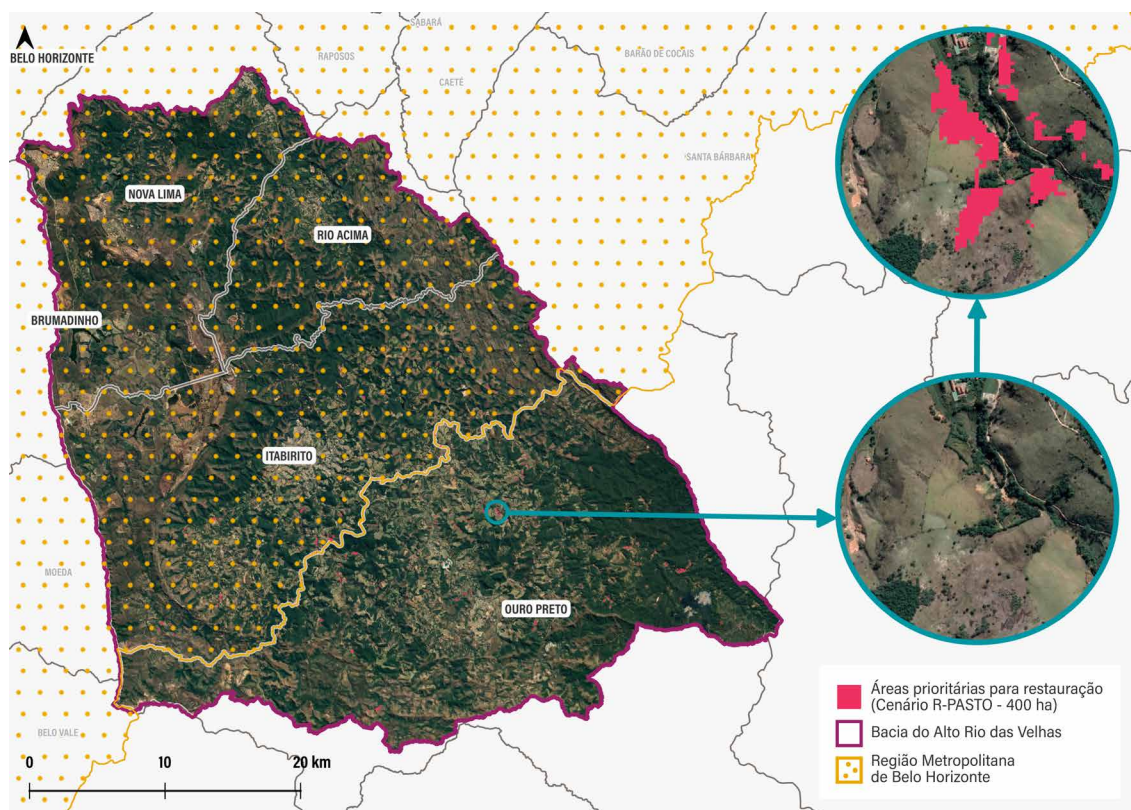
As áreas identificadas no cenário R-PASTO foram classificadas considerando os locais de maior geração de sedimentos. Para o cenário R-SAF, as pastagens degradadas foram sobrepostas à camada de minifúndio de baixa renda (metodologia descrita no Capítulo 1).

Nas duas bacias, as áreas de pastagens degradadas se concentram na porção sul, principalmente nos municípios de Itabirito e Ouro Preto, na Bacia do Alto Rio das Velhas, e nos municípios de Rio Manso e Crucilândia, na Bacia do Rio Manso. São também nesses municípios que se concentram os minifúndios e os setores censitários de menor renda na região e boa parte das ações de restauração desenvolvidas no território.



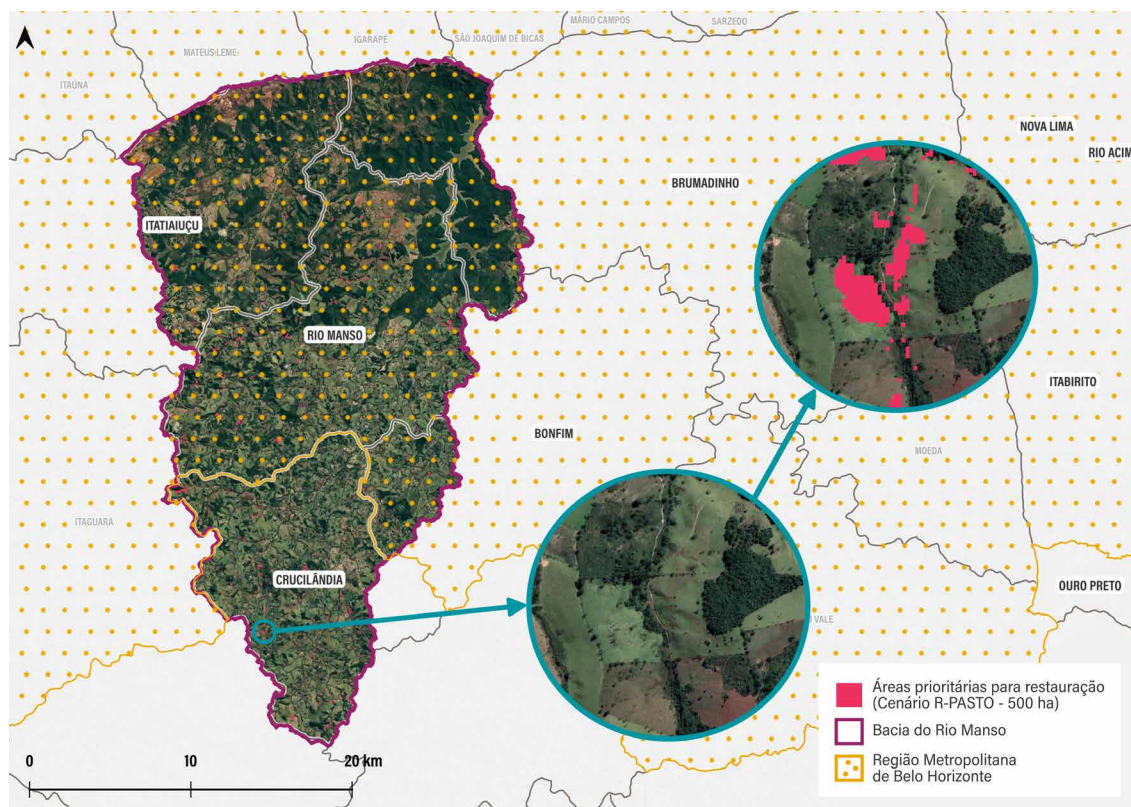


**FIGURA 10 |** Detalhamento de uma área prioritária identificada para o cenário R-PASTO na Bacia do Alto Rio das Velhas



Fonte: Elaborado pelos autores.

**FIGURA 11 |** Detalhamento de uma área prioritária identificada para o cenário R-PASTO na Bacia do Rio Manso



Fonte: Elaborado pelos autores.

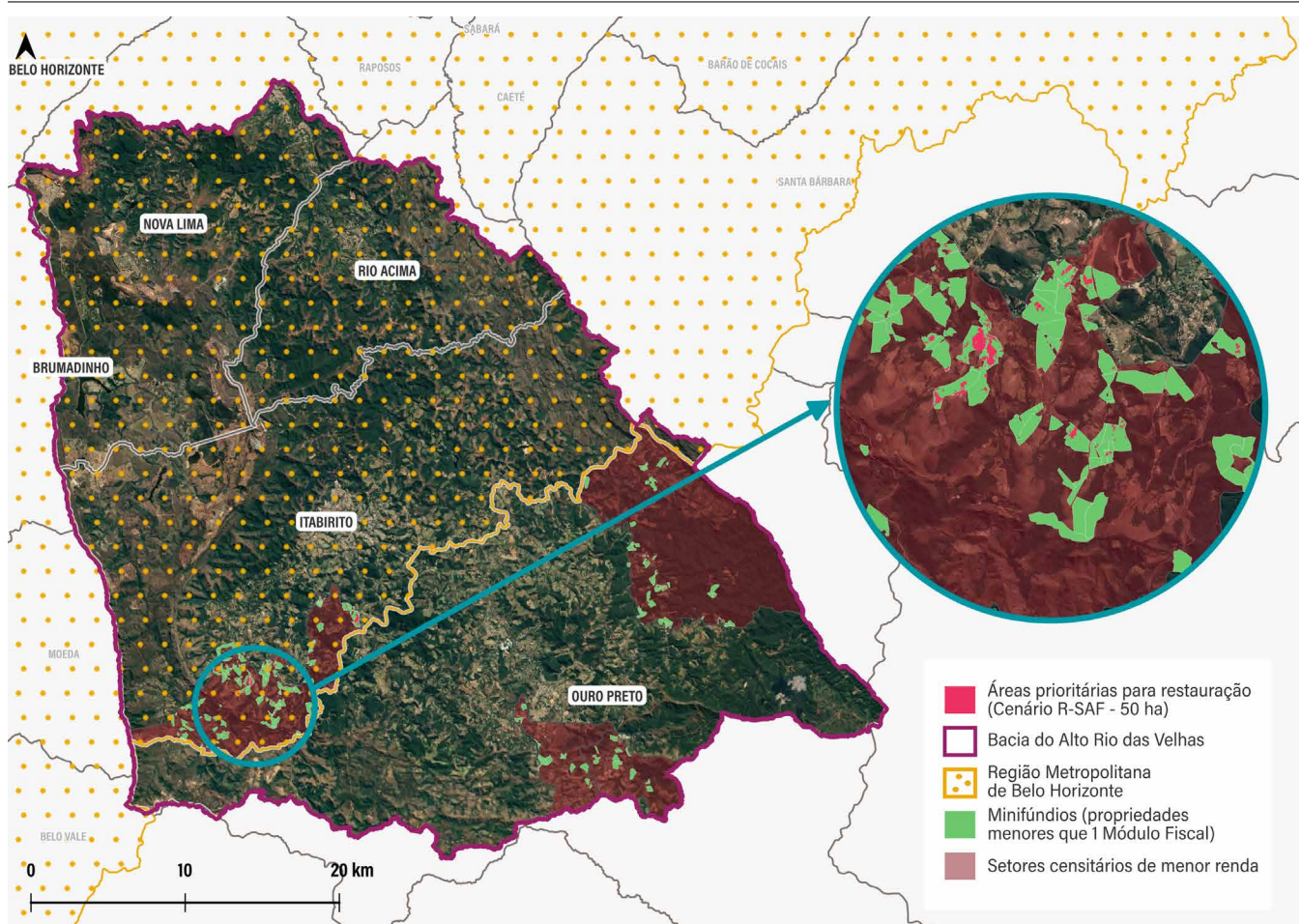


## SISTEMAS AGROFLORESTAIS COMO INFRAESTRUTURA NATURAL

Os minifúndios de baixa renda totalizam 295 propriedades nas duas bacias, somando uma área de 3.790 hectares, dos quais 350 hectares foram identificados como áreas prioritárias para restauração (cenário R-SAF). São áreas que atualmente não apresentam vegetação nativa e possuem baixa produtividade. Dessas propriedades, 241 estão localizadas na Bacia do Rio Manso, e 54 na Bacia do Alto Rio das Velhas (Figuras 12 e 13).

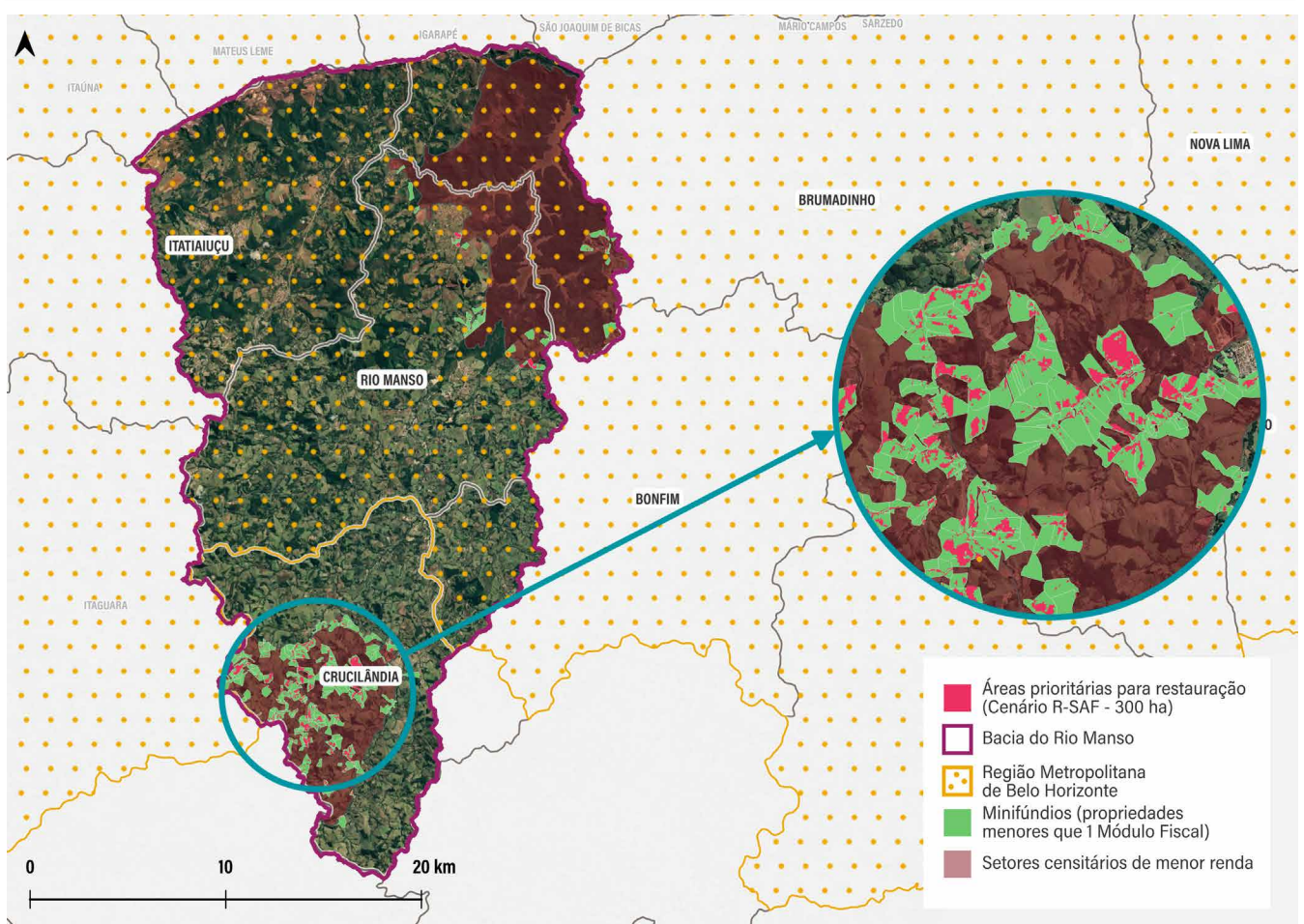
Ao identificar áreas para implementação da infraestrutura natural em minifúndios de baixa renda, espera-se agregar benefícios não mensurados pelas análises tradicionais. A contribuição dessas áreas para a qualidade hídrica vai além dos custos evitados com tratamento de água, uma vez que a agricultura conduzida em minifúndios é responsável pelo abastecimento de boa parte da RMBH. Estima-se que a agricultura familiar praticada nessas propriedades é responsável pela produção de 59 tipos de produtos agrícolas e 800 mil toneladas de alimentos (Almeida et al., 2022). Os SAF, como modelo de restauração, desempenham um papel crucial na promoção de práticas agrícolas que visam a agrobiodiversidade, a restauração de paisagens e florestas e a manutenção hídrica, conectada à valorização da cultura local e à busca por relações sociais mais justas. Além disso, esses sistemas agregam diversidade e proporcionam benefícios ecológicos, sociais e econômicos, fortalecendo ainda mais o cenário de restauração.

**FIGURA 12 |** Detalhamento de uma área prioritária identificada para o cenário R-SAF na Bacia do Alto Rio das Velhas



Fonte: Elaborado pelos autores.

**FIGURA 13 |** Detalhamento de uma área prioritária identificada para o cenário R-SAF na Bacia do Rio Manso



Fonte: Elaborado pelos autores.

Os SAF são modelos ideais de sustentabilidade e dentre seus diversos benefícios, destacam-se a diversidade vegetal por unidade de área, a elevada produção de biomassa para o solo e a eficiência na ciclagem de nutrientes, o que constitui um sistema autossuficiente na medida em que reproduz a dinâmica natural de florestas nativas (Padovan, 2014; Araujo et al., 2022).

O Censo Agropecuário (IBGE, 2017b) aponta uma área de 191 hectares destinados a SAF e também outros 1.013 hectares de pastagens plantadas em más condições. Embora tais dados indiquem que os SAF já estejam na RMBH, ainda são incipientes no território. Por outro lado, há grandes extensões de baixa produtividade que podem ser potencializadas com práticas sustentáveis.

Considerar a ampliação de SAF atrelada à melhoria da qualidade hídrica é uma estratégia para gerar maior aderência de parte da população residente nas áreas prioritárias das bacias, que muitas vezes não é diretamente beneficiada pelos programas de restauração. O recorte proposto amplia a abordagem da restauração com fins unicamente biofísicos e ecológicos, trazendo a dimensão de aporte de renda e segurança alimentar ao incluir arranjos produtivos à infraestrutura natural.

Para isso é fundamental que haja investimentos e produção de conhecimento, a fim de alimentar uma rede de informações técnicas e de recursos financeiros (ver Capítulo 4).





## PROJETOS E INICIATIVAS DE INFRAESTRUTURA NATURAL NAS BACIAS DO ALTO RIO DAS VELHAS E DO RIO MANSO

Alguns dos cenários propostos para a implementação de infraestrutura natural estão dispostos em regiões onde já são desenvolvidas ações de restauração (Figuras 14 e 15). Essas ações são desempenhadas por diferentes iniciativas que, se organizadas, podem dar escala a seus projetos. Otimizar as ações e direcionar insumos e recursos para locais onde a restauração poderá gerar maiores benefícios em termos de sedimentos evitados pode garantir melhores resultados.

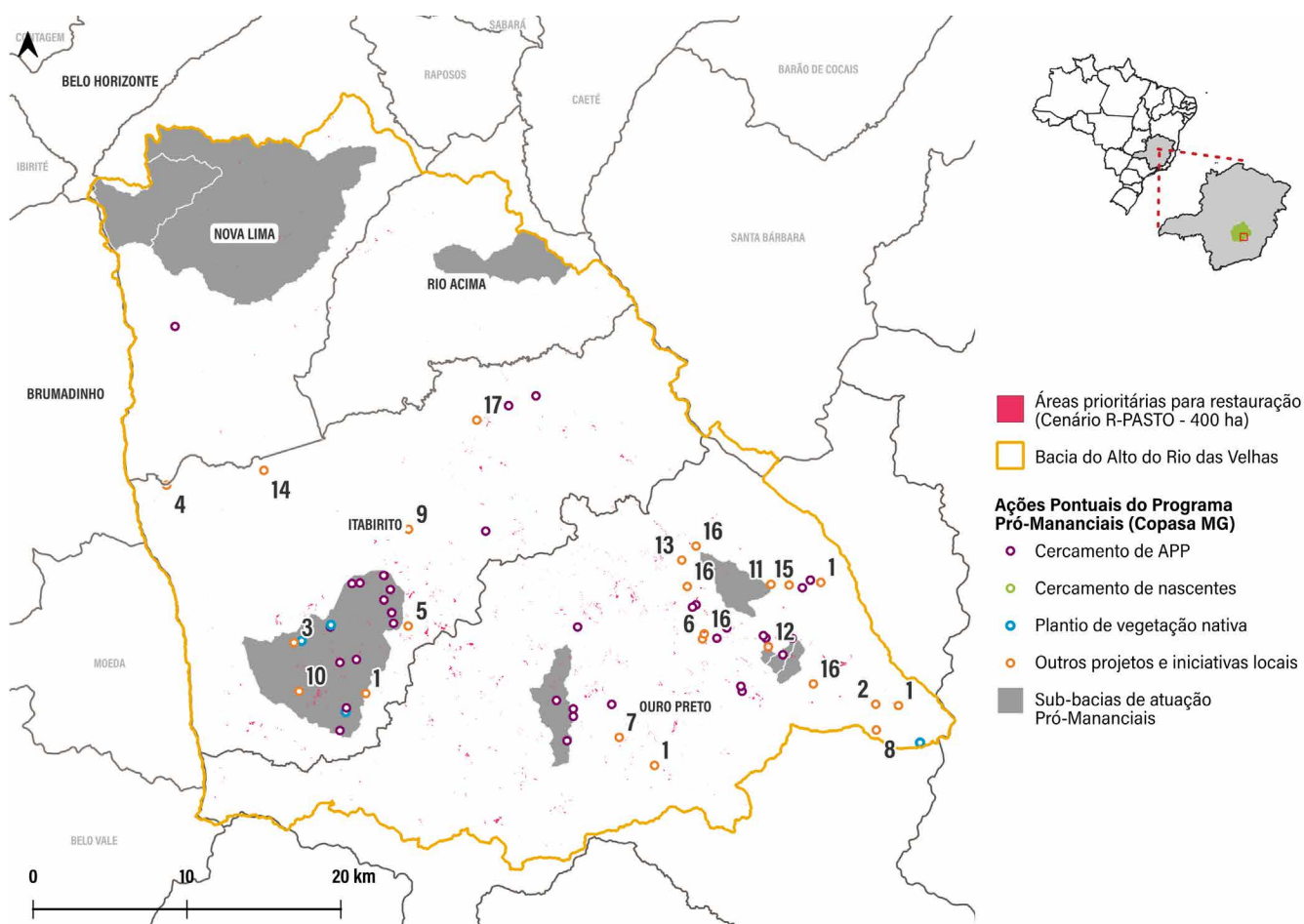
Vale lembrar que o custo associado à implementação das ações de restauração, considerando diferentes modelos (plantio total, regeneração natural assistida e SAF), pode variar entre R\$ 8 mil e R\$ 13 mil por hectare<sup>13</sup>. Com os recursos já prontamente disponíveis para restauração advindos do programa Pró-Mananciais, uma das iniciativas mais proeminentes no território, é possível restaurar entre 72 e 198 hectares ao ano<sup>14</sup>. Considerando os passivos existentes e as áreas prioritárias destacadas para restauração, é fundamental o aporte de recursos de outras fontes para maior impacto em termos de sedimentos evitados e benefícios associados.

Outras iniciativas se distribuem no território aportando recursos e ampliando o alcance das ações de restauração, mas ainda assim, faz-se necessário o direcionamento de esforços para garantir a otimização desses recursos.

De modo geral, o direcionamento dos programas converge às áreas prioritárias identificadas no estudo (Figuras 14 e 15). De todas as ações do programa Pró-Mananciais desenvolvidas nas bacias, 44% se situam em áreas prioritárias considerando o cenário R-PASTO.

Já no cenário R-SAF, que prioriza a restauração através de SAF de 350 hectares de pastagens degradadas em minifúndios de baixa renda nas duas bacias, 85% situam-se em áreas de abrangência do programa Pró-Mananciais.

**FIGURA 14 |** Cenário R-PASTO – Áreas prioritárias para restauração sobrepostas às iniciativas de restauração desenvolvidas na Bacia do Alto Rio das Velhas



Código	Projeto ou Iniciativa
1	CBH Velhas
2	Projeto Escola Vai Ao Parque
3	PSA Itabirito
4	Manuelzão (Água Limpa)
5	PSA Ribeirão Carioca
6	Recuperação de microbacias na APA Cachoeira das Andorinhas
7	Programa Conservação de Bacias (Alto Maracujá)
8	Plano de Manejo do Parque Natural Municipal das Andorinhas
9	Recuperação de APP (Parque Municipal de Itabirito)
10	Projeto Controle da Erosão Ribeirão Carioca/Mata Porcos
11	RPPN – Entorno Floresta Uaimi
12	Projetos Hidroambientais São Bartolomeu
13	Projetos Engenho d'Água e Maciel
14	REURB Água Limpa
15	RPPN Fazenda Nascer
16	Ações de restauração do povo Borum-Kren
17	Fazenda Aurora

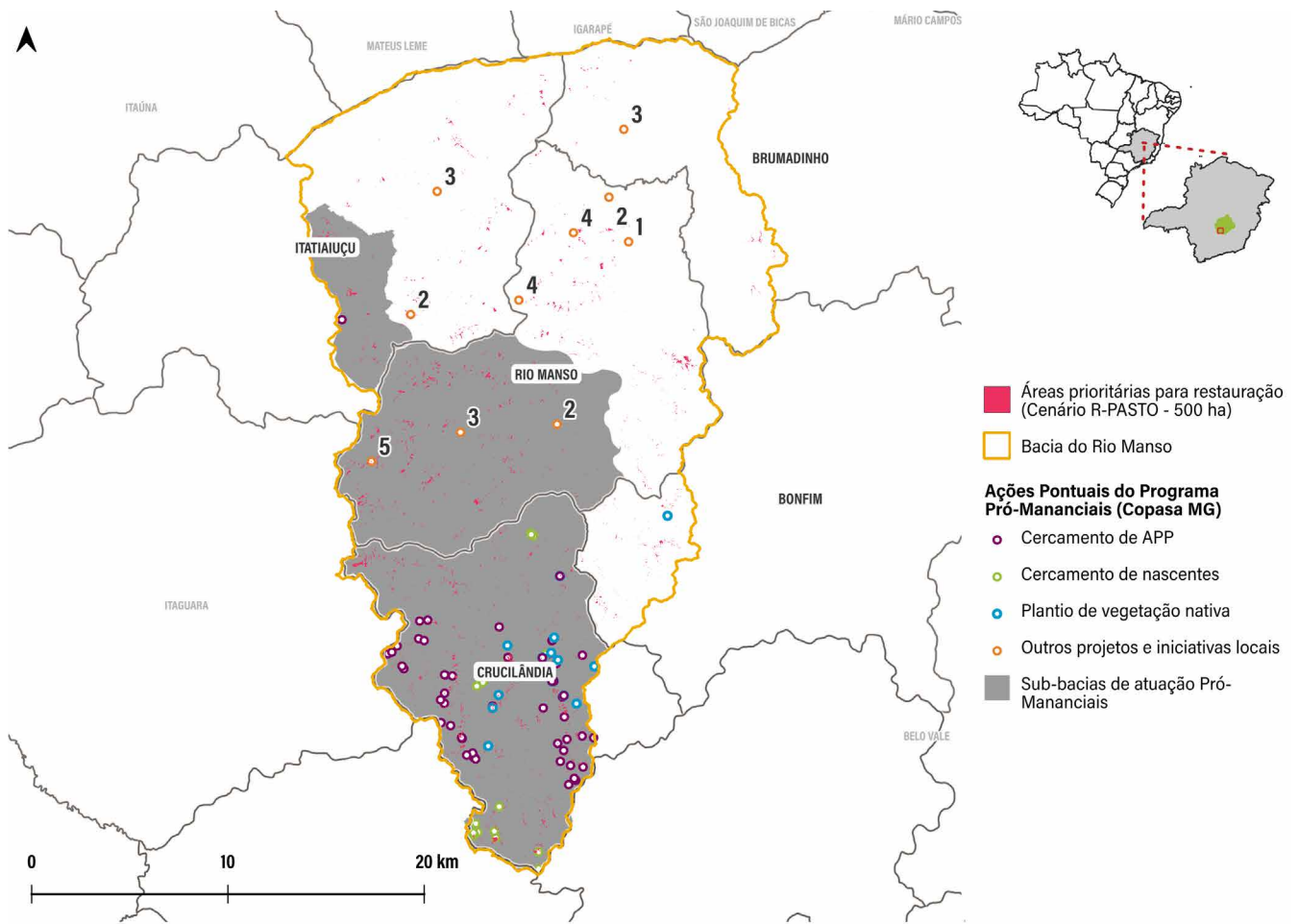
Fonte: Elaborado pelos autores.

#### BOX 4 | Povos originários no território

No município de Ouro Preto, destaca-se a presença do povo originário Borum-Kren, que reivindica demarcação de terra e preservação de sua cultura. Esse povo desempenha atividades de coleta de sementes e plantios de mudas ao longo da margem do Rio das Velhas como resgate da ancestralidade e manutenção de espécies arbóreas importantes para a cultura indígena. Fortalecer iniciativas como essa pode promover a estruturação da cadeia da restauração e garantir a produção de mudas e sementes para ações aliadas a preservação de saberes locais e valorização cultural. A infraestrutura natural nesse contexto extrapola sua condição de gerar benefícios pautados unicamente em fatores econômicos.



**FIGURA 15 |** Cenário R-PASTO – Áreas prioritárias para restauração sobrepostas às iniciativas de restauração desenvolvidas na Bacia do Rio Manso



Código	Projeto ou Iniciativa
1	Áreas de compensação AMB
2	Água Corrente (Fundação Biodiversitas)
3	Brigada de incêndio florestal (parceria entre Amda, ArcelorMittal e Usiminas)
4	Recuperação de APP (parceria entre Amda, ArcelorMittal e Usiminas)
5	Áreas de compensação Usiminas

Fonte: Elaborado pelos autores.

As duas bacias que compõem a área de estudo compreendem nove municípios: Nova Lima, Rio Acima, Itabirito, Ouro Preto, Brumadinho, Itatiaiuçu, Rio Manso, Crucilândia e Bonfim. O principal mecanismo de planejamento territorial dos municípios é o plano diretor, concebido para orientar a ocupação do solo urbano, respeitando interesses coletivos e difusos, como

conservação dos recursos naturais e aspectos culturais. O plano diretor normalmente incide sobre aspectos hídricos e saneamento de forma direta, outras vezes o município possui planos específicos de saneamento. Dos nove municípios que compõem a área estudada, seis possuem planos diretores que preveem diretrizes de segurança hídrica consoantes ao presente estudo.

## BOX 5 | Planos diretores e a segurança hídrica

A segurança hídrica é entendida como um conjunto de ações, normas e atividades que são estruturadas com a finalidade de garantir a disponibilidade qualitativa e quantitativa de água para suprir os diferentes usos e demandas da municipalidade. A exemplo, no Plano Diretor de Brumadinho, são diretrizes da Macrozona de Proteção de Mananciais: "fomentar ações e atividades de conservação do solo e de controle de focos erosivos, visando a melhoria da dinâmica hidrológica; fomentar o uso econômico por sistemas agroecológicos e de menor impacto ambiental; e preservar e fomentar a recuperação dos recursos hídricos no território, em especial os que têm finalidade como mananciais públicos".

As áreas prioritárias para restauração com foco na produção de água a partir do controle de sedimentos é um arranjo que pode contribuir com o município de diferentes formas. Tanto para o gerenciamento mais eficiente do planejamento urbano, garantindo qualidade de água para a população, como para o investimento em ações de restauração a partir de políticas públicas direcionadas para esse fim.

De forma complementar, a Agência RMBH, criada para fins de planejamento, assessoramento, regulação urbana e apoio à execução das funções públicas de interesse comum na RMBH, instituiu, em 2011, o Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado da Região Metropolitana de Belo Horizonte (PDDI-RMBH), que tem entre suas diretrizes

a universalização do acesso aos serviços de saneamento, o aprimoramento da governança das águas na RMBH e a gestão integrada de águas urbanas. Além do plano diretor, o Macrozoneamento da Região Metropolitana de Belo Horizonte é um instrumento orientado pelo PDDI-RMBH (Agência RMBH, 2011) que permite a organização das diversas áreas que são de interesse comum da metrópole e o estabelecimento das diretrizes para o uso e a ocupação dessas áreas. A agência ainda é responsável pelo Plano de Segurança Hídrica da Região Metropolitana de Belo Horizonte (PSH-RMBH) (Profill, 2022), ferramenta de planejamento metropolitano que promove a segurança hídrica e, por consequência, dá sustentabilidade ao desenvolvimento econômico e social da RMBH. O PSH-RMBH define áreas prioritárias com vistas à segurança hídrica da região, hierarquizando-as e estabelecendo a urgência para a implementação das ações por unidade de planejamento e gestão de recursos hídricos. A conclusão do plano está prevista ainda para 2023 e, dessa forma, os resultados e recomendações deste estudo foram compartilhados com a agência a fim de apoiá-la na definição de estratégias alinhadas com as demandas de infraestrutura natural na área de abrangência do plano.

Espera-se que os dados gerados neste estudo e as áreas prioritárias identificadas sejam norteadores para a elaboração de políticas regionais, contribuindo com os processos em curso no território.

TABELA 6 | Áreas prioritárias para restauração nos cenários R-PASTO e R-SAF, por município

MUNICÍPIO	ÁREAS PRIORITÁRIAS - CENÁRIO R-PASTO (HA)	ÁREAS PRIORITÁRIAS- CENÁRIO R-SAF (HA)
<b>Bacia do Alto Rio das Velhas</b>		
Nova Lima	12,9	-
Rio Acima	7,5	-
Itabirito	135,24	45
Ouro Preto	244,48	5
<b>Bacia do Rio Manso</b>		
Brumadinho	9,8	2,5
Itatiaiuçu	72,8	-
Rio Manso	215,3	28,7
Crucilândia	182,5	268,9
Bonfim	19,6	-

Fonte: Elaborado pelos autores.





# A governança na implementação da infraestrutura natural para água

Aspectos relacionados a governança, a exemplo do marco regulatório e dos espaços coletivos de gestão, são essenciais na implementação da infraestrutura natural como solução baseada na natureza para mitigação e adaptação às mudanças climáticas. Este capítulo analisa o marco regulatório existente sobre o tema, as condições locais para a implementação da infraestrutura natural e quem são e de que maneira se conectam os diferentes atores que compõem a paisagem social do território em estudo, identificando fatores-chave de sucesso para implementação da infraestrutura natural e como a governança se estabelece no território.



Identificar os custos da implementação de infraestrutura natural, bem como as áreas prioritárias a serem restauradas para contribuir com a diminuição de sedimentos e consequentemente dos custos atrelados ao tratamento de água, não bastam para que as ações necessárias sejam estabelecidas e efetivadas. Nesse sentido, também é preciso identificar as políticas públicas incidentes e os fatores-chave de sucesso para que as ações de infraestrutura natural tenham adesão e cumpram seu papel na diminuição da geração de sedimentos, já que são etapas fundamentais no planejamento e na compatibilização dessas ações.

A implementação da infraestrutura natural para água, independentemente do cenário adotado, será mais eficiente se os fatores-chave de sucesso estiverem presentes no território e se houver uma governança estruturada, estabelecida e respaldada por um marco regulatório claro e eficiente, com a participação concreta dos diferentes atores que compõem a paisagem social.

## FATORES-CHAVE DE SUCESSO PARA IMPLEMENTAÇÃO DE INFRAESTRUTURA NATURAL

O objetivo do diagnóstico dos fatores-chave de sucesso da restauração é auxiliar no desenvolvimento de estratégias para garantir o sucesso da restauração de paisagens e florestas em um determinado território. Esse diagnóstico identifica os principais elementos que precisam ser fortalecidos antes de investir recursos financeiros e mobilizar esforços (Hanson et al., 2015). As condições necessárias são organizadas em três grandes temas: motivar, facilitar e implementar.

O diagnóstico foi consolidado com dados coletados nas oficinas por meio de perguntas norteadoras (descrição da metodologia no Capítulo 1) e posteriormente sistematizados, categorizados e analisados. Para a elaboração desse diagnóstico, foram considerados aspectos locais que abrangem diretrizes institucionais,

mercadológicas, legais e territoriais, bem como fatores que precisam estar presentes a fim de garantir que a restauração se estabeleça no território, independentemente dos cenários propostos.

A Tabela 7 indica a presença – plena ou parcial – ou ausência dos fatores-chave em cada uma das bacias, de modo que as cores – verde, amarela e vermelha – sinalizam a intensidade desses fatores. A ausência de um fator-chave significa que os participantes das oficinas não o identificaram no território. A partir da análise, são sugeridos caminhos para que cada fator-chave seja fortalecido ou estabelecido. Os fatores-chave sumarizam condições necessárias para o sucesso da restauração ou outra ação de infraestrutura natural e se referem aos atores que compõem a paisagem social, dentre eles governos, empresas, iniciativas locais e indivíduos socialmente organizados ou não.

A Tabela 7 também demonstra que os status desses fatores-chave são distintos nas duas bacias, em especial os do eixo motivar. Os atores sociais da Bacia do Alto Rio das Velhas reconhecem os benefícios gerados pela restauração, diferentemente dos atores da Bacia do Rio Manso. A composição da paisagem social de cada bacia (apresentada no Capítulo 4) é um dos aspectos relacionados aos status dos fatores-chave.

A depender da composição da paisagem social, o compartilhamento de informações, a mobilização e o engajamento da população, a presença de uma estrutura para implementação de ações de restauração, incluindo assistência técnica e disponibilidade de insumos, bem como a existência de programas e marco regulatório aplicável no território apresentam-se de maneiras diferentes. A governança é chave para a promoção da infraestrutura natural, justamente por garantir que as condições necessárias se estabeleçam (Oliveira et al., 2022). Uma paisagem social mais representativa e diversa terá muito mais aderência no território, garantindo uma comunicação mais efetiva e estabelecendo as condições necessárias para implementação dos cenários propostos.

**TABELA 7 |** Sistematização de status dos fatores-chave de sucesso nas bacias do Alto Rio das Velhas e do Rio Manso

TEMA	CONDIÇÃO NECESSÁRIA	FATOR-CHAVE DE SUCESSO	STATUS ALTO RIO DAS VELHAS	STATUS RIO MANSO
Motivar	Benefícios	A restauração gera benefícios econômicos	■	■
		A restauração gera benefícios sociais	■	■
		A restauração gera benefícios ambientais	■	■
	Conscientização	Os benefícios da restauração são divulgados ao público	■	■
		As oportunidades para restauração estão identificadas	■	■
	Situação de crise	Situações de crise geram oportunidades de restauração	■	■
	Requerimentos legais	Há leis que exigem a restauração	■	■
		Legislação que exige a restauração é amplamente compreendida e aplicada	■	■
Facilitar	Condições ecológicas	Condições relativas a solo, água, clima e queimadas são favoráveis à restauração	■	■
		Ausência de plantas e animais que possam impedir a restauração	■	■
		Há disponibilidade imediata de sementes, mudas ou populações de origem	■	■
		Há pouca ou baixa demanda concorrente (por alimento e combustível, por exemplo) em áreas degradadas ou alteradas	■	■
	Condições de mercado	Existem cadeias de valor para os produtos de áreas restauradas	■	■
	Condições políticas	Posse de recursos fundiários e naturais está assegurada	■	■
		Diretrizes políticas relativas à restauração estão alinhadas e otimizadas	■	■
		Há restrições para o desmatamento de remanescentes florestais naturais	■	■
		As restrições ao desmatamento de florestas são cumpridas	■	■
	Condições sociais	A comunidade local tem poder de decisão sobre a restauração	■	■
		A comunidade local terá benefícios com a restauração	■	■
	Condições institucionais	Papéis e responsabilidades relacionados à restauração estão claramente definidos	■	■
		Há uma coordenação institucional eficaz	■	■
	Implementar	Liderança	Há defensores regionais e/ou nacionais da restauração	■
Há compromisso político constante com restauração			■	■
Conhecimento		Existe conhecimento relevante para a restauração no território	■	■
		Há transmissão de conhecimento sobre a restauração entre especialistas e comunidade local	■	■
Concepção técnica		O projeto de restauração é tecnicamente fundamentado e tem resiliência climática	■	■
Finanças e incentivos		Os incentivos e recursos financeiros “positivos” destinados à restauração superam os “negativos”, voltados ao status quo	■	■
		Incentivos e recursos financeiros estão acessíveis	■	■
Opiniões e contribuições		Existem sistemas eficazes de avaliação e monitoramento de desempenho	■	■
	Há ampla divulgação de bons exemplos e reconhecimento pela sociedade	■	■	

Legenda: verde: presente; amarelo: parcialmente presente; vermelho: ausente.

Fonte: Elaborado pelos autores.



O eixo **motivar** está relacionado a fatores-chave importantes para engajar pessoas na agenda da restauração. Dentre os fatores analisados, as principais lacunas a serem preenchidas são:

- A restauração precisa ser planejada de forma a garantir e comunicar os benefícios gerados aos atores sociais do território, sejam econômicos, sociais ou ambientais. Especialmente na Bacia do Rio Manso, os benefícios sociais e econômicos não são reconhecidos pelos atores locais, o que pode impactar a mobilização e o engajamento ao tema.
- As ações de infraestrutura natural desenvolvidas no território precisam ser qualificadas e direcionadas, de modo que investimentos em restauração gerem o retorno esperado em termos de qualidade da água.
- As leis que exigem restauração precisam ser devidamente aplicadas e monitoradas. As leis existem e são reconhecidas pelos atores locais nas duas bacias, mas não são devidamente aplicadas de acordo com as perspectivas compartilhadas pelos participantes da oficina.

O eixo **facilitar** trata de condições ecológicas, de mercado, políticas, sociais e institucionais que, quando presentes, possibilitam o estabelecimento dos processos de restauração no território. Os principais fatores a serem fortalecidos nas duas bacias se referem a:

- Garantir o cumprimento da lei em relação aos passivos ambientais relacionados à supressão de vegetação em APP.
- Definir áreas destinadas a restauração e conservação e garantir sua permanência frente à expansão das atividades concorrentes – mineração, parcelamento do solo e produção de gado de leite e de corte.

- Garantir a posse da terra e de recursos naturais às comunidades, incluindo populações indígenas e quilombolas presentes no território.
- Estabelecer uma governança que favoreça uma coordenação institucional efetiva que agregue as diferentes iniciativas de restauração existentes no território.
- Criar estratégias para garantir que informações sobre infraestrutura natural, restauração e outras soluções baseadas na natureza sejam acessadas por diferentes públicos.

As condições necessárias para **implementar** a restauração ainda não estão totalmente presentes nas duas bacias. Dentre elas, incentivos e recursos financeiros são citados como ausentes, ou seja, embora haja recursos destinados a ações de infraestrutura natural, eles não são acessíveis para a população. Desse modo, é fundamental:

- Garantir que recursos estejam prontamente disponíveis, seja através de financiamentos ou de fundos destinados à restauração.
- Estabelecer um sistema de monitoramento claro e eficiente que agregue informações sobre projetos e ações de restauração desenvolvidos nas duas bacias.

Por fim, o arcabouço legal e as políticas públicas relacionadas a gestão hídrica e infraestrutura natural são fundamentais para sustentar ações que promovam os benefícios esperados com a implementação da restauração de paisagens e florestas e outras soluções baseadas na natureza para mitigar os efeitos das mudanças climáticas. O conjunto de políticas públicas locais, respaldadas por um marco regulatório bem estruturado, é capaz de otimizar recursos e ampliar benefícios.



## BOX 6 | Políticas públicas de recursos hídricos que incidem na Região Metropolitana de Belo Horizonte

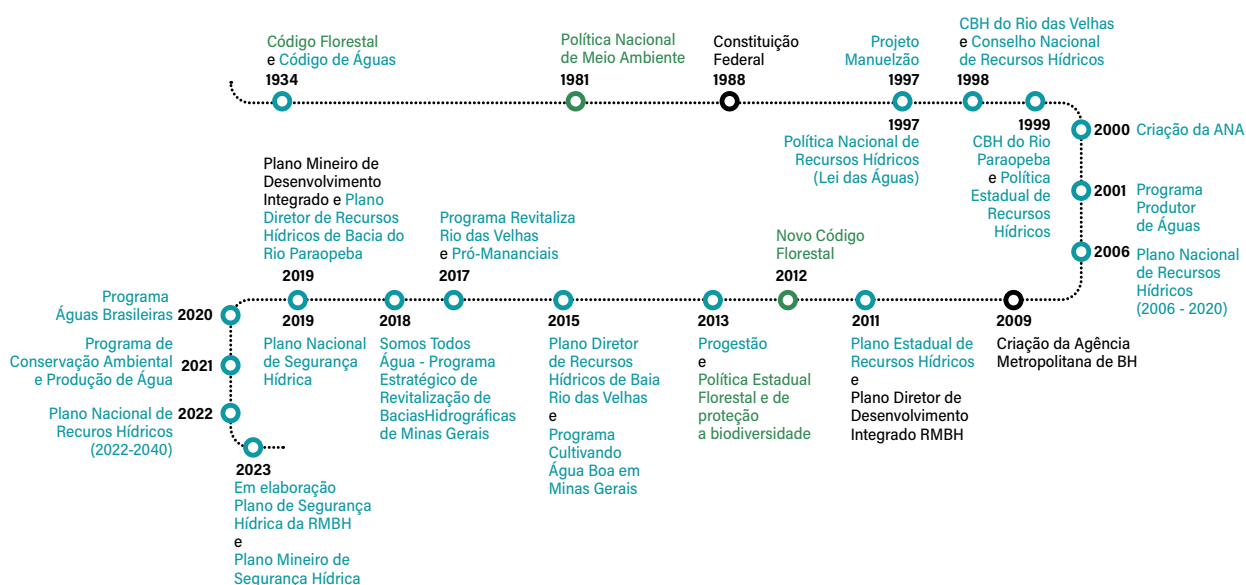
A proteção dos recursos hídricos é uma competência descentralizada e concorrente entre os entes federativos, com diferentes escalas de gerenciamento. As esferas locais são autônomas e as atribuições e formas de atuação são distintas e complementares.

Ainda que seja atribuído ao estado o fornecimento de apoio técnico aos municípios, organização, planejamento e execução das funções públicas de interesse comum metropolitanas, são os municípios que exercem a

titularidade dos serviços públicos de saneamento básico, sendo responsáveis por legislar e executar ações de interesse local. A sobreposição e a complementariedade de atribuições geram complexidade para a governança e a gestão da água.

De modo geral, a política de recursos hídricos, seja federal ou estadual, é a principal norteadora da regulamentação de planos e da gestão hídrica na escala regional. É o principal marco regulatório que incide sobre as demais leis.

FIGURA B2 | Linha do tempo de principais políticas, planos, programas e marcos regulatórios relacionados à gestão hídrica na RMBH



Fonte: Elaborado pelos autores.

A análise das políticas públicas deve contribuir para o entendimento e a articulação de ações planejadas em diferentes escalas, desempenhadas por diferentes atores, embasando a restauração e a implementação de infraestrutura natural na RMBH com potencial de otimizar recursos e ampliar benefícios.

Na RMBH, o PDDI-RMBH tem papel importante na gestão integrada de áreas temáticas transversais, como a gestão de águas urbanas dos municípios que compõem a região, além do macrozoneamento que define as Zonas e Áreas de Interesse Metropolitano (ZIM e AIM, respectivamente), onde são implementadas as políticas do plano. Ambos os

instrumentos devem necessariamente ser considerados na elaboração dos planos municipais, compatibilizando suas políticas locais de função pública de interesse comum com as diretrizes regionais de uso e ocupação do solo.

Ainda que haja um arcabouço legal bem estruturado, a existência de diretrizes, planos e programas por si só não responde às demandas da sociedade sem investimentos e intervenções nos municípios e áreas prioritárias. Nesse sentido, é fundamental uma governança estabelecida, um monitoramento integrado de implantação, impactos e resultados de políticas e programas que busquem a otimização dos investimentos e dos benefícios.



## A PAISAGEM SOCIAL DAS BACIAS DO RIO MANSO E DO ALTO RIO DAS VELHAS

O estudo da paisagem social, de forma complementar aos estudos biofísicos e econômicos, pode fornecer muitos *insights* no desenvolvimento e na implementação dos cenários propostos para aliviar os desafios sociais resultantes da crise hídrica (Albert et al., 2019). A governança é chave para a promoção de infraestrutura natural e outras soluções baseadas na natureza. O envolvimento das partes interessadas e dos usuários dos serviços ecossistêmicos é essencial para gerenciar e implementar a infraestrutura natural (Potschin et al., 2016).

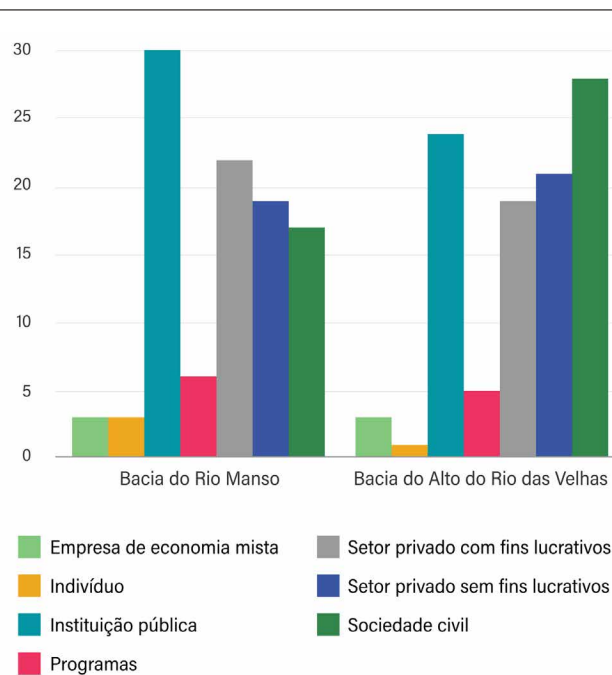
Afinal, ainda que as áreas prioritárias estejam claramente identificadas, conectadas com ações em desenvolvimento no território e alinhadas com as políticas públicas, é fundamental que atores sociais que compõem o território atuem de forma coordenada a fim de que fatores-chave sejam fortalecidos e mantidos, garantindo assim a continuidade das estratégias e abordagens de infraestrutura natural.

Neste estudo, o mapeamento da paisagem social enfoca a análise de três redes temáticas primordiais para que processos de restauração se mantenham: rede de informações técnicas, rede de insumos e materiais e rede de fluxos financeiros. Outra rede de igual importância é a de monitoramento, embora ainda não esteja estruturada no território. Para a construção dessas redes foi realizado, de forma coletiva durante as oficinas, um levantamento de todos os atores que compõem a paisagem social nas duas bacias (Apêndice D). A composição das redes reflete as conexões entre atores conforme determinado assunto, porém, nem todos os atores identificados fazem parte dessas redes.

Uma governança bem estruturada deve ser composta por atores de diferentes categorias de organização. Essa diversidade garante que as diferentes necessidades exigidas para o estabelecimento da restauração sejam contempladas, como, por exemplo, as presenças do poder público para garantir um marco regulatório eficiente, do setor privado que possa aportar recursos financeiros, sociedade civil, que tem o papel de contribuir ativamente na definição de metas, prioridades e estratégias de restauração, bem como na avaliação de impactos e monitoramento contínuo dos projetos, e de programas para apoiar na implementação das ações necessárias.

Na paisagem social da Bacia do Rio Manso, prevalecem atores de instituições públicas (29,7%), dentre elas entidades da administração pública, conselhos e comitês previstos na estrutura governamental e, ainda, fundos públicos. Já na Bacia do Alto Rio das Velhas predominam atores da sociedade civil organizada (28,2%), inclusive grupos, de natureza formal ou não, representantes de determinado grupo. Em ambas as bacias, há equilíbrio entre atores do setor privado com e sem fins lucrativos. Os representantes do setor privado com fins lucrativos são empresas que atuam nas bacias e se conectam com a agenda de infraestrutura natural (21,9% na Bacia do Rio Manso e 19% na do Alto Rio das Velhas). Os representantes do setor privado sem fins lucrativos correspondem a organizações do terceiro setor situadas nas bacias ou que desenvolvem projetos no território (18,7% na Bacia do Rio Manso e 20,9% na do Alto Rio das Velhas).

**GRÁFICO 7 |** Distribuição dos atores mapeados nas duas bacias, por categoria de organização



Fonte: Elaborado pelos autores.

Após a identificação dos atores que compõem a paisagem social, foram detalhadas suas conexões por meio da formação das seguintes redes: a) fluxo financeiro, b) fluxo de informações técnicas e c) fluxo de insumos e materiais (Quadro 2). A categorização dos fluxos é importante para compreender em que rede cada ator se destaca, o que é útil em etapas posteriores no planejamento de ações de infraestrutura natural (Instituto Estadual de Florestas, 2020). A análise das redes contribui ainda na elaboração de estratégias para maior engajamento dos atores locais na agenda da restauração (Oliveira et al., 2022).

## QUADRO 2 | Definição das redes do mapeamento da paisagem social

REDE MAPEADA	DEFINIÇÃO
<b>INFORMAÇÕES TÉCNICAS</b>	Composta por atores que geram e trocam informações sobre restauração e como se conectam quando se trata de acesso, compartilhamento e difusão de dados, estudos, resultados e demais informações.
<b>INSUMOS E MATERIAIS</b>	Composta por atores que trocam insumos e materiais para restauração, como mudas, sementes, adubos, materiais para cercamento entre outros e como se conectam a partir dessas trocas.
<b>FLUXOS FINANCEIROS</b>	Composta por atores que trocam recursos financeiros para ações de restauração.

Fonte: Elaborado pelos autores. Adaptado de Oliveira et al., 2022.

As redes são uma representação gráfica das conexões estabelecidas entre os diferentes atores que compõem a paisagem social. O tamanho do círculo que os representa é diretamente proporcional à quantidade de ligações que mantém com os demais. As setas indicam a direção em que se dá o fluxo, unilateral ou bilateral, ou seja, os atores podem trocar entre si ou determinado ator pode ser responsável pela direção do recurso.

As redes mapeadas revelam que a governança ainda está em processo de amadurecimento nos territórios. Embora haja espaços formalmente instituídos, nem todos os atores sociais participam efetivamente desses espaços. As diferentes redes mapeadas mostram que ainda há trocas pontuais entre poucos atores. Essa centralização pode desestabilizar as redes e, conseqüentemente, a governança local. No entanto, existe um potencial para fortalecer esses espaços por meio de investimentos e estratégias de engajamento e mobilização. Isso garantiria que as ações de restauração e outras abordagens de soluções baseadas na natureza sejam discutidas de forma inclusiva e representativa, atendendo às demandas locais e gerando benefícios mútuos nos aspectos sociais, econômicos e ecológicos.

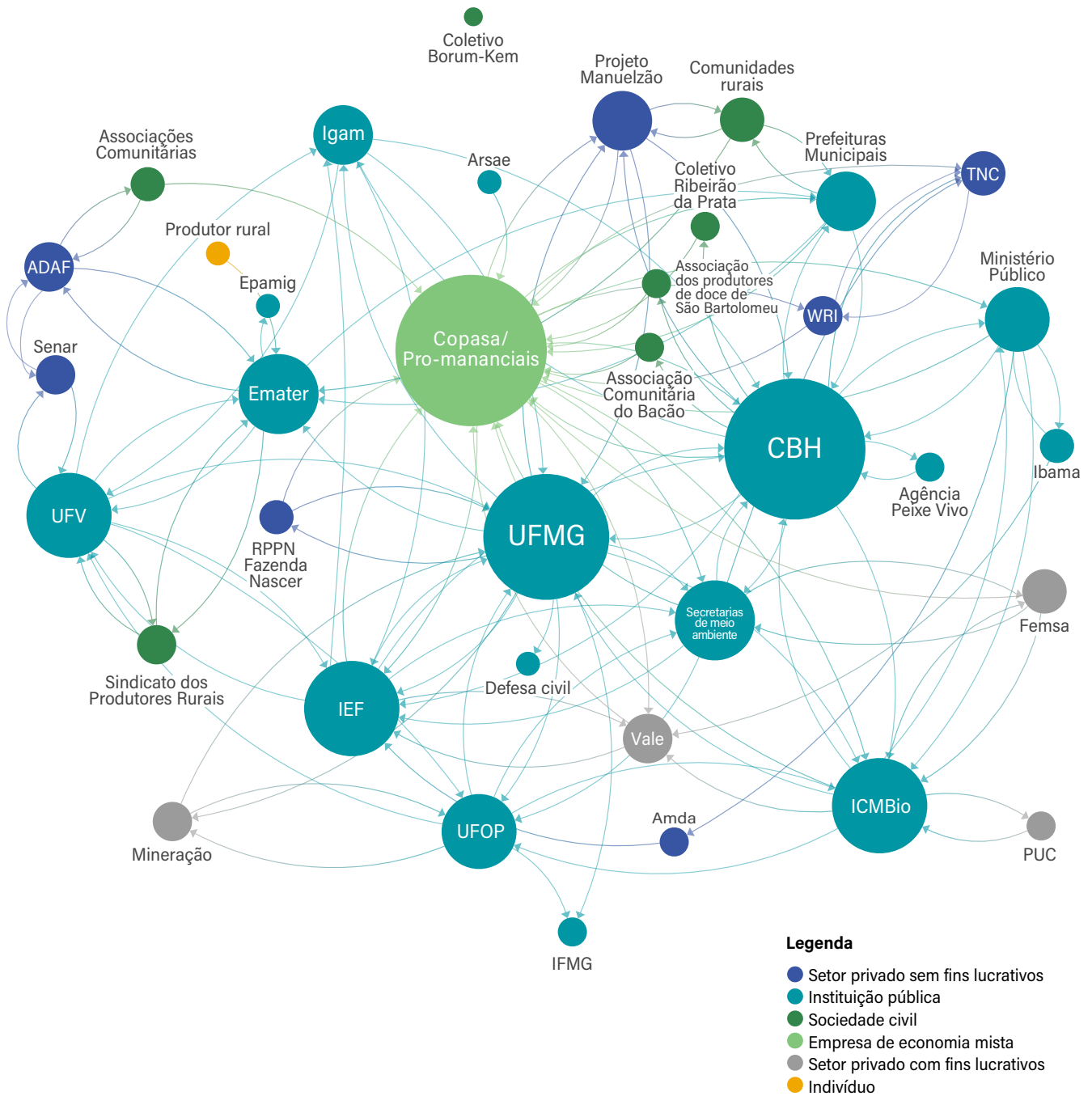
A Copasa MG desempenha um papel central na **rede de informações técnicas** nas duas bacias, especialmente por meio do programa Pró-Mananciais. O grande número de conexões com os demais atores demonstra que essa instituição e seu principal programa possuem maior

facilidade de difundir informações aos outros integrantes e têm maior controle do fluxo de informações, o que lhes confere um forte poder de influência. Para que as ações de infraestrutura natural sejam efetivas no território, é crucial aprimorar os agentes envolvidos, qualificar as informações e aumentar a efetividade da presença da Copasa MG e seu programa nesse processo.



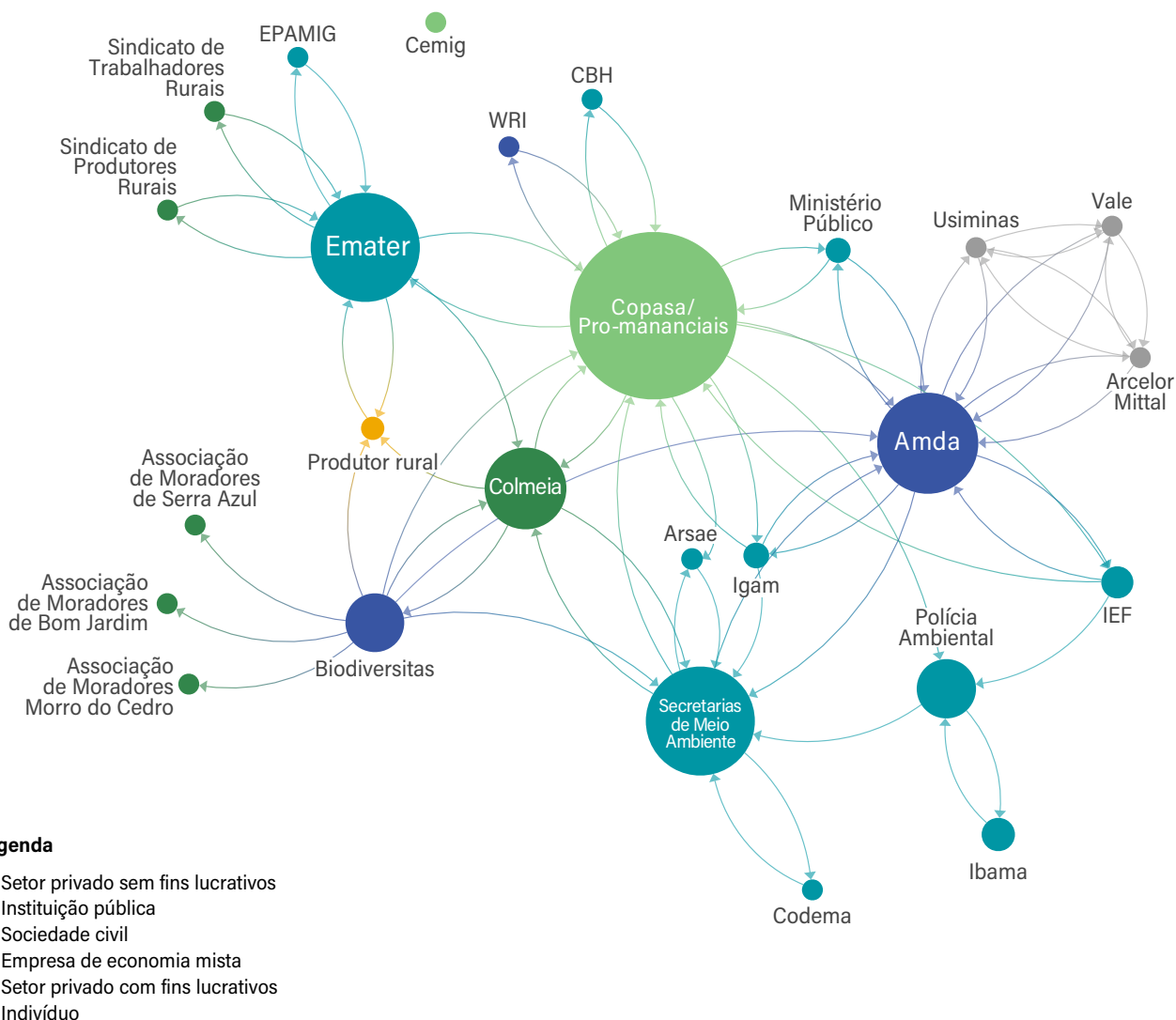


**FIGURA 16 |** Rede de informações técnicas da Bacia do Alto Rio das Velhas



Fonte: Elaborado pelos autores.

**FIGURA 17 |** Rede de informações técnicas da Bacia do Rio Manso



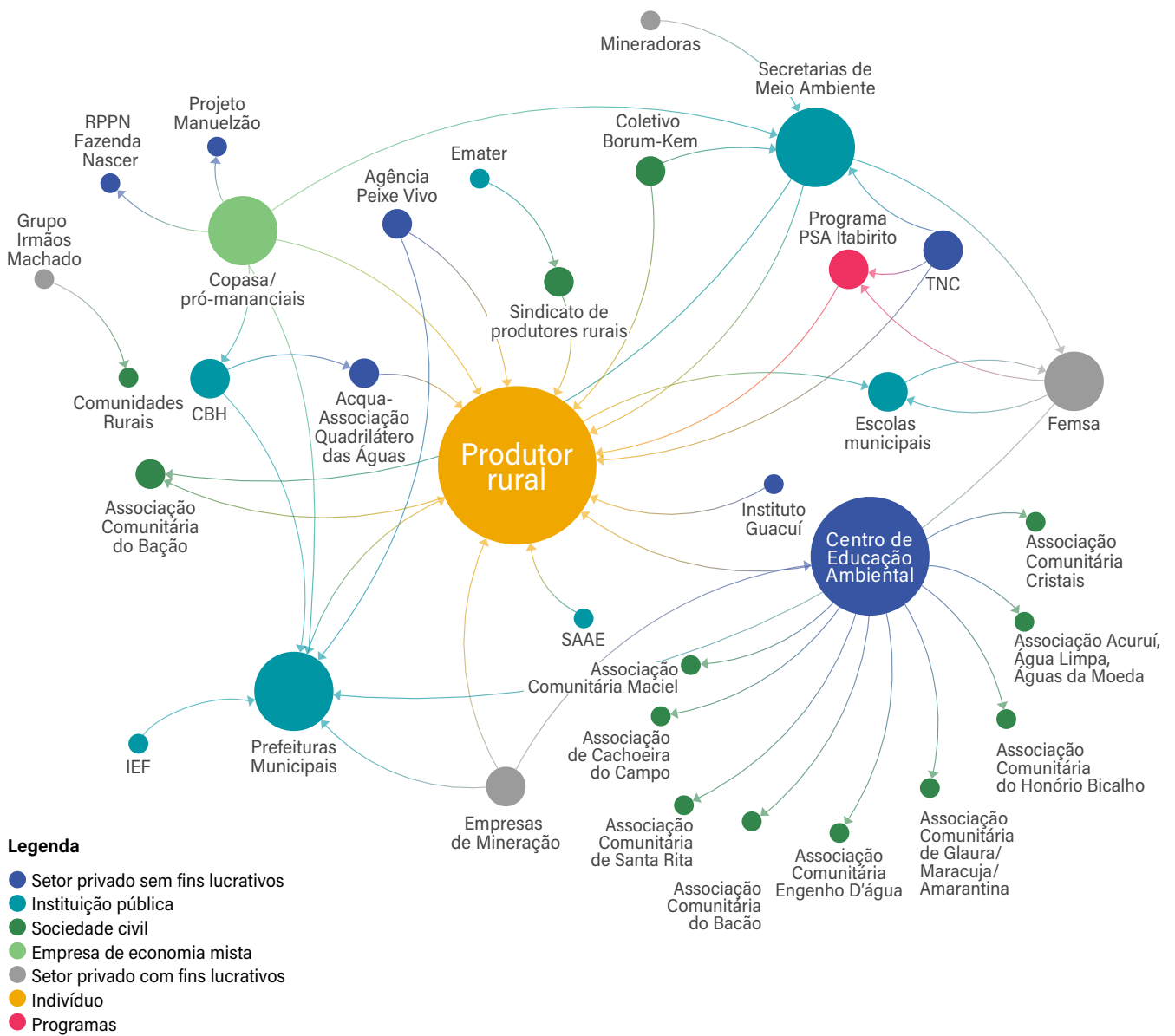
Fonte: Elaborado pelos autores.

A Copasa MG/Pró-Mananciais também tem destaque na **rede de insumos e materiais** nas duas bacias. Na Bacia do Rio Manso, está entre os três atores com maior centralidade, o que demonstra sua forte influência na rede, com maior controle sobre os fluxos de distribuição de insumos e materiais. A instituição é ponte entre outros atores e tem mais facilidade de compreender as lacunas e gargalos da rede. Nessa posição de centralidade também estão, na Bacia do Rio Manso, o Instituto Estadual de Florestas (IEF), na Bacia do Alto Rio das Velhas, o Centro

de Educação Ambiental, iniciativa estabelecida em parceria com a empresa Vale e o município de Itabirito, e em ambas as bacias, o produtor rural. Importante notar que a Copasa MG, o IEF e o Centro de Educação Ambiental são instituições que fazem o elo entre programas e metas de restauração, gerenciando recursos e materiais necessários para as ações em campo e ao produtor rural, que na maioria das vezes está na ponta da restauração, na medida em que é o detentor de áreas prioritárias para a implementação de infraestrutura natural para a água.



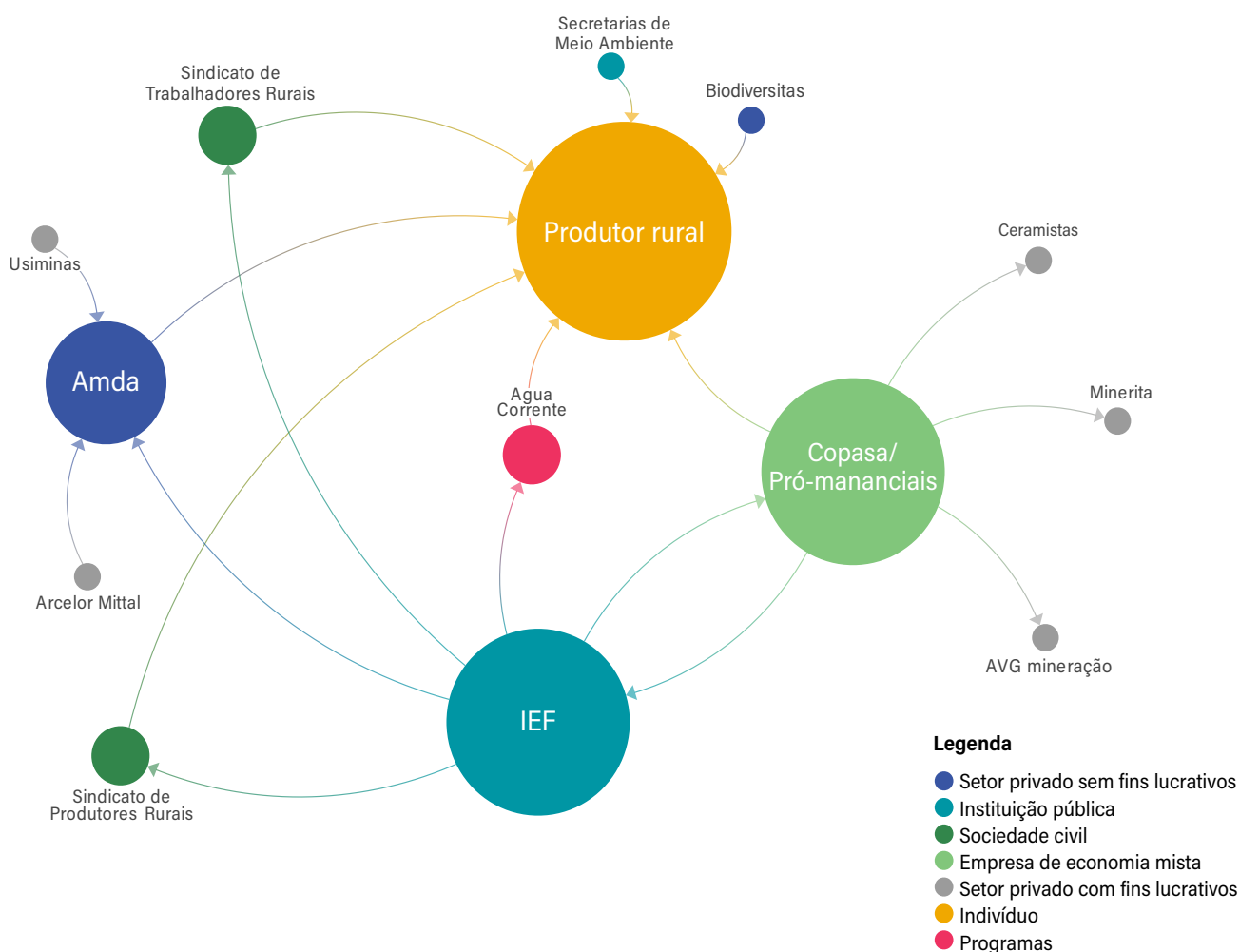
**FIGURA 18 |** Rede de insumos e materiais da Bacia do Alto Rio das Velhas



Fonte: Elaborado pelos autores.



FIGURA 19 | Rede de insumos e materiais da Bacia do Rio Manso



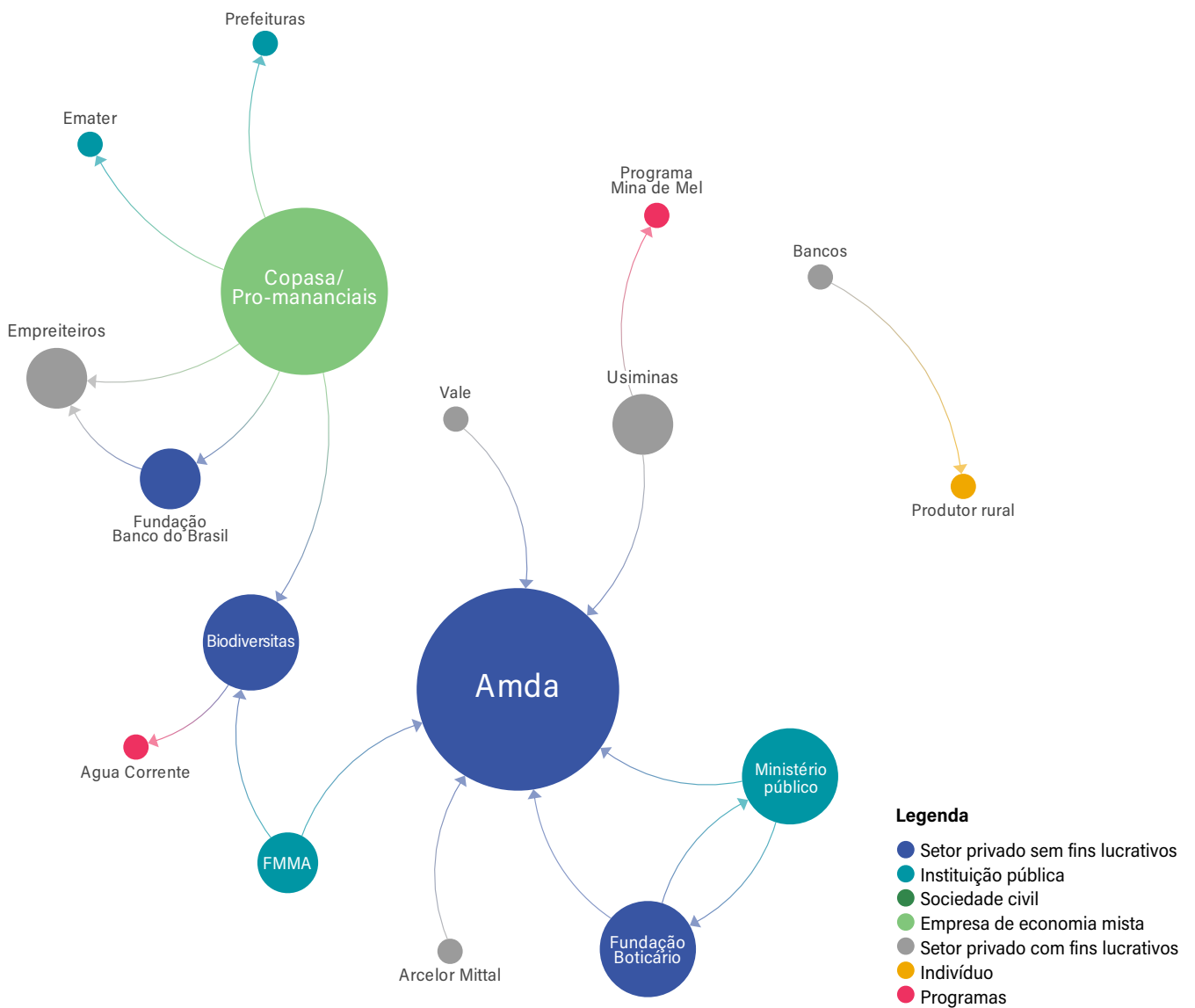
Fonte: Elaborado pelos autores.

**As redes de fluxos financeiros** das duas bacias, embora pequenas, são bastante diversas, compostas por atores de instituições privadas com e sem fins lucrativos, instituições públicas e programas, todos bem posicionados na rede. Os programas PSA Itabirito e Pró-Mananciais, embora sejam programas e não necessariamente atores, possuem a melhor centralidade na rede, ou seja, atuam como elo entre os demais atores e têm papel relevante no fluxo de recursos para ações de restauração. Os recursos para restauração disponibilizados pelo programa Pró-Mananciais contemplam o fornecimento de insumos, materiais e mão de obra para implementação das ações, além de investimentos em capacitação, mobilização, educação ambiental e monitoramento. Já o programa PSA Itabirito prevê, além da restauração, o pagamento ao proprietário rural pelos serviços ambientais prestados na restauração florestal. O programa é local, focado em uma microbacia do município, mas com potencial para ser replicado em outras regiões dependendo dos resultados gerados.

Empresas e organizações não governamentais, como a Femsa/Coca-Cola e a Associação Mineira de Defesa do Ambiente (Amda) também se destacam por serem as mais conectadas aos demais atores. Na Bacia do Rio Manso, a Amda administra recursos provenientes de fundos de meio ambiente através de projetos com foco em restauração de APP e de recarga hídrica em parceria com empresas privadas. Tais projetos têm o objetivo de realizar ações relacionadas a compensações ambientais, cuja implementação se dá juntamente com proprietários rurais. Já na Bacia do Alto Rio das Velhas, o destaque da Femsa ocorre por ser uma das financiadoras do Programa PSA Itabirito. Também, o CBH é bastante atuante e reconhecido como o ator com maior número de conexões na rede de fluxo financeiro e com maior centralidade de intermediação, ou seja, está no caminho mais curto entre os demais atores conectados, com um papel importante no controle sobre o fluxo de recursos e atuação como ponte dentro da rede.



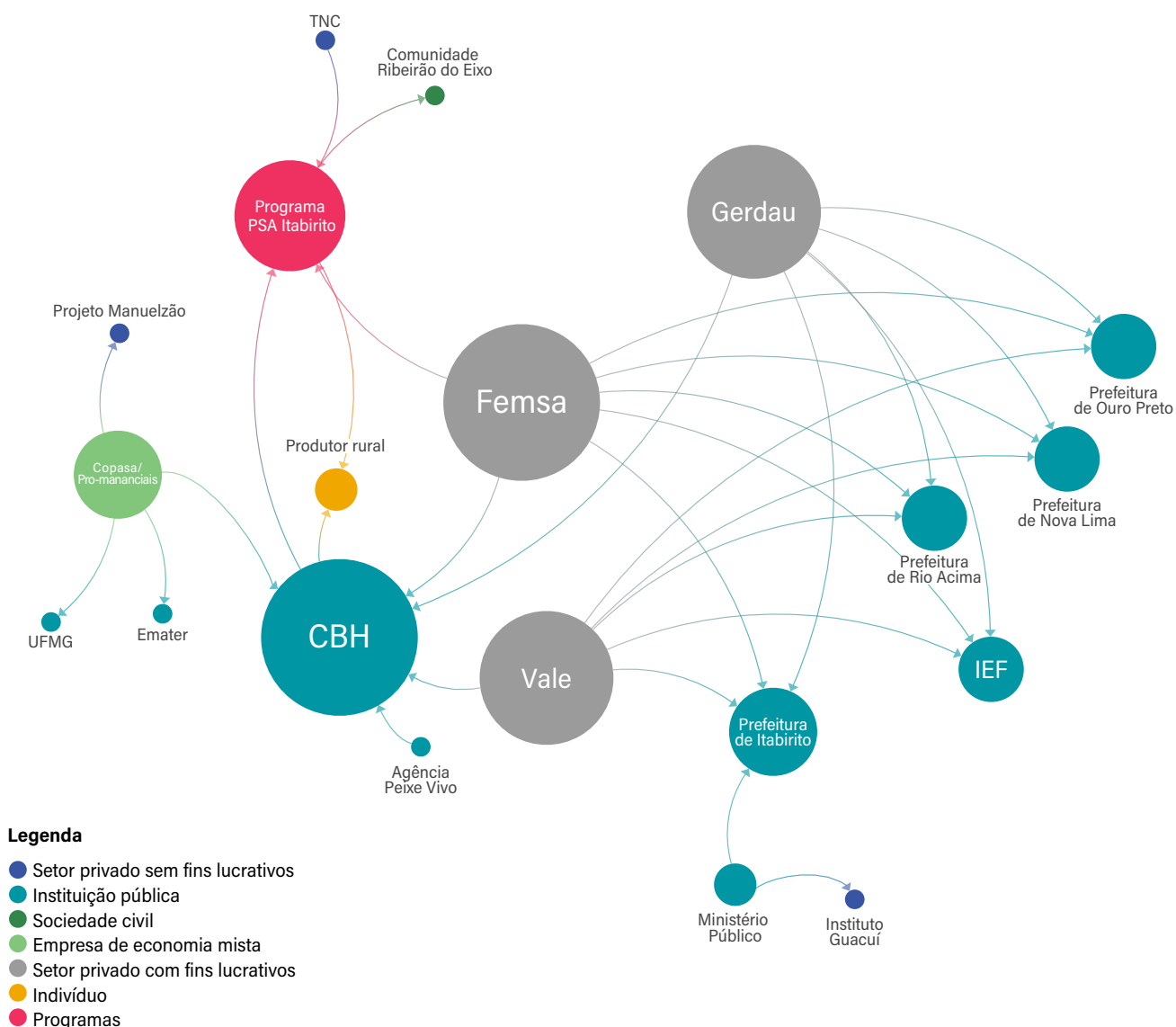
**FIGURA 20 |** Rede de fluxos financeiros da Bacia do Rio Manso



Fonte: Elaborado pelos autores.



**FIGURA 21 |** Rede de fluxos financeiros da Bacia do Alto Rio das Velhas



Fonte: Elaborado pelos autores.



A partir de uma governança bem estabelecida, na qual atores tenham papéis definidos, torna-se possível estruturar os fatores-chave para o sucesso das ações de restauração e demais infraestruturas naturais no território. As redes desempenham um papel crucial nesse processo. Por exemplo, a rede de informações técnicas, ao identificar atores centrais nesse tema, têm a capacidade de suprir a lacuna de conhecimento sobre os benefícios da restauração, facilitando assim a mobilização e engajamento. Da mesma forma, a rede de fluxos financeiros fornece informações sobre os principais atores capazes de aportar recursos para a restauração.









## CAPÍTULO 5

---

# Conclusões e recomendações

Este estudo proporciona uma profunda análise de aspectos fundamentais para o planejamento de ações de infraestrutura natural para água, com o objetivo de apoiar tomadas de decisão a partir da identificação de oportunidades de investimento para melhoria da qualidade da água na RMBH. Traz recomendações de como ampliar as ações ao integrar políticas públicas, planos diretores, pessoas e natureza na elaboração de estratégias que garantam a manutenção da biodiversidade do território e potencializem os serviços ecossistêmicos relacionados à sedimentação evitada e seus impactos no abastecimento hídrico.



Este relatório parte da premissa de que, ao identificar e mensurar os custos associados ao tratamento hídrico diretamente relacionados à degradação ambiental da bacia de captação, é possível mobilizar os diferentes setores para debater como e onde investir nessas soluções baseadas na natureza e, dessa forma, direcionar investimentos que podem reverter em economia no tratamento de água. As análises financeiras, socioeconômicas e biofísicas realizadas fornecem um panorama sobre quais ações podem ser empregadas para melhorar as condições hídricas, e onde elas devem ser aplicadas nas bacias. As informações geradas contribuem diretamente para a priorização, a tomada de decisão e a melhor aplicação dos recursos financeiros, a partir da análise de diferentes cenários para restauração de paisagens e florestas.

A implementação efetiva de infraestrutura natural nas duas bacias será desafiadora, uma vez que as atividades que geram a sedimentação, como as pastagens e a mineração, se manterão no longo prazo ocupando uma parcela significativa do território. Isso reforça a importância de adotar uma perspectiva ampliada sobre a restauração, englobando outros benefícios associados e avaliados nesse estudo, como a geração de renda e melhoria na qualidade de vida das populações mais marginalizadas. Os dados gerados no estudo podem ser incorporados às ações de restauração já em andamento, ampliando-as e direcionando-as para locais onde haja potencial de agregar geração de renda e qualidade de vida à população de baixa renda.

Os cenários avaliados mostram que:

- A restauração não apenas traz benefícios econômicos ao evitar custos adicionais no tratamento da água, mas também possui potencial para gerar renda para populações de baixa renda, impulsionando o desenvolvimento socioeconômico em áreas afetadas pela degradação ambiental.
- A atividade minerária é responsável por uma parcela significativa dos sedimentos gerados nas duas bacias, sendo essencial que o setor aprimore suas técnicas de manejo e controle para reduzir sua contribuição nesse aspecto.

- Embora a restauração de Áreas de Preservação Permanente (APP) hídricas não tenha demonstrado relevância na produção de sedimentos na área de estudo, sua importância vai além, englobando a conservação da biodiversidade, a manutenção do ciclo hidrológico e a estabilização das margens dos rios, além de garantir o bem-estar da população. Nesse sentido, o cumprimento legal pode servir como ponto de partida para um debate mais amplo sobre a restauração nos espaços de governança e planejamento territorial. É fundamental considerar não apenas os aspectos biofísicos e econômicos, mas também as dimensões legais e sociais na implementação de infraestrutura natural e nas políticas relacionadas.
- É necessário levar em conta as particularidades de cada município na definição das abordagens e práticas de conservação de água e solo, aproveitando os projetos locais já existentes para ampliar os benefícios da implementação da infraestrutura natural. A articulação entre instituições como a Agência RMBH, o Igam e os CBH desempenha um papel estratégico na formulação e execução de políticas públicas locais, destacando a importância da colaboração interinstitucional para ampliar o alcance e o impacto das informações apresentadas neste relatório.
- A Copasa MG, por meio do programa Pró-Mananciais, desempenha um papel central nas redes que compõem o mapeamento da paisagem social. Essa centralidade implica responsabilidades relacionadas à manutenção do programa, garantindo a disseminação de recursos e informações em toda a rede. Os resultados e os cenários propostos pelo estudo devem orientar as ações do programa, fornecendo embasamento técnico para a tomada de decisões.
- Por fim, é importante destacar que a centralização de alguns atores-chave em redes de fluxos, como o financeiro, pode tornar a rede frágil. Para mitigar os riscos associados à dependência de fontes únicas de apoio, é necessário atrair recursos de diferentes fontes e incentivar a economia da restauração, além de promover a formação de arranjos produtivos baseados em produtos de base florestal. Essas estratégias visam fortalecer a sustentabilidade da agenda de restauração e reduzir a vulnerabilidade da rede como um todo.

**As oportunidades identificadas nos cenários incluem a necessidade de equilibrar os benefícios econômicos com a redução dos impactos negativos da atividade minerária, ponderar a relevância da restauração de APP hídricas além da produção de sedimentos, considerar as dimensões legais e sociais na implementação da infraestrutura natural e lidar com os riscos associados à dependência de fontes únicas de apoio financeiro. Essas considerações são essenciais para tomar decisões informadas e buscar abordagens equilibradas na promoção da restauração e sustentabilidade ambiental.**

A partir das informações geradas, recomenda-se:

- Converter a economia gerada pelos custos evitados com tratamento de água para a estruturação efetiva de ações de infraestrutura natural no território, suprimindo as lacunas identificadas pelo estudo, como a falta de investimentos em assistência técnica e a necessidade de estruturação de uma cadeia da restauração que contemple benefícios para toda a população.
- Integrar os empreendimentos geradores de sedimentos nas estratégias dos programas e planos de gestão das bacias, definindo responsabilidades como a implementação de ações socioambientais e de restauração, garantindo a integridade dos ecossistemas e a qualidade de vida das populações diretamente afetadas pelos impactos ambientais gerados pelas atividades no território.
- Considerar nos planos territoriais as áreas identificadas como prioritárias, para garantir políticas públicas direcionadas à restauração, especialmente nas regiões onde é possível integrar a restauração à produção de alimentos através de SAF.

- Aprimorar o licenciamento ambiental, considerando os dados gerados no estudo, no que tange medidas mitigadoras, compensatórias e condicionantes atreladas ao potencial poluidor da atividade minerária, e criar mecanismos que revertam recursos financeiros da compensação ambiental das atividades minerárias para aprimoramento e ampliação de ações de infraestrutura natural, considerando as áreas prioritárias identificadas no estudo.
- Garantir recursos financeiros dos programas e projetos de restauração para aprimoramento de técnicas que promovam benefícios sociais e econômicos para populações de baixa renda, situadas em áreas identificadas como prioritárias.
- Estabelecer estratégias de monitoramento para obtenção de dados que mensurem e reportem o impacto das ações em infraestrutura natural, relacionados a indicadores ecológicos, ambientais, econômicos, sociais e de efetividade de políticas públicas.

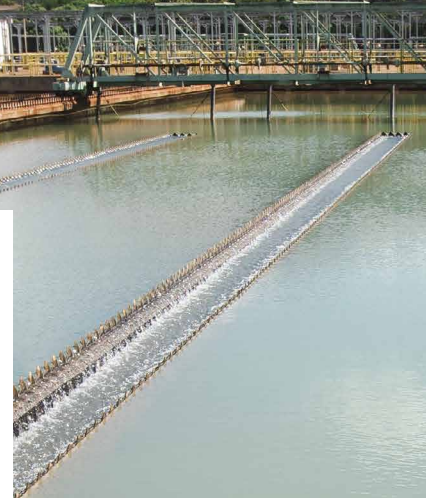
Uma governança participativa é essencial para efetivar as recomendações apresentadas, embora muitas delas devam ser efetivadas pelos governos locais. A presença dos diversos atores que compõem a paisagem social, incluindo a sociedade civil e populações de baixa renda afetadas diretamente pelas questões abordadas no estudo, devem compor esses espaços de tomadas de decisão.

Importante ressaltar que, para garantir que os potenciais benefícios sociais da restauração se concretizem, é necessário um estudo aprofundado sobre cadeias de comercialização dos produtos gerados através dos SAF, bem como a proposição e o aprimoramento de políticas públicas de comercialização através de mercados institucionais, que possam beneficiar as famílias rurais e a comunidade local.

Este relatório teve como objetivo adicionar novas lentes de análise, para além dos resultados ambientais e do custo-efetividade da infraestrutura natural para contenção do transporte de sedimentos, que beneficiam primeiramente as companhias responsáveis pelo tratamento de água. Ao considerar aspectos socioeconômicos para determinação das áreas prioritárias, demonstra-se que é possível aliar benefícios ambientais com benefícios sociais e de geração de renda. Ainda que haja limitações metodológicas, esse enfoque permite que outras camadas de análises e de vulnerabilidades sejam exploradas, possibilitando a articulação de diferentes políticas e programas no território.



# APÊNDICES



## APÊNDICE A. MÉTODOS E PREMISSAS PARA MODELOS BIOFÍSICOS E COMPONENTES DO MAPEAMENTO

O Capítulo 2 avalia benefícios biofísicos para cada cenário proposto, bem como benefícios econômicos. Para tanto, é fundamental estimar o aporte de sedimentos nas duas bacias e dimensionar o impacto da implementação da infraestrutura natural na retenção de sedimentos e consequente impacto na água que chega aos pontos de captação. Para isso, o estudo percorre uma sequência de etapas, passando pela coleta e preparação dos dados de entrada para execução do modelo biofísico, até a simulação de cenários alternativos e avaliação de benefícios gerados em cada um deles.

- **Coleta e preparação de dados:** organização dos dados de entrada necessários à execução do modelo biofísico. Foram considerados os seguintes mapeamentos relativos ao território de estudo:
  - Uso e cobertura do solo;
  - Índice de erosividade da chuva;
  - Índice de erodibilidade do solo.

Os dados são ajustados em relação a tamanho e sistema de coordenadas sempre que necessário. Atributos e parâmetros da tabela biofísica (que associa cada classe do mapa de uso e cobertura do solo a valores de referência fundamentais para a execução do modelo) também são padronizados nessa etapa.

- **Elaboração, execução e calibração do modelo biofísico:** avaliam-se os sedimentos gerados a partir da forma de uso e ocupação do solo através da execução da Taxa de Transferência de Sedimentos (Sediment Delivery Ratio – SDR) a partir dos dados preparados na etapa anterior. O modelo utilizado foi o 3.12.0 da Avaliação Integrada de Serviços Ecológicos e Trade-offs (InVEST), desenvolvido pelo Natural Capital Project (Natural Capital Project, 2022), estimando-se especialmente a quantidade de sedimentos que chegam aos cursos d'água via erosão laminar. A partir desse modelo gera-se o mapa que quantifica o potencial de exportação de sedimentos nas duas bacias.

A Taxa de Transferência de Sedimentos é gerada a partir da Equação Universal de Perda de Solo (Wischmeier e Mannering, 1969), onde a perda de solo é estimada a partir de atributos biofísicos do território, entre eles tipo de solo, padrão de precipitação, práticas de manejo do solo, cobertura florestal, topografia. Os dados e atributos são utilizados na equação criada a partir da seguinte fórmula:

$$A = R \times K \times LS \times C \times P$$

A descrição de cada atributo que compõe a equação está descrita na Tabela A1.



**TABELA A1 |** Descrição dos atributos que compõem o modelo biofísico

ÍNDICE	DESCRIÇÃO	FONTE DO DADO
A	Estimativa total da perda de solo (t/ano)	-
R	Índice de erosividade das chuvas (baseado em chuvas mensais e no fator de escoamento)	Bezak, Borrelli e Panagos, 2022. Panagos et al., 2017.
K	Índice de erodibilidade do solo	Godoi et al., 2021.
LS	Fator de comprimento e declividade da área	ASF DAAC, 2014.
C	Fator de cobertura do solo por vegetação nativa e/ou culturas agrícolas	MapBiomass, 2022; Wischmeier e Smith, 1978.
P	Fator de práticas favoráveis ao gerenciamento do solo	MapBiomass, 2022; Wischmeier e Smith, 1978

Fonte: Elaborado pelos autores.

Para a simulação de cenários alternativos nas duas bacias, alguns fatores da equação foram considerados como relativamente estáveis e, portanto, não foram alterados mantendo-se constantes neste exercício (por exemplo, fatores *LS*, *K* e *R*). O principal elemento alterado no exercício de definição de cenários foi o uso e cobertura do solo (que corresponde aos fatores *C* e *P*). Desse modo, os cenários alternativos de mudança de uso do solo como mineração e pastagens degradadas para florestas ou SAF são executados novamente pelo modelo e esses resultados são avaliados em comparação com a linha de base, ou seja, é estimada a diferença de perda de solo com base na configuração de uso e cobertura do solo atual e nas configurações hipotéticas ou alternativas. Esse exercício é feito para todos os cenários propostos.

A Tabela A2 apresenta detalhes sobre as classes de usos e cobertura do solo nas duas bacias (Alto Rio das Velhas e Rio Manso).



**TABELA A2 | Padrão de uso e cobertura do solo na área das bacias do Alto Rio das Velhas e do Rio Manso**

Classe de uso e cobertura do solo	BACIA DO ALTO RIO DAS VELHAS		BACIA DO RIO MANSO	
	Área (ha)	%	Área (ha)	%
Formação florestal	66.644	39,5	17.793	27
Formação savânica	618,39	0,37	587	0,89
Silvicultura	1.158	0,68	547	0,83
Campo alagado e área pantanosa	24,75	0,01	0	0
Formação campestre	49.297	29,2	2.269	3,45
Pastagem	13.901	8,23	28.177	42,88
Mosaico de usos	18.002	10,66	11.973	18,22
Área urbanizada	5.689	3,37	1.004	1,53
Outras áreas não vegetadas	800	0,47	112	0,17
Afloramento rochoso	3.149	1,86	3,51	0,005
Mineração	8.835	5,23	1.743	2,65
Rio, lago e oceano	563	0,33	1.082	1,65
Soja	27	0,017	207	0,32
Outras lavouras temporárias	54	0,03	132	0,2
Café	87	0,05	78	0,12
Outras lavouras perenes	0,09	0,0001	0,45	0,0007
<b>TOTAL</b>	<b>168.849</b>	<b>100</b>	<b>65.708</b>	<b>99.916</b>

Fonte: MapBiomias, 2022.

Para cada classe de uso e cobertura dos solos mapeadas para a região é atribuído um valor (fator C) a partir dos seguintes critérios:

1. Tipo de vegetação predominante
2. Estimativa de porcentagem de cobertura do solo
3. Tipo de planta dominante no sub-bosque
4. Quantidade de solo exposto

A partir da combinação de tais parâmetros foi atribuído um valor para o fator C. Esses valores para cada classe de uso e cobertura do solo estão apresentados na Tabela A3.

**TABELA A3 | Dados biofísicos de entrada para os fatores C e P exigidos pela Equação Universal de Perda de Solo (USLE, sigla em inglês)**

CLASSE DE USO E COBERTURA DA TERRA	CÓDIGO	FATOR C	FATOR P
Outras lavouras temporárias	41	0,2	1
Café	46	0,21	1
Formação savânica	4	0,01	1
Rios e lagos	33	0,0001	1
Silvicultura	9	0,17	1
Outras áreas não vegetadas	25	0,45	1
Afloramento rochoso	29	0,0001	1
Área urbanizada	24	0,0001	1
Mineração	30	0,45	1
Pastagem	15	0,042	1
Mosaico de agricultura e pastagem	21	0,12	1
Formação campestre	12	0,024	1
Formação florestal	3	0,009	1
Campo alagado	11	0,003	1
Soja	39	0,2	1
Outras lavouras perenes	48	0,21	1
Sistemas agroflorestais	100	0,025	0,6

Fonte: Adaptado de Wischmeier e Smith (1978).

Na sequência, a calibração é procedida a partir dos dados de turbidez coletados em campo, uma vez que a equação é global e os resultados serão mais próximos da realidade quando ajustados com dados reais observados. Os dados para calibração foram disponibilizados pela Copasa MG e obtidos também junto à Agência Nacional de Águas, a partir de pontos de monitoramento nas duas bacias.

O parâmetro monitorado em campo é a turbidez da água, expressa em Unidades Nefelométricas de Turbidez (UNT). Quanto mais alto o valor atribuído, maior a presença de sedimentos e outros elementos que alteram a cor da água. Já o resultado do modelo biofísico é expresso em toneladas de sedimento por ano, de modo que é necessário converter o dado de campo (valores em UNT) em valores quantitativos de sedimentos em suspensão. A conversão é realizada a partir da seguinte equação elaborada por Carvalho (2008):

$$SS = s / 10,4 * 0,0864$$

Onde SS corresponde a sólidos em suspensão (mg/L), S são sedimentos exportados (t/dia), 10,4 é o fluxo médio de água (m³/s) no Rio das Velhas no ponto de captação e 0,0864 é a constante de conversão (Carvalho, 2008).

Para a conversão de sedimentos em suspensão em turbidez, utilizou-se a equação baseada em dados primários cedidos pela Copasa MG.

$$T = 0,036178 * ss ^ 1,325856$$

Onde T é o nível de turbidez (UNT) e SS, sólidos em suspensão.

## Integração do modelo biofísico aos cenários

A partir dos cenários definidos para avaliação de sedimentos gerados, foi inserida a camada de saída de exportação de sedimentos atual filtrada para cada classe a ser avaliada:

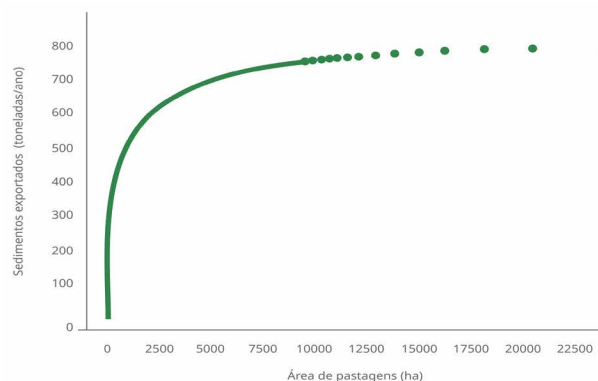
- Cenário SUP-VEG: áreas sem cobertura nativa nas APP
- Cenário R-MIN: mineração
- Cenários R-PASTO e R-SAF: pastagem

A tabela de atributos de cada camada contém, para cada linha, a quantidade estimada de sedimentos exportados e o número de pixels para esse valor. Com os dados de sedimentos para cada cenário, a tabela é organizada a partir dos valores altos de exportação de sedimentos para cálculo dos valores acumulados de sedimentos exportados em cada unidade de área. Como resultado, tem-se o gráfico de exportação cumulativa de sedimentos nas duas bacias para cada cenário (Gráfico A1 e Gráfico A2).

Com esses gráficos é possível estimar o ponto ótimo, onde a restauração maximiza a redução de sedimentos. Essa etapa é parte elementar para o cenário de pastagens degradadas, onde se estabelece a maximização na redução de sedimentos na menor área possível de hectares e que pode ser um ponto de partida para planejamento da restauração

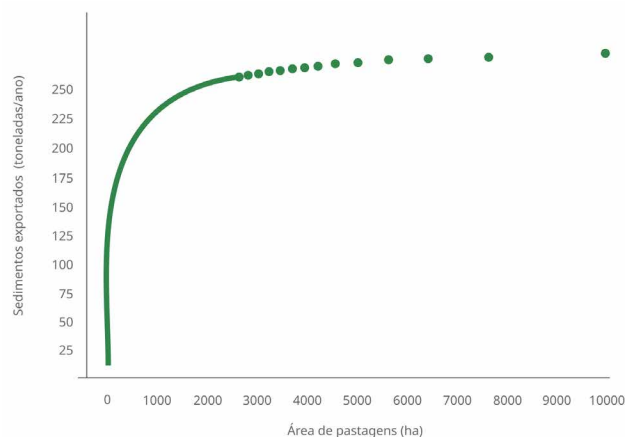
e investimentos iniciais, mas sem perder de vista outras oportunidades difusas relacionadas a compensações ambientais, incentivos para regularização de propriedades rurais dentre outras.

### GRÁFICO A1 | Gráfico de exportação cumulativa de sedimentos na Bacia do Rio Manso



Fonte: Elaborado pelos autores.

### GRÁFICO A2 | Gráfico de exportação cumulativa de sedimentos na Bacia do Alto Rio das Velhas



Fonte: Elaborado pelos autores.

Esse dado é cruzado com mapas de uso e ocupação do solo, o que identifica onde há áreas disponíveis para a restauração, estimando possíveis reduções de sedimentos caso a área seja restaurada. Neste estudo foram priorizadas áreas de pastagem altamente degradadas, além da sobreposição de camadas de minifúndios de baixa renda (Cenário R-SAF). A partir dessa filtragem, as áreas elegíveis são ranqueadas de acordo com o potencial de redução de perda de solo em cada pixel.



## APÊNDICE B. MÉTODOS E PREMISSAS DA ANÁLISE FINANCEIRA

A análise financeira aplicada neste estudo e descrita no Capítulo 2 utiliza métodos específicos aplicados localmente para estimar custos e benefícios na análise de retorno sobre investimentos nas bacias do Alto Rio das Velhas e do Rio Manso, bem como premissas e fontes de dados subjacentes a partir de consultas locais. A metodologia adotada é baseada em Ozment et al. (2018).

### Premissas gerais

#### Abastecimento e demanda de água

As produções de água nas estações de captação da Bacia do Alto Rio das Velhas e do Rio Manso são de 7 m<sup>3</sup>/s e 5,3 m<sup>3</sup>/s, respectivamente, de acordo com dados fornecidos pela Copasa MG. A perspectiva de crescimento é de cerca de 0,8% e 0,42% ao ano. Para as análises, essa tendência foi extrapolada ao longo do horizonte de 50 anos, o qual foi definido a partir da expectativa de vida útil média ponderada de estruturas e equipamentos mais importantes para o tratamento de água, segundo o nível de depreciação da Copasa MG.

#### Estimativa de custos

**Investimento:** todos os investimentos necessários para implantar a restauração, sendo R\$ 24 mil/ha para restauração com plantio total (incluindo preparação do solo, mão de obra e insumos e cercamento) e R\$ 6,2 mil para regeneração natural, incluindo cercamento e mão de obra.

**Custos de operação e manutenção:** todas as despesas necessárias para promover a restauração ao longo do tempo e reduzir a mortalidade de mudas ou falhas ecológicas. Essa manutenção é considerada por um período de 3 anos após a implantação e tem um custo médio anual de R\$ 1,8 mil para restauração com plantio total. Esses custos não foram considerados para a regeneração natural.

#### Estimativa de benefícios

A estimativa de benefícios se baseia na avaliação dos custos evitados. Para isso, foram considerados três custos relacionados ao tratamento de água: (a) custos de tratamento de água, (b) custos de reposição de materiais filtrantes e (c) depreciação e desgaste de equipamentos relacionados ao tratamento de turbidez e filtragem de sedimentos.

### Custos evitados no tratamento de água

Para a estimativa dos custos relacionados ao tratamento de água em cada bacia, foram utilizados modelos de regressão baseados nos dados primários fornecidos pela Copasa MG sobre volume tratado e quantidades de produtos químicos utilizados (cloreto férrico, sulfato de alumínio e cal). Com os custos estimados e a partir dos modelos de regressão, foram obtidas as curvas de conversão de sedimentos para sólidos suspensos, conversão de sólidos suspensos para turbidez e, finalmente, de custos de tratamento por metro cúbico em função da turbidez.

**Conversão de sedimentos produzidos para sedimentos aportados nos cursos d'água**, conforme a formulação de Peixoto et al. (2020):

$$Q_{ss} = 0,344 * Q_{tt} ^{1,1026}$$

Onde

$Q_{ss}$  é a quantidade de sedimentos aportados (toneladas/dia)  
 $Q_{tt}$  é a quantidade de sedimentos produzidos (toneladas/dia)

**Conversão de sedimentos em sólidos em suspensão**, conforme equações elaboradas por Carvalho (2008).

$$C_{ss} = Q_{ss}/Q * 0,0864$$

Onde

$C_{ss}$  corresponde a sólidos em suspensão no referido ano (mg/L)

$Q$  é a vazão média (m<sup>3</sup>/s), sendo 10,2 para a Bacia do Alto Rio das Velhas e 5,6 para a Bacia do Rio Manso

**Conversão de sedimentos em suspensão em turbidez**, conforme equações estimadas pelos autores, baseadas em os dados primários cedidos pela Copasa MG.

$$T = 134 * \ln(C_{ss}) - 546 \quad \text{para a Bacia do Alto Rio das Velhas}$$

$$T = 34,65 * \ln(C_{ss}) - 104,37 \quad \text{para a Bacia do Rio Manso}$$

Onde  $T$  é o nível de turbidez (UNT)

**Custos com produtos químicos de tratamento de água em função do nível de turbidez**, conforme

equação elaborada segundo dados primários cedidos pela Copasa MG e monetizados por consulta a pregões e licitações públicas na compra de cloreto férrico, sulfato de alumínio e cal.

$$C = (0,016 * \ln(T)) + 0,028 \quad \text{para a Bacia do Alto Rio das Velhas}$$

$$C = 0,0103 * T ^{0,7198} \quad \text{para a Bacia do Rio Manso}$$

Onde  $C$  é custo (R\$/m<sup>3</sup>) e  $T$ , nível de turbidez (UNT).

## Custos de extração de saturados

De acordo com entrevistas feitas com a equipe técnica da Copasa MG, o custo médio anual de disposição de saturados (composto pela formação de lodo) na Estação de Tratamento do Rio das Velhas é de cerca de R\$ 1,96 milhão. A partir dessas informações referenciais, supôs-se que quanto menor a concentração de sólidos em suspensão, menor será a quantidade de lodo a ser removida. Os custos evitados em disposição do lodo foram calculados conforme a função que segue.

$$Li = 0,0169 * 1 - (C_{ss}/C_{ssi}) * Vi$$

Onde

$Li$  é o custo de disposição do lodo no ano  $i$

0,0169 é o custo de disposição do lodo no ano 0, ou referencial (R\$/m<sup>3</sup> de água tratada)

$C_{ss}$  a concentração de sólidos em suspensão no ano referencial

$C_{ssi}$  a concentração de sólidos em suspensão no ano  $i$

O custo evitado na remoção de lodo é dado pela somatória das diferenças entre o custo referencial e o custo anual, ano a ano, ao longo do horizonte de 50 anos.

A mesma premissa de proporcionalidade foi usada para os custos evitados com materiais filtrantes – areia e antracito. Os custos referenciais foram obtidos em entrevistas com a Copasa MG, sendo informado que o da areia é R\$ 0,0004/m<sup>3</sup> de água tratada e o do antracito é R\$ 0,0009/m<sup>3</sup> de água tratada.

## Depreciação de equipamentos

Também de acordo com entrevistas feitas com a equipe técnica da Copasa MG, a taxa de depreciação regular é, em média, 1,6% ao ano. Considerou-se que a redução de sedimentos resulta em uma economia de custos equivalente à depreciação evitada de equipamentos na estação de tratamento de água, supondo que quanto menor a concentração de sólidos em suspensão, menor será o desgaste do maquinário utilizado para tratar a turbidez. A depreciação evitada foi calculada ano a ano.

$$Di = 0,0238 * (1 - (C_{ss}/C_{ssi})) * Vi/1000$$

Onde

$Di$  é a depreciação do ano  $i$

0,0238 é a depreciação no ano 0, ou referencial, estimada em R\$/mil m<sup>3</sup>

$C_{ss}$  é a concentração média de sólidos em suspensão no referencial

$C_{ssi}$  é a concentração média de sólidos em suspensão no ano  $i$

$Vi$  é o volume total de água tratada no ano  $i$  (m<sup>3</sup>)

## Renda esperada dos SAF

Considerou-se como renda adicional dos SAF a função:

$$LL = 0,7 * LB$$

Onde

$LL$  é o lucro líquido adicionado por hectare de SAF existente no estabelecimento

$LB$  é o lucro bruto adicionado por hectare de SAF existente no estabelecimento

Para estimação do  $LB$ , foi utilizada a regressão

$$LB = \beta_0 + \beta_1 * safmata + \beta_2 perm + \beta_3 trator + \beta_4 ocup + e,$$

Onde

$LB$  é o lucro bruto (R\$) estimado como a diferença entre as receitas obtidas pela produção e pelas demais atividades do estabelecimento rural e as despesas desses mesmos estabelecimentos cuja tipologia seja de agricultura familiar Pronaf B e Pronaf V, para as atividades principais dos estabelecimentos, como horticultura e floricultura, agricultura permanente, extrativismo vegetal ou produção de sementes e mudas certificadas (IBGE, 2019).

$Safmata$  é a área de SAF e matas (ha) existentes no estabelecimento

$Trator$  é o número de tratores (unidades) existentes no estabelecimento semelhante ao perfil estimado para  $LB$  (IBGE, 2019).

$Ocup$  é o número de pessoas ocupadas (pessoas) existentes no estabelecimento semelhante ao perfil estimado para  $LB$  (IBGE, 2019).

O modelo foi aplicado a 842 municípios de Minas Gerais para os quais havia os dados das variáveis disponíveis.



## APÊNDICE C. LISTA DE MARCOS REGULATÓRIOS, PROGRAMAS E PROJETOS

**TABELA C1** | Lista de marcos regulatórios, programas e projetos considerados na análise de incidência das políticas públicas de recursos hídricos (continua)

MARCO REGULATÓRIO	ESCALA	DISPOSITIVO LEGAL
Agência Nacional de Águas (ANA)	Nacional	Lei nº 9.984/2000 – Dispõe sobre a criação da ANA (Brasil, 2000)
Código de Águas	Nacional	Decreto nº 24.643/1934 – Decreta o Código de Águas (Brasil, 1934b)
Código Florestal	Nacional	Decreto nº 23.793/1934 – Aprova o Código Florestal (Brasil, 1934a).
Conselho Nacional de Recursos Hídricos	Nacional	Decreto nº 2.612/1998 – Decreta o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (Brasil, 1998)
Ministério de Desenvolvimento Regional/ Secretaria Nacional de Habitação (MDR/SNH)	Nacional	Lei Federal nº 11.124/2005 - Dispõe sobre o Sistema Nacional de Habitação de Interesse Social – SNHIS, cria o Fundo Nacional de Habitação de Interesse Social – FNHIS e institui o Conselho Gestor do FNHIS (Brasil, 2005)
Marco Legal do Saneamento Básico	Nacional	Lei nº 14.026/2020 – Atualiza o marco legal do saneamento básico (Brasil, 2020)
Política Nacional de Meio Ambiente	Nacional	Lei nº 6.938/1981 – Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente (Brasil, 1981)
Política Nacional de Recursos Hídricos	Nacional	Lei nº 9.433/1997 – Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal (Brasil, 1997)
Adesão do estado de Minas Gerais ao Progestão	Nacional	Decreto estadual 46.465/2014 – Decreta a adesão do Estado de Minas Gerais ao Pacto Nacional pela Gestão das Águas - Progestão (Minas Gerais, 2014)
Programa Águas Brasileiras	Nacional	Criado em 2020 – Sem dispositivo legal
Programa Produtor de Águas	Nacional	Criado em 2001 – Sem dispositivo legal
Agência de Desenvolvimento da Região Metropolitana de Belo Horizonte (Agência RMBH)	Metropolitano	Lei Complementar nº 107/2009- Institui a Agência RMBH (Minas Gerais, 2009)
Macrozoneamento da RMBH	Metropolitano	PLC nº 74/2017 – Institui o Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado da Região Metropolitana de Belo Horizonte que prevê o Macrozoneamento da RMBH (Agência RMBH, 2017)
Plano de Segurança Hídrica da RMBH	Metropolitano	Em construção desde 2022
Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado da RMBH	Metropolitano	Previsto no Art. 46, inciso III da Constituição do Estado de Minas Gerais de 1989 (Minas Gerais, 1989)
Agência Peixe Vivo	Estadual	Criado em 2006 – Sem dispositivo legal
Comitê de Bacia Hidrográfica (CBH) do Rio das Velhas	Estadual	Decreto Estadual nº 39.692/1998 - Cria o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas (Minas Gerais, 1998)

**TABELA CI |** Lista de marcos regulatórios, programas e projetos considerados na análise de incidência das políticas públicas de recursos hídricos (continuação)

MARCO REGULATÓRIO	ESCALA	DISPOSITIVO LEGAL
Comitê de Bacia Hidrográfica (CBH) do Rio Paraopeba	Estadual	Decreto nº 40.398/1999 (Minas Gerais, 1999b)
Conselho Estadual de Recursos Hídricos	Estadual	Decreto nº 26.961/1987 (Minas Gerais, 1987)
Instituto Mineiro de Gestão das Águas (Igam)	Estadual	Lei nº 12.584/1997 – Altera a denominação do Departamento de Recursos Hídricos do Estado de Minas Gerais – DRH-MG -, para Instituto Mineiro de Gestão das Águas – Igam (Minas Gerais, 1997)
Plano Diretor de Recursos Hídricos do Rio das Velhas	Estadual	Deliberação CBH VELHAS nº 02/2015 (CBH Rio das Velhas, 2015)
Plano Diretor de Recursos Hídricos do Rio Paraopeba	Estadual	Em elaboração
Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH-MG)	Estadual	Decreto nº 45.565/2011 aprova o Plano Estadual de Recursos Hídricos de Minas Gerais (Minas Gerais, 2011)
Plano Mineiro de Desenvolvimento Integrado (PMDI)	Estadual	Lei nº 23.577/2020 – Atualiza o Plano Mineiro de Desenvolvimento Integrado (PMDI) para o período 2019-2030 (Minas Gerais, 2020)
Plano Mineiro de Segurança Hídrica	Estadual	Em fase de planejamento
Política Estadual de Recursos Hídricos	Estadual	Lei nº 13.199/99 – Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos (Minas Gerais, 1999a)
Política Florestal e de Proteção a Biodiversidade	Estadual	Lei nº 20.922/2013 (Minas Gerais, 2013)
Programa Cultivando Água Boa em Minas Gerais	Estadual	Criado em 2015 – Sem dispositivo legal
Programa de Conservação Ambiental e Produção de Água	Estadual	Criado em 2021 – Sem dispositivo legal
Programa Revitaliza Rio das velhas	Estadual	Criado em 2017 – Sem dispositivo legal
Programa de Regularização Ambiental (PRA)	Estadual	Decreto nº 48.127/2021 – Regulamenta, no Estado de Minas Gerais, o Programa de Regularização Ambiental – PRA (Minas Gerais, 2021)
Programa Somos Todos Água	Estadual	Criado em 2018 – sem dispositivo legal
Pró-Mananciais	Estadual	Resolução ARSAE-MG nº 96/2017 (ARSAE, 2017)
Secretaria de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Minas Gerais (Semad)	Estadual	Decreto nº 47.787, de 15/12/2019 (Minas Gerais, 2019)
Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (Sisema)	Estadual	Lei Estadual no 21.972/2016- Dispõe sobre o Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos - Sisema (Minas Gerais, 2016)
Projeto Manuelzão	Estadual	Criado em 1997 – Sem dispositivo legal
Projeto Conservador das Águas	Municipal	Lei municipal nº 2.100/2005 – Cria o Projeto Conservador das Águas (Extrema, 2005)
Plano de Saneamento de Belo Horizonte	Municipal	Lei nº 8.260/2001 (Belo Horizonte, 2001)



**TABELA C1** | Lista de marcos regulatórios, programas e projetos considerados na análise de incidência das políticas públicas de recursos hídricos (conclusão)

MARCO REGULATÓRIO	ESCALA	DISPOSITIVO LEGAL
Plano de Saneamento de Brumadinho	Municipal	Lei nº 11.445/2007 (Brumadinho, 2007)
Plano de Saneamento de Itabirito	Municipal	Lei nº 3.041/2014 (Itabirito, 2014)
Plano de Saneamento de Ouro Preto	Municipal	Lei nº 934/2014 (Ouro Preto, 2014)
Plano Diretor de Belo Horizonte	Municipal	Lei nº 11.181/19 (Belo Horizonte, 2019)
Plano Diretor de Brumadinho	Municipal	Lei Complementar nº 052/2006 (Brumadinho, 2006)
Plano Diretor de Itabirito	Municipal	Lei nº 2.466/2005 (Itabirito, 2005)
Plano Diretor de Itatiaiuçu	Municipal	Lei nº 1009/2006 (Itatiaiuçu, 2006)
Plano Diretor de Nova Lima	Municipal	Lei nº 2007/2007 (Nova Lima, 2007)
Plano Diretor de Ouro Preto	Municipal	Lei nº 91/2010 (Ouro Preto, 2010)
Plano Diretor de Rio Manso	Municipal	Lei complementar nº 23/2007 (Rio Manso, 2007)

Fonte: Elaborado pelos autores.



# APÊNDICE D. ATORES SOCIAIS QUE COMPÕEM A PAISAGEM SOCIAL NAS BACIAS DE CAPTAÇÃO DO RIO MANSO E DO ALTO RIO DAS VELHAS E REDES SOCIAIS ESTABELECIDAS

**TABELA D1 |** Composição da paisagem social da bacia do Rio Manso (continua)

CATEGORIA	ATOR SOCIAL	
Empresa de economia mista	Cemig – Companhia Energética de Minas Gerais	
	Copasa MG/Pró-Mananciais – Companhia de Saneamento de Minas Gerais	
Indivíduo	Dom Vicente Ferreira (Bispo)	
	Produtor rural	
Programas/ iniciativas	Projeto Água Corrente	
	Programa Agroecologia	
	Programa Mina de Mel	
Setor privado com fins lucrativos	Programas de Compensação Ambiental	
	Alasca	
	ArcelorMittal	
	AVG Mineração	
	Bancos	
	Ceramistas	
	Empreiteiros	
	Empresas de laticínio	
	Extração de areia	
	Faculdade ASA	
	Faculdades Anhanguera	
	Minerita mineração	
	PUC – Pontifícia Universidade Católica	
	Usiminas	
	Vale	
	Instituição pública	Agência de Desenvolvimento da Região Metropolitana de Belo Horizonte
		Arsae – Agência Reguladora de Serviços de Abastecimento de Água e de Esgotamento Sanitário do Estado de Minas Gerais
Câmara de Vereadores		
CBH – Comitê de Bacias Hidrográficas		
Codema – Conselho Municipal de Meio Ambiente		
Copam – Conselho Estadual de Política Ambiental		

**TABELA D1 |** Composição da paisagem social da bacia do Rio Manso (conclusão)

CATEGORIA	ATOR SOCIAL	
Instituição pública	Emater-MG – Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais	
	Epamig – Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais	
	Feam – Fundação Estadual do Meio Ambiente	
	FNMA – Fundo Nacional do Meio Ambiente	
	Ibama – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis	
	IEF – Instituto Estadual de Florestas	
	Igam – Instituto Mineiro de Gestão das Águas	
	IMA – Instituto Mineiro de Agropecuária	
	Ministério Público	
	Polícia Ambiental	
	Prefeituras	
	Secretaria de Meio Ambiente	
Setor privado sem fins lucrativos	UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais	
	Abrace a Serra da Moeda	
	Amda – Associação Mineira de Defesa do Ambiente	
	Fundação Biodiversitas	
	Carcará	
	Cuida Rio	
	Ecoavis	
	Fundação Banco do Brasil	
	Guará	
	Inhotim	
	Monicão	
	Ponto Verde Agrofloresta	
	WRI Brasil	
	Sociedade civil	Associação Comunitária do Povoado de Guedes
		Associação de Ceramistas
Associação de Moradores de Bom Jardim		
Associação de Moradores de Serra Azul		
Associação Horticultores		
Associação Comunitária do Morro do Cedro		
Assopoc		
Colmeias – Coletivos de Meio Ambiente		
Igrejas e comunidades religiosas		
Sindicato de Produtores Rurais		
Sindicato de Trabalhadores Rurais		

Fonte: Elaborado pelos autores.





**TABELA D2 |** Composição da paisagem social da bacia do Alto Rio das Velhas (continua)

CATEGORIA	ALTO VELHAS
Empresa de economia mista	Cemig – Companhia Energética de Minas Gerais
	Copasa MG/Pró-Mananciais – Companhia de Saneamento de Minas Gerais
Indivíduo	Produtor rural
	Programa Chuá de Educação Sanitária e Ambiental
	Projeto Escola vai ao Parque
Programas/ iniciativas	Programa de Recuperação Ambiental - CEMIG
	Programa PSA Itabirito
	Projeto Hidroambiental - CBH Velhas
	Reserva da Biosfera da Serra do Espinhaço
Setor privado com fins lucrativos	Agile
	Cesul
	CSN
	Empreendedores imobiliários
	Empresas de laticínio
	Empresas de mineração
	Extração de areia e pedra
	FEMSA
	Ferro+
	Gerdau
	Grupo Avante
	Grupo Bauminas
	Grupo Irmãos Machado
	Jaguar
	Pedreiras
	RPPN Fazenda Nascer
Saneouro	
Vale	
VDL	
Instituição pública	Agência Peixe Vivo
	Arsae – Agência Reguladora de Serviços de Abastecimento de Água e de Esgotamento Sanitário do Estado de Minas Gerais
	CBH – Comitê de Bacias Hidrográficas
	Centro de Educação Ambiental
	Copam – Conselho Estadual de Política Ambiental
	Corpo de bombeiros
Defesa Civil	

**TABELA D2 | Composição da paisagem social da bacia do Alto Rio das Velhas (continuação)**

CATEGORIA	ALTO VELHAS	
Instituição pública	Emater – Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais	
	Epamig – Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais	
	Ibama – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis	
	ICMBio – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade	
	IEF – Instituto Estadual de Florestas	
	IFMG Itabirito – Instituto Federal de Minas Gerais – Campus Itabirito	
	IFMG Ouro Preto – Instituto Federal de Minas Gerais – Campus Ouro Preto	
	Igam – Instituto Mineiro de Gestão das Águas	
	Ministério Público	
	Polícia Ambiental	
	Prefeituras	
	SAAE – Serviço Autônomo de Água e Esgoto	
	Secretarias Municipais de Desenvolvimento Urbano	
	Secretarias Municipais do Meio Ambiente	
	Semad – Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável	
	UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais	
	UFOP – Universidade Federal de Ouro Preto	
	UFV – Universidade Federal de Viçosa	
	Setor privado sem fins lucrativos	Uai – União Ambientalista de Itabirito
		Aqua – Associação Quadrilátero das Águas
Amda – Associação Mineira de Defesa do Ambiente		
Arca Amaserra		
Associação de Proteção Ambiental de Ouro Preto		
Fundação Biodiversitas		
Brigada 1		
Ecoavis		
Fundação Dom Cabral		
Iclei – Governos Locais pela Sustentabilidade		
Instituto Cresce		
Instituto Crescer e Prosperar		
Instituto Guaicuy		
Movimento “Fechos, eu cuido!”		
Movimento pela Preservação da Serra do Gandarela		

**TABELA D2 | Composição da paisagem social da bacia do Alto Rio das Velhas (conclusão)**

CATEGORIA	ALTO VELHAS
Setor privado sem fins lucrativos	Movimento pelas Águas e Serras de Minas
	PRIMO
	Projeto Manuelzão
	Associação Pró-Mutuca
	Senar – Serviço Nacional de Aprendizagem Rural
	SOS Maracujá
	TNC – The Nature Conservancy
Sociedade civil	WRI Brasil
	Associação Comunitária de Glaura/Maracujá/Amarantina
	Associação Comunitária Maciel
	Associação Comunitária do Bairro dos Cristais
	Associação Comunitária de Santa Rita
	Associação Comunitária de São Gonçalo do Baçõ
	Associação Comunitária de Honório Bicalho
	Associação Comunitária de Engenho D’água
	Associação Cultural Amigos de Cachoeira do Campo
	Associação de Produtores de Mel de Honório Bicalho
	Associação de Proteção Ambiental de Ouro Preto
	Associação Doceiros e Agricultores Familiares de São Bartolomeu
	Coletivo Chico Rei
	Coletivo Ribeirão da Prata
	Comunidade Vila Santeiro
Condomínios horizontais	
Corporações musicais	
Federação das Associações de Moradores de Ouro Preto	
Lion, Rotary, Maçonaria	
Pastorais	
Sindicato de Trabalhadores Rurais	
Associação de moradores do Ribeirão do Eixo	
Associação Rural do município de Ouro Preto	
Coletivo Borum-Kren	
Federação das Associações de Moradores de Ouro Preto	
Grupo de Teatro São Gonçalo do Baçõ	
Sindicato dos Produtores rurais	
SOS Maracujá	

Fonte: Elaborado pelos autores.



## NOTAS

1. Os recortes territoriais da área de estudo estão associados à bacia de captação e não necessariamente ao sistema de classificação da Agência Nacional de Águas e Saneamento (ANA) e do Instituto Mineiro de Gestão das Águas (Igam).
2. Cities4Forests é uma rede global de cidades que busca integrar as florestas internas, próximas e distantes aos planos diretores e programas de desenvolvimento municipais. Para maiores informações: <https://www.wribrasil.org.br/projetos/cities4forests>.
3. Barraginhas são pequenas bacias escavadas no solo para captação e infiltração de água da chuva ao longo de estradas rurais ou plantios agrícolas, com o intuito de controlar processos erosivos, reter sedimentos e favorecer a recarga hídrica.
4. Municípios que compõem a RMBH: Baldim, Belo Horizonte, Betim, Brumadinho, Caeté, Capim Branco, Confins, Contagem, Esmeraldas, Florestal, Ibirité, Igarapé, Itaguara, Itatiaiuçu, Jaboticatubas, Juatuba, Lagoa Santa, Mário Campos, Mateus Leme, Matozinhos, Nova Lima, Nova União, Pedro Leopoldo, Raposos, Ribeirão das Neves, Rio Acima, Rio Manso, Sabará, Santa Luzia, São Joaquim de Bicas, São José da Lapa, Sarzedo, Taquaraçu de Minas e Vespasiano.
5. Parecer Único SUPRAM CM no 238/2010. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – SEMAD. 18 de junho de 2010. Disponível em <http://www.meioambiente.mg.gov.br/images/stories/Robson/Paraopeba2010/9.1-copasa-pu.pdf>. Página acessada em 14/06/2022.
6. Na bacia do Alto Rio das Velhas foram organizadas duas reuniões com o objetivo de assegurar a participação de diversos atores, devido às dificuldades de deslocamento decorrentes das grandes distâncias territoriais. A oficina em Rio Manso contou com a participação de 38 pessoas, e as duas reuniões na bacia do Alto Velhas somaram 44 pessoas.
7. InVEST Sediment Delivery Ratio (SDR).
8. São considerados minifúndios as propriedades rurais de até 1 módulo fiscal, assim definidas pela Lei Federal nº 8.629/1979 e regulamentada pelo Decreto nº 84.685/1980.
9. Nesse caso, a existência do reservatório contribui positivamente com a menor turbidez da água captada graças ao ambiente lântico, situação em que o ecossistema aquático, formado por águas com pouca ou nenhuma movimentação, reduz a velocidade hídrica, favorecendo a sedimentação. Por outro lado, a deposição dos sedimentos no fundo do lago acelera o processo de assoreamento. Além disso, o fenômeno de inversão térmica é recorrente, aumentando drasticamente a turbidez da água represada, principalmente entre os meses de maio a agosto. Nesse período, frentes frias provocam resfriamento da camada superior de água, que tende a ir para o fundo do lago, causando deslocamento das camadas inferiores e revolvimento dos sedimentos depositados, o que exige maior aplicação de produtos químicos no tratamento da turbidez.
10. Módulo fiscal: unidade de medida, em hectares, definida pelo INCRA para cada município brasileiro, que pode variar de 5 a 110 hectares. Seu valor expressa a área mínima necessária para que uma unidade produtiva seja economicamente viável. Nos municípios que compõem a área de estudo, o módulo fiscal é de 7 hectares em Nova Lima e Rio Acima e de 20 hectares em Rio Manso, Crucilândia, Itabirito e Ouro Preto.
11. A taxa social de desconto de 4,3% ao ano é a mais recente disponível calculada para o Brasil e apresentada em *Social Discount Rates for Seventeen Latin American Countries: Theory and Parameter Estimation*.
12. A taxa social de desconto de 4,3% ao ano é a mais recente disponível calculada para o Brasil e apresentada em *Social Discount Rates for Seventeen Latin American Countries: Theory and Parameter Estimation*.
13. Tais custos podem ser reduzidos, a depender da abordagem de restauração e de arranjos financeiros adotados.
14. Considerando os recursos financeiros investidos pelo programa Pró-Mananciais no território entre os anos de 2018 e 2022 (R\$ 2.656.992).

## REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DA REGIÃO METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE. *Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado da Região Metropolitana de Belo Horizonte – PDDI-RMBH*, Belo Horizonte (MG), 2011.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). *Manual Operativo do Programa produtor de Água*. Agência Nacional de Águas, Superintendência de Usos Múltiplos. Brasília: ANA, 2008.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). *2º Ciclo do Pro gestão em Minas Gerais*. ANA. Brasília, 2021. Disponível em: < [https://progestao.ana.gov.br/mapa/mg/progestao-2/progestao\\_mg\\_2021.pdf](https://progestao.ana.gov.br/mapa/mg/progestao-2/progestao_mg_2021.pdf) > Acesso em: 03/10/2022
- AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO (ANM). 2022. Site. Disponível em: <<https://www.gov.br/anm/pt-br>> Acesso em: 04/10/2022
- ALBERT, C.; SCHRÖTER, B.; HAASE, D. et al. *Addressing societal challenges through nature-based solutions: How can landscape planning and governance research contribute?* In: *Landscape and Urban Planning*. 2019. v.182 p. 12-21.
- ALMEIDA, D. A. O.; COSTA, H. S. M.; MARQUES, L. M. F.J et al. *Anuário das agricultoras metropolitanas 2020/2021: uma publicação sobre a Região Metropolitana de Belo Horizonte*. Belo Horizonte: UFMG/IGC, 2022.
- ARAUJO, F. A. S.; ANDRADE, L. P.; MOLICA R. J. R.; ANDRADE, H. M. L. S. Indicadores de sustentabilidade para sistemas agroflorestais: levantamento de metodologias e indicadores utilizados. *Revista de Economia e Sociologia Rural*. 2022. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/resr/a/tVw6DvpYtbHgMJtgbsHqjS/?lang=pt>>ASF DAAC.
- ASF DAAC. *PALSAR\_Radiometric\_Terrain\_Corrected\_high\_res*. NASA Alaska Satellite Facility DAAC, 2014. Disponível em: <<https://www.asf.alaska.edu/data-sets/derived-data-sets/alos-palsar-rtc/alos-palsar-radiometric-terrain-correction/>>.
- BEZAK, N.; BORRELLI, P.; PANAGOS, P. *Exploring the possible role of satellite-based rainfall data in estimating inter- and intra-annual global rainfall erosivity*. *Hydrology and Earth System Sciences*, v. 26, n. 7, p. 1907–1924, 14 abr. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.5194/hess-26-1907-2022>
- BRASIL. *Decreto Nº 23.793, de 23 de janeiro de 1934, aprova o Código Florestal*. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Rio de Janeiro (RJ), 23 de janeiro de 1934.
- BRASIL. *Decreto n. 24.643, de 10 de julho de 1934, decreta o Código de Águas*. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília (DF), 10 de jul. 1934.
- BRASIL. *Lei Complementar n. 14, de 08 de junho de 1973, estabelece as regiões metropolitanas de São Paulo, Belo Horizonte, Porto Alegre, Recife, Salvador, Curitiba, Belém e Fortaleza*. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília (DF), 08 de jun. 1973.
- BRASIL. *Lei n. 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências*. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília (DF) 1981.
- BRASIL. *Lei 9.433, de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos*, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília (DF) 08 jan. 1997.
- BRASIL. *Decreto Nº 2.612, de 3 de junho de 1998, decreta o Conselho Nacional de Recursos Hídricos*. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília (DF), 3 de jun. 1998.
- BRASIL. *Lei n. 9.984 de 17 de julho de 2000. Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas – ANA*. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 17 jul. 2000.
- BRASIL. *Lei Nº 12.651, de 25 de maio de 2012, dispõe sobre a lei de Proteção da Vegetação Nativa conhecida como novo Código Florestal*. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília (DF), 25 de mai. 2012.
- BROWDER, G. S. OZMENT, I. REHBERGER-BESCOS, T. GARTNER, AND G-M. LANGE. 2019. *Integrating Green and Gray: Creating Next-Generation Infrastructure*. Washington, DC: World Bank and World Resources Institute.
- BUCKINGHAM, K. et al. *Mapeamento de Paisagens Sociais: Um guia para identificar redes, prioridades e valores dos atores da restauração*. WRI. 2018. Disponível em: < <https://www.wribrasil.org.br/publicacoes/mapeamento-de-paisagens-sociais-um-guia-para-identificar-redes-prioridades-e-valores>>
- CARVALHO, N. O. (2008). *Hidrossedimentologia prática*. 2ª edição, ver., atual e ampliada. Rio de Janeiro, 2008.
- COHEN-SHACHAM, E., WALTERS, G., JANZEN, C. AND MAGINNIS, S. (EDS.) (2016). *Nature-based Solutions to address global societal challenges*. Gland, Switzerland: IUCN. xiii + 97pp. <https://portals.iucn.org/library/node/46191>
- COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DAS VELHAS (CBH Rio das Velhas). *Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas 2015: Resumo Executivo*. Belo Horizonte, 2015. Disponível em: < <https://cdn.agenciapeixe vivo.org.br/media/2020/06/RESUMO-EXECUTIVO-PDRH-VELHAS-2015.pdf> >



COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DAS VELHAS (CBH Rio das Velhas). *Programa de Conservação Ambiental & Produção de Água*, Belo Horizonte, Minas Gerais, 2021. Disponível em: < [https://cbhvelhas.org.br/wp-content/uploads/2021/05/Proposta-conceitual-do-Programa\\_Velhas.pdf](https://cbhvelhas.org.br/wp-content/uploads/2021/05/Proposta-conceitual-do-Programa_Velhas.pdf) > Acesso em 03/30/2022.

FELTRAN-BARBIERI, R.; OZMENT, S.; HAMEL, P.; GRAY, E.; MANSUR, H.; PIAZZETTA VALENTE, T.; BALADELLI RIBEIRO, J.; MATSUMOTO, M. *Natural Infrastructure in the Guandu Water System, Rio de Janeiro*. Sao Paulo: WRI Brasil, 2018.

FELTRAN-BARBIERI, R.; OZMENT, S.; MATSUMOTO, M.; GRAY, E.; BELOTE, T.; OLIVEIRA, M. *Infraestrutura Natural para Água na Região Metropolitana da Grande Vitória*. São Paulo: WRI Brasil, 2021.

FONSECA, C. O.; VALADÃO, R. C. *Dinâmica espacial da Serra do Gandarela e entorno: Uma análise a partir de representações coreomáticas*. In: Soc. & Nat., Uberlândia, v.29 (2).2017. Disponível em: < <https://seer.ufu.br/index.php/sociedadennatureza/article/view/34863/pdf>>. Acessado em 27/09/2022

FREITAS, R. O. M.; SANTOS, G. T.; BAHIA, E. T. *Análise do abastecimento hídrico de Belo Horizonte e região metropolitana: uma abordagem por meio de dinâmica de sistemas*. 2018. RBCIAM, n.48. p.52-68.

GARTNER, T. et al. *Natural Infrastructure: investing in forested landscapes for source water protection in the United States*. Washington: WRI, WRI Report, 2013.

GODOI, R. DE F. et al. *High-resolution soil erodibility map of Brazil*. Science of The Total Environment, v. 781, p. 146673, ago. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146673>

GRAY, E. S. OZMENT, J.C. ALTAMIRANO, R. FELTRAN-BARBIERI, G. MORALES. 2019. *Green-Gray Assessment: How to Assess the Costs and Benefits of Green Investments for Water Supply Systems*. Washington DC: World Resources Institute.

HANSON, C. et al. *Diagnóstico da Restauração: Um método para desenvolver estratégias de restauração de paisagens e florestas por meio da avaliação rápida de fatores-chave de sucesso*. Washington, DC: WRI & UICN, 2015. Disponível em: < <https://www.wribrasil.org.br/publicacoes/diagnostico-da-restauracao>>

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). *Panorama das cidades*. 2017a. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/belo-horizonte/panorama>. Acesso em 6 de junho de 2022.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). *Censo Agropecuário de 2017*. Rio de Janeiro: IBGE, 2017b. Disponível em: <<https://censoagro2017.ibge.gov.br>>.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). *Censo Demográfico 2010*. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: <<https://censo2010.ibge.gov.br/resultados.html>>.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). *Malha Municipal Digital da Divisão Político-Administrativa Brasileira*. Rio de Janeiro: IBGE, 2020. Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html>>.

INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS. *Oportunidades de restauração de paisagens e florestas na porção mineira da bacia do Rio Doce*: resultados e recomendações da aplicação do ROAM. Coord. Juliana Costa, Luciana Medeiros Alves. São Paulo: WRI Brasil, 2020.

IPCC (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas), 2022. Sexto Relatório de Avaliação do IPCC: Mudança Climática 2022. Disponível em: <[https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_WGII\\_FullReport.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC_AR6_WGII_FullReport.pdf)> Acesso em: 04/10/2022

IUCN e WRI (2014). *Guia sobre a Metodologia de Avaliação de Oportunidades de Restauração (ROAM): Avaliação de oportunidades de restauração de paisagens florestais em nível subnacional ou nacional*. Documento de trabalho (Edição-teste). Gland, Suíça: IUCN. 125 pp

JACOBI, C. M.; CARMO, F.F. *Diversidade dos campos rupestres ferruginosos no Quadrilátero Ferrífero, MG*. In: Megadiversidade, v.4 2008. Disponível em: < [https://institutopristino.org.br/wp-content/uploads/2020/04/17\\_Diversidade\\_dos\\_campos\\_rupestres\\_ferruginosos-1.pdf](https://institutopristino.org.br/wp-content/uploads/2020/04/17_Diversidade_dos_campos_rupestres_ferruginosos-1.pdf)>. Acesso em 27/09/2022

LOUREIRO, A.; SULIANO, D. *As principais linhas de pobreza utilizadas no Brasil*. Nota técnica n. 38. Fortaleza: IPECE – Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará, 2009. Disponível em: [https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2012/12/NT\\_38.pdf](https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2012/12/NT_38.pdf)

MAPBIOMAS, PROJETO – *Coleção 7.0 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil*. 2022. Disponível em: <https://mapbiomas.org/>

MARENT, B. R. LAMOUNIER, W. L. GONTIJO, B. M. Conflitos ambientais na Serra do Gandarela, Quadrilátero Ferrífero-MG: mineração x preservação. Revista Geografias, v7 pp.99-113, 2011. Disponível em <<https://doi.org/10.35699/2237-549X..13311>>

- MARGULIS, S.; DUBEUX, C. B. S. (Ed.). *Economia da mudança do clima no Brasil: custos e oportunidades*. São Paulo: IBEP Gráfica, 2010. 81 p. 1; il. Coordenação geral: Jacques Marcovitch.
- MARTÍN, E. G.; COSTA, M. M.; MÁÑEZ, K. S. *An operationalized classification of Nature Based Solutions for water-related hazards: From theory to practice*. In: Ecological Economics. 2020. v.167. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2019.106460>>.
- MINAS GERAIS (Estado). *Decreto 39.692, de 29 de junho de 1998, que institui o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas*. Belo Horizonte (MG), 29 de jun. de 1998.
- MINAS GERAIS (Estado). *Lei nº 13.199 de 29 de janeiro 1999, que institui a Política Estadual de Recursos Hídricos*. Diário do Executivo, Minas Gerais (MG), 30 de jan. 1999.
- MINAS GERAIS (Estado). *Decreto Nº 40.398/1999 de 28 de maio de 1999, que institui o comitê da bacia hidrográfica do Rio Paraopeba e dá outras providências*. Belo Horizonte (MG), 28 de mai. 1999.
- MINAS GERAIS (Estado). *Decreto nº 45.565, de 22 de março de 2011, que aprova o Plano Estadual de Recursos Hídricos – PERH-MG*. Diário do Executivo, Minas Gerais, 23 de mar. De 2011.
- MINAS GERAIS (Estado). *Lei 20.922, de 16 de outubro de 2013, dispõe sobre as políticas florestal e de proteção à biodiversidade no Estado*. Diário do Executivo, Minas Gerais (MG) 17 de out. 2013.
- MINAS GERAIS (Estado). *Portaria IGAM No 013, de 08 de abril de 2015*. Declara situação crítica de escassez hídrica superficial na porção hidrográfica localizada no reservatório Rio Manso e a sua bacia de contribuição. Disponível em [https://2017.cbhsaofrancisco.org.br/wp-content/uploads/2012/05/Portaria\\_IGAM\\_013\\_-\\_Situacao\\_Escassez\\_Rio\\_Manso.pdf](https://2017.cbhsaofrancisco.org.br/wp-content/uploads/2012/05/Portaria_IGAM_013_-_Situacao_Escassez_Rio_Manso.pdf). Acesso em 23 de agosto de 2022.
- MINAS GERAIS (Estado). *Decreto Estadual no. 47.749 de 11/11/2019*. Dispõe sobre os processos de autorização para intervenção ambiental e sobre a produção florestal no âmbito do Estado de Minas Gerais e dá outras providências. Disponível em <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=384701>. Acesso em 21/09/2022
- MOORE, M. A., BOARDMAN, A.R., VINING A.R. *Social Discount rates for seventeen Latin American countries: theory and parameter estimation*. Public Finance Review 48(1):43-71, 2020
- MURPHY, S. *Changing perspectives: Small-scale farmers, markets and globalisation*. 2012. Disponível em: <<https://www.iiied.org/16517iied>>.
- NATURAL CAPITAL PROJECT. InVEST 3.12.0.post26+ug.g230fb3d User's Guide. Stanford University, University of Minnesota, Chinese Academy of Sciences, The Nature Conservancy, World Wildlife Fund, and Stockholm Resilience Centre. 2022
- OZMENT, S., DIFRANCESCO, K. AND GARTNER, T. *The role of natural infrastructure in the water, energy and food nexus*. 2015. Nexus Dialogue Synthesis Papers. Gland, Switzerland: IUCN.
- OZMENT, S., FELTRAN-BARBIERI, R.; HAMEL, P.; GRAY, E.; BALADELLI RIBEIRO, J.; BARRETO, S.; PADOVEZI, A. *Natural Infrastructure in Sao Paulo's Cantareira System*. Washington, DC: World Resources Institute, 2018.
- OLIVEIRA, Mariana; ALVES, Luciana M.; BUZATI, Jordano R. et al. *A paisagem social no planejamento da restauração*. São Paulo, Brasil: WRI Brasil, IEE, UNICAMP. 2022.
- PADOVAN, M. P. Sistemas Agroflorestais em bases agroecológicas. In: PADOVAN, M. P.; PEZARICO, C. R.; OTSUBO A. A. (ed) Tecnologias para agricultura familiar. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2014. p. 71-74
- PANAGOS, P. et al. *Global rainfall erosivity assessment based on high-temporal resolution rainfall records*. Scientific Reports, v. 7, n. 1, p. 4175, 23 jun. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41598-017-04282-8>
- PEIXOTO, R. A. O. et al. *Determinação da relação entre vazões líquida e sólida e análise de fatores que influenciam a dinâmica do transporte de sedimentos na Bacia Hidrográfica do Rio Jordão (UPGRH-PN 1)*. Eng Sanit Ambient 25(6):921-931. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-4152202020180137>
- POTSCHIN, M.; KRETSCH, C.; HAINES-YOUNG, R., E. FURMAN, BERRY, P., BARÓ, F. (2016). *Nature-based solutions*. In: Potschin, M. and K. Jax (eds): OpenNESS Ecosystem Services Reference Book. EC FP7 Grant Agreement no. 308428. Disponível em: [www.openness-project.eu/library/reference-book](http://www.openness-project.eu/library/reference-book)
- PROFILL. *Plano de segurança hídrica da região metropolitana de Belo Horizonte – PSH-RMBH*, março de 2022.
- REZENDE, V. L. *A mineração em Minas Gerais: uma análise de sua expansão e os impactos ambientais e sociais causados por décadas de exploração*. In: Sociedade & Natureza, v 28 (3). 2016
- ROESER, H. M. P.; ROESER, P. A. *O quadrilátero ferrífero - MG, Brasil: aspectos sobre sua história, seus recursos minerais e problemas ambientais relacionados*. In: Geonomos, v.18 (1). 2010.
- SFB (SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO). SICAR – Consulta Pública. 2022. Disponível em: <<https://www.car.gov.br/publico/municipios/downloads>>.



SHENNAN-FARPÓN, Y. et al. *The role of agroforestry in restoring Brazil's Atlantic Forest: Opportunities and challenges for smallholder farmers*. *People and Nature*, v. 4, n. 2, p. 462–480, 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.1002/pan3.10297>>

SHYAMSUNDAR, P.; COHEN, F.; BOUCHER, T. et al. *Scaling smallholder tree cover restoration across the tropics*. *Global Environmental Change*, v. 76, p. 102591, set. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2022.102591>

SOUZA, L. A. *Do Quadrilátero Ferrífero ao Quadrilátero Aquífero: territorialidades conflitantes na produção de um espaço social extensivo à Região Metropolitana de Belo Horizonte-MG*. *Geosp*, v. 25, n. 3, e-188865, dez. 2021

TALBERTH J, GRAY E, YONAVJAK L, GARTNER T (2013). *Green versus gray: Nature's solutions to infrastructure demands*. *Solutions*, 4(1): 40–47

TRAMONTIN, V.; FELTRAN-BARBIERI, R.; BARBOSA, L.; OLIVEIRA, M. et al. *Infraestrutura Natural para Água em Capinas (SP) e região*. São Paulo: WRI Brasil, 2022.

UFMG (UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS). *Produto 4 do Macrozoneamento da RMBH, dez. 2014*. Disponível em: <<http://www.agenciarmbh.mg.gov.br/pddi-macrozoneamento/>>. Acesso em: 04/10/2022.

VOGAS, A.; LEITÃO, S. Litigância Climática no Brasil: A atuação da sociedade civil. In: SETZER, J. CUNHA, K.; FABBRI, A. *Litigância Climática no Brasil*. São Paulo (SP): Editora Revista dos Tribunais. 2019.

WISCHMEIER, W. H.; MANNERING, J. V. *Relation of Soil Properties to its Erodibility*. *Soil Science of America Journal*. 1969 Disponível em: <https://doi.org/10.2136/sssaj1969.03615995003300010035x>

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. *Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning*. Washington, DC: USDA, 1978. (Agriculture handbook, 537)

## SOBRE O WRI BRASIL

O WRI Brasil é um instituto de pesquisa que transforma grandes ideias em ações para promover proteção do meio ambiente, oportunidades econômicas e bem-estar humano. Atua no desenvolvimento de estudos e implementação de soluções sustentáveis em clima, florestas e cidades. Alia excelência técnica a articulação política e trabalha em parceria com governos, empresas, academia e sociedade civil.

O WRI Brasil faz parte do World Resources Institute (WRI), instituição global de pesquisa com atuação em mais de 60 países. O WRI conta com o conhecimento de aproximadamente 1.700 profissionais em escritórios no Brasil, China, Estados Unidos, Europa, México, Índia, Indonésia e África.

## SOBRE A COPASA MG

A Companhia de Saneamento de Minas Gerais (Copasa MG) é uma empresa de capital misto que atua no setor de saneamento básico no estado de Minas Gerais, Brasil. Com mais de 50 anos de experiência, desempenha papel fundamental na provisão de água potável e no tratamento de esgoto em diversas cidades mineiras. A empresa busca garantir o acesso à água de qualidade e promover a preservação dos recursos hídricos, adotando tecnologias avançadas e práticas sustentáveis. Por meio de sua atuação responsável e comprometida, a Copasa MG é responsável, desde 2017, pelo programa Pró-Mananciais, iniciativa voltada para preservação e recuperação de mananciais hídricos no estado. O programa tem como objetivo principal proteger a água e promover ações que visam garantir a disponibilidade de recursos hídricos de qualidade para as gerações futuras. Através do programa, a empresa trabalha em parceria com órgãos governamentais, instituições ambientais e a comunidade local para desenvolver estratégias de conservação, como a recomposição de matas ciliares, a recuperação de nascentes e a conscientização sobre o uso responsável da água. Com o Pró-Mananciais, a Copasa MG busca assegurar a proteção dos mananciais e a gestão sustentável dos recursos hídricos, contribuindo para a preservação do meio ambiente e o bem-estar da população.

### Crédito das fotos

Bruno Figueiredo/ WRI Brasil





**São Paulo**

R. Cláudio Soares, 72 cj. 1510

CEP: 05422-030

+55 11 3032-1120

**Porto Alegre**

Av. Independência, 1299 cj. 401

CEP: 90035-007

+55 51 3312 6324

wribrasil.org.br

<https://doi.org/10.46830/wrirpt.22.00069>



Copyrights 2023 World Resources Institute. Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional.  
Para ver uma cópia da licença, visite <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>