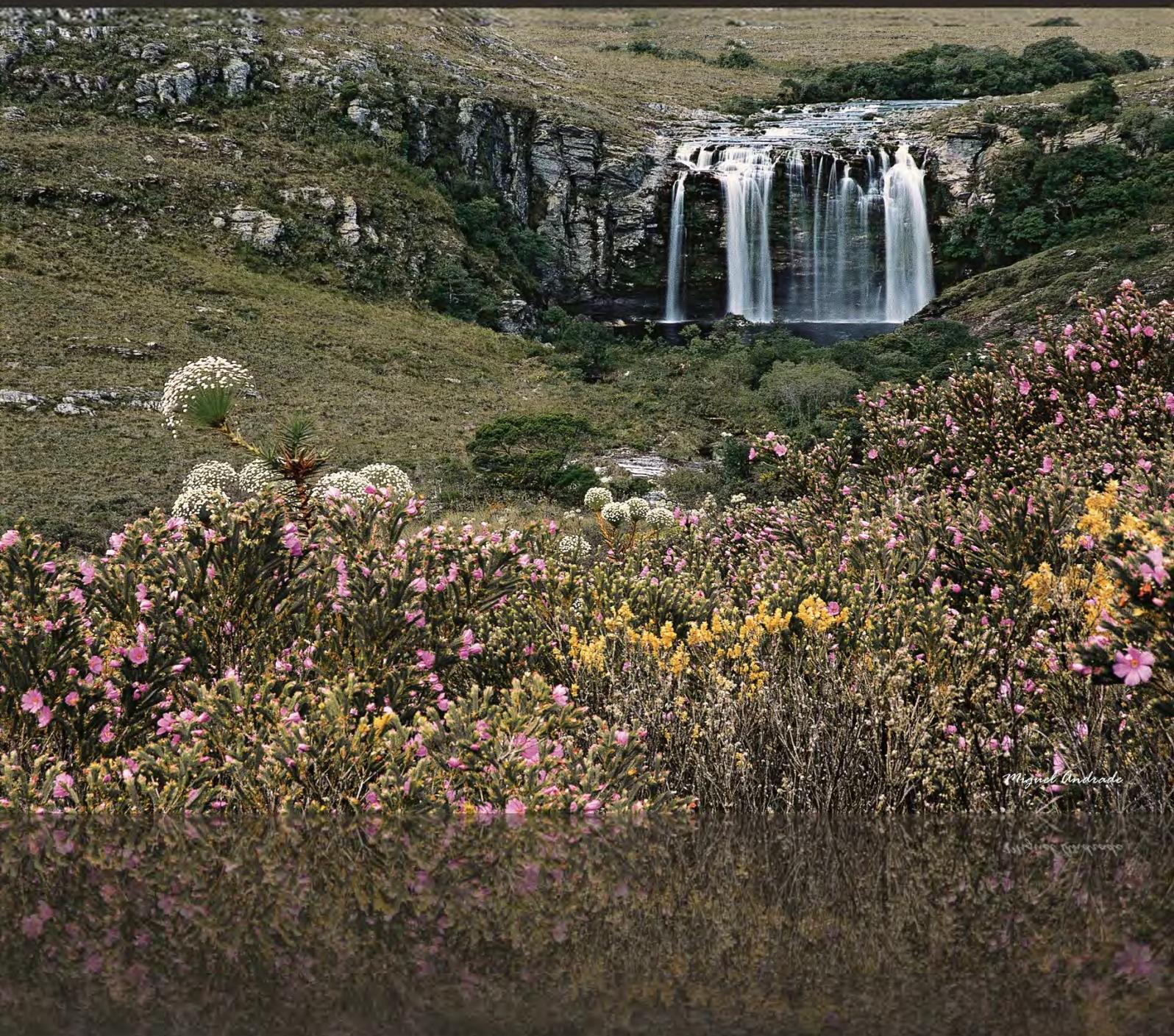




ÁREAS PRIORITÁRIAS

Estratégias para a Conservação
da Biodiversidade e dos
Ecossistemas de **Minas Gerais**



Miguel Andrade



UFMG



KFW



Realização

Instituto Estadual de Florestas – IEF

Execução

Universidade Federal de Minas Gerais

WWF Brasil

Fundação Biodiversitas

Colaboração

**Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável –
Semad**

Fundação Estadual de Meio Ambiente – Feam

Instituto Mineiro de Gestão das Águas – Igam

**PROJETO ÁREAS PRIORITÁRIAS:
ESTRATÉGIAS PARA A CONSERVAÇÃO DA
BIODIVERSIDADE E ECOSSISTEMAS DE MINAS GERAIS**

**BELO HORIZONTE
2021**

Governo do Estado de Minas Gerais

Romeu Zema Neto
Governador de Estado

Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável

Marília Carvalho de Melo
Secretária de Estado

Instituto Estadual de Florestas

Antônio Augusto Melo Malard
Diretor Geral

Instituto Mineiro de Gestão das Águas

Marcelo da Fonseca
Diretor Geral

Fundação Estadual de Meio Ambiente

Renato Teixeira Brandão
Presidente

Realização

Instituto Estadual de Florestas de Minas Gerais
Cooperação Financeira Brasil-Alemanha - KfW Kreditanstalt für Wiederaufbau
Projeto de Proteção da Mata Atlântica em Minas Gerais (Fase II) - Promata II

A 678 Áreas prioritárias: estratégias para a conservação da biodiversidade e dos ecossistemas de Minas Gerais / Realização, Instituto Estadual de Florestas; Execução, Universidade Federal de Minas Gerais, WWF Brasil, Fundação Biodiversitas; Colaboração, Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável; Fundação Estadual do Meio Ambiente, Instituto Mineiro de Gestão das Águas. – Belo Horizonte: IEF, 2021.
162 p.; il.

Vários colaboradores.

1. Meio ambiente. 2. Biodiversidade. 3. Política ambiental. 4. Conservação.
I. Instituto Estadual de Florestas (Minas Gerais). II. Universidade Federal de Minas Gerais. III. WWF Brasil. IV. Fundação Biodiversitas. V. Minas Gerais. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. VI. Fundação Estadual do Meio Ambiente (Minas Gerais). VII. Instituto Mineiro de Gestão das Águas.

CDU: 502.7 (815.1)

Execução

WWF-Brasil
Maurício Voivodic
Diretor-Executivo

Fundep / UFMG
Prof. Alfredo Gontijo de Oliveira
Presidente

Fundação Biodiversitas
Ângelo Machado
Diretor-Presidente

Coordenação - Instituto Estadual de Florestas

Liliana Adriana Nappi Mateus
Diretora de Conservação de Fauna

Leandro Carmo Guimarães
Gerente de Conservação e Restauração da Fauna Aquática e de Pesca

Ana Maria Lima
Gerência de Conservação e Restauração da Fauna Silvestre Terrestre

Thamiris Lopes Chaves
Gerência de Conservação e Restauração da Fauna Aquática e de Pesca

Coordenação – Consórcio Áreas Prioritárias

Dra. Paula HannaValdujo
WWF - Brasil

Prof. Dr. Adriano Pereira Paglia
Universidade Federal de Minas Gerais

Glaucia Moreira Drummond
Fundação Biodiversitas

Comitê Executivo – Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos de Minas Gerais

Alessandro Ribeiro Campos

Diretoria de Instrumentos de Gestão e Planejamento Ambiental - Feam

Fabício Lisboa Vieira Machado

Diretoria de Gestão Territorial Ambiental - Semad

Gustavo Endrigo de Sá Fonseca

Diretoria de Estratégia em Fiscalização - Semad

Iara Andrade de Oliveira

Diretoria de Estratégias Regionais - Semad

Leandro Carmo Guimarães

Diretoria de Conservação da Fauna - IEF

Leonardo Diniz Reis Silva

Diretoria de Conservação e Recuperação de Ecossistemas - IEF

Marcos Pereira de Souza

Diretoria de Controle, Monitoramento e Geotecnologia - IEF

Nádia Antônia Pinheiro Santos

Assessoria de Programas, Projetos e Pesquisa em Recursos Hídricos - Igam

Nilcemar Oliveira Bejar

Diretoria de Unidades de Conservação - IEF

Rosinalva da Cunha dos Santos

Assessoria de Programas e Projetos Especiais - IEF

Vanildo Ribeiro Paiva

Diretoria de Apoio Técnico e Normativo – Semad

Equipe Técnica - Consórcio Áreas Prioritárias**Dra. Paula Hanna Valdujo**

Coordenadora Geral – WWF-Brasil

MSc. Glaucia Moreira Drummond

Coordenadora Adjunta - Fundação Biodiversitas

Prof. Dr. Adriano Pereira Paglia

Coordenador Científico e Bases de dados de Vertebrados - UFMG

Eng. Mariana da Silva Soares

Sistemas de Informação Geográfica - WWF-Brasil

MSc. Ricardo Aranha

Geoprocessamento e Hidrologia - WWF-Brasil

Prof. Dr. Rafael Loyola

Assessor Científico / Instrutor - UFG

Prof. Dr. Clodoveu Davis

Bancos de Dados / Instrutor - UFMG

MSc. Cassio Soares Martins

Bancos de Dados - Fundação Biodiversitas

Dr. Ubirajara Oliveira

Mapeamento de espécies / Instrutor - UFMG

Prof. Dr. João Renato Stehmann

Bases de dados de Flora - UFMG

Prof. Dr. Fernando Augusto de Oliveira e Silveira

Bases de dados de Flora – UFMG

Prof. Dr. Ricardo Ribeiro de Castro Solar

Bases de dados de Invertebrados – UFMG

Profa. Dra. Maria Auxiliadora Drumond

Bases de dados de Uso Sustentável Direto - UFMG

Prof. Dr. Bernardo Machado Gontijo

Bases de dados de Uso Sustentável Indireto - UFMG

Prof. Dr. Alecir Antônio Maciel Moreira

Bases de dados de Meio Físico - PUC Minas

Dr. Jackson Clayton Campos

Bases de dados de Socioeconomia - UFMG

Prof. Dr. Paulo Roberto Haddad

Diagnóstico institucional - UFMG

MSc. Cezar Augusto Reis da Fonseca Borges

Ecologia da Paisagem - WWF-Brasil

Rodolfo German Antonelli Vital Stumpp

Biólogo Vertebrados - UFMG

João Pedro Corrêa Gomes

Biólogo Vertebrados - UFMG

Dra. Ruanny Casarim Corrêa Prado

Bióloga Vertebrados - Ufla

Dr. Gilberto Nepomuceno Salvador

Biólogo Vertebrados - UFPA

Dr. João Victor Andrade Lacerda

Biólogo Vertebrados – UFMG

Dr. Cristiano de Campos Nogueira

Biólogo Vertebrados - USP

Dr. Emanuel Teixeira da Silva

Biólogo Vertebrados - UEMG

Marco Antonio de Amorim Peixoto

Biólogo Vertebrados - UFV

Ana Luiza Moreira Cattabriga

Biólogo Vertebrados – UFMG

Lucas Neves Perillo

Biólogo Invertebrados – UFMG

Luisa Azevedo Oliveira

Bióloga Flora - UFMG

Irla Paula Stopa Rodrigues

Bióloga Uso Sustentável Direto - UFMG

Eduardo de Ávila Coelho

Geógrafo Uso Sustentável Indireto – UFMG

Rafaela Cerqueira

Bases de dados espaciais - Ufla

Gabrielly Silva

Bases de dados espaciais - UFMG

Jaqueline Silva

Bases de dados espaciais - UFMG

Dra. Gabriela Duarte

Serviços Ecosistêmicos

Dr. João Victor Andrade Lacerda

Bases de dados de anfíbios

Dr. Cristiano de Campos Nogueira

Bases de dados de répteis

Dr. Emanuel Teixeira da Silva

Bases de dados de anfíbios

Dr. Marco Antonio de Amorim Peixoto

Bases de dados de anfíbios

MSc. Natália Rizzo Friol

Bases de dados espaciais

Daniele Barcelos

Apoio SIG – UFMG

Danielle Correa

Apoio SIG - UFMG

Aline Alves Lopes

Apoio SIG e bases de dados espaciais – UFMG

Iago Simões

Apoio SIG - UFMG

Paloma Viela

Apoio SIG - UFMG

Elisa Lara

Apoio SIG - UFMG

Karla Rosa

Apoio SIG - UFMG

Marina Rozendo

Apoio SIG - UFMG

Luis Felipe dos Santos Melo

Apoio SIG - UFMG

Maria Carolina Vilar

Facilitação de oficinas

Tenile Vicenzi

Facilitação de oficinas

Andreas Ufer

Facilitação de oficinas

Élida Soares Santos

Assistente Administrativa – WWF-Brasil

Victória Varella

Estagiária Sistemas de Informação Geográfica - WWF-Brasil

Matheus Villela Ferreira

Estagiário Sistemas de Informação Geográfica – WWF-Brasil

Viviane Sobral Domingos dos Santos

Estagiária de Sistemas de Informação Geográfica - WWF-Brasil

Danielle Ramos de Alvarenga

Estagiária Vertebrados - UFMG

Sofia Velasquez Martins

Estagiária Vertebrados – UFMG

Tulio Cotta Cardoso Gomes

Estagiário Invertebrados - UFMG

Tomás Magalhães Torres Oliveira

Estagiário Invertebrados – UFMG

Juliana Francisco de Souza

Estagiária Flora - UFMG

Daniela Melo Garcia de Oliveira

Estagiária Flora – UFMG

Felipe Trulli Gontijo

Estagiário Uso Sustentável Direto – UFMG

Regina Gonçalves Bastos

Estagiária Meio Físico - UFMG

Elisa Marina de Assunção

Estagiária Vertebrados – UFMG

Colaboradores – Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos de Minas Gerais**Allan de Oliveira Mota**

Diretoria de Planejamento e Regulação - Igam

Anderson Rocha Campos

Diretoria de Unidades de Conservação - IEF

André Luis Ruas

Diretoria de Educação Ambiental e Relações Institucionais - Semad

Bruno Henrique Porto de Almeida

Diretoria de Controle, Monitoramento e Geotecnologia - IEF

Caroline Priscila Fan Rocha

Diretoria de Instrumentos de Gestão e Planejamento Ambiental - Feam

Cássio Fernandes de Araújo

Diretoria de Instrumentos de Gestão e Planejamento Ambiental - Feam

Eder Pereira Oliveira

Diretoria de Gestão Territorial Ambiental - Semad

Éverton Rocha

Diretoria de Instrumentos de Gestão e Planejamento Ambiental – Feam

Fellipe Pinheiro Chagas Mendonça

Diretoria de Controle, Monitoramento e Geotecnologia – IEF

Fernanda de Oliveira Silva

Diretoria de Conservação da Fauna - IEF

Fernanda Teixeira Silva

Projeto de Proteção da Mata Atlântica em Minas Gerais (Fase II) – Promata II/ IEF

Gabriela Cristina Barbosa Brito

Superintendência de Gestão Ambiental - Semad

Geraldo Antônio de Moraes

Diretoria de Controle, Monitoramento e Geotecnologia - IEF

Giácomo Jordan Russo Moreira Sant'anna

Estagiário - IEF

Guilherme Passos Friche

Diretoria de Estratégias Regionais - Semad

Heitor Soares Moreira

Gabinete - Igam

Isadora Pinto Coelho de Pinho Tavares

Diretoria de Planejamento e Regulação - Igam

Janaína Aparecida Batista Aguiar

Diretoria de Conservação da Fauna - IEF

Jeane Dantas de Carvalho

Diretoria de Planejamento e Regulação - Igam

Júlia Franco Ferreira

Estagiária – IEF

Lilian Márcia Domingues de Resende

Assessoria De Programas, Projetos e Pesquisa em Recursos Hídricos - Igam

Katiane Cristina de Brito Almeida

Diretoria de Operações e Eventos Críticos - Igam

Lissandra Helena Pereira de Paiva Fiorine

Diretoria de Conservação e Recuperação de Ecossistemas - IEF

Luis Gabriel Menten Mendoza

Diretoria de Estratégia em Fiscalização - Semad

Luisa Cunha Cota Ferreira

Diretoria de Controle, Monitoramento e Geotecnologia - IEF

Luisa Marilac Froes Righi

Diretoria de Estratégia em Fiscalização - Semad

Manuela Cardoso Stein

Diretoria de Conservação e Recuperação de Ecossistemas -IEF

Marcia Beatriz Silva de Azevedo

Diretoria de Gestão de Pessoas - Semad

Maria de Lourdes Amaral Nascimento

Diretoria de Planejamento e Regulação - Igam

Mariana Lobato Megale de Souza Lima

Diretoria de Controle, Monitoramento e Geotecnologia - IEF

Maricene Menezes de Oliveira Mattos (*In memoriam*)

Diretoria de Operações e Eventos Críticos- Igam

Marina Silva Rufino

Diretoria de Proteção à Fauna – IEF

Patrícia Gaspar Costa

Diretoria de Planejamento e Regulação - Igam

Paulo Fernandes Scheid

Diretoria de Unidades de Conservação - IEF

Raquel Souza Mendes

Diretoria de Estratégia em Fiscalização - Semad

Renata Muinhos Pereira

Núcleo de Sustentabilidade, Energia e Mudanças Climáticas - Feam

Rodolfo Silvério Vilela

Diretoria de Unidades de Conservação - IEF

Sabrina Maria de Lima Accioly

Diretoria de Gestão Territorial Ambiental – Semad

Silvana de Almeida

Diretoria de Gestão de Pessoas - Semad

Tatiana Pires Botelho

Diretoria de Conservação e Recuperação de Ecossistemas -IEF

Vitor Abraçado de Almeida

Diretoria de Proteção à Fauna - IEF

Lista de Abreviaturas

ANA – Agência Nacional de Águas
Aneel – Agência Nacional de Energia Elétrica
ANM – Agência Nacional de Mineração
ANTT – Agência Nacional de Transportes Terrestres
APA – Área de Proteção Ambiental
APE – Área de Proteção Especial
APP – Área de Preservação Permanente
AUC – Área abaixo da curva
Baze – Aliança Brasileira para Extinção Zero
BLM – *Boundary Length Modifier*
CAR – Cadastro Ambiental Rural
CDB – Convenção sobre Diversidade Biológica
Cecav – Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas
Cedefes – Centro de Documentação Eloy Ferreira da Silva
Cemig – Companhia Energética de Minas Gerais
CGH – Central Geradora Hidrelétrica
CNARH – Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos
CNUC – Cadastro Nacional de Unidades de Conservação
Codemig – Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais
Copam – Conselho de Política Estadual de Meio Ambiente
Copanor – COPASA Serviços de Saneamento Integrado do Norte e Nordeste de Minas Gerais
Copasa – Companhia de Saneamento de Minas Gerais
CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
CSI – *Connectivity Status Index*
DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
DOF – Degree of Fragmentation
DOR – *Degree of Regulation*
DWC – *Darwin Core*
Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EPE – Empresa de Pesquisa Energética
FBDS – Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável
Feam – Fundação Estadual do Meio Ambiente
Funai – Fundação Nacional do Índio
Gasmig – Companhia de Gás de Minas Gerais
GBIF – Global Biodiversity Information Facility
GLM – Modelos Lineares Generalizados
Ibama – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMBIO – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
ICT – Instituições de Ciência e Tecnologia
IDE / Sisema – Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente
IEF – Instituto Estadual de Florestas

Igam – Instituto Mineiro de Gestão das Águas
Incrá – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
Iphan – Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional
IPT – *Integrated Publishing Toolkit*
IUCN – União Internacional para Conservação da Natureza
MMA – Ministério do Meio Ambiente
Mapbiomas – Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo do Brasil
MT – Ministério dos Transportes
PAE – Plano de Ação Estratégico
PCA – Análise de Componentes Principais
PCH – Pequena Central Hidrelétrica
PSC – Planejamento Sistemático da Conservação
PSCRMG – Planejamento Sistemático da Conservação e da Restauração da Biodiversidade e dos Serviços Ambientais dos Biomas Cerrado, Caatinga e Mata Atlântica em Minas Gerais Projeto Áreas Prioritárias: Estratégias para Conservação da Biodiversidade e dos Ecossistemas de Minas Gerais
Rappam – Avaliação Rápida e Priorização do Manejo de Unidades de Conservação
RPPN – Reserva Particular do Patrimônio Natural
SDM – *Species Distribution Models*
SED – *Sediment Trapping*
Sedru – Secretaria de Estado de Desenvolvimento Regional, Política Urbana e Gestão Metropolitana
Semad – Secretaria de Estado de Meio-Ambiente e Desenvolvimento Sustentável
Setur – Secretaria de Estado de Turismo
Sigel – Sistema de Informações Georreferenciadas do Setor Elétrico
Sisema – Sistema Estadual de Meio Ambiente
SRTM – *Shuttle Radar Topography Mission 1 Arc-Second Global*
Supram - Superintendências Regionais de Meio Ambiente
SVM – *Support Vector Machines*
TSS – Estatística de Habilidade Verdadeira
UC – Unidade de Conservação
Ufla – Universidade Federal de Lavras
UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais
UEMG – Universidade Estadual de Minas Gerais
UHE – Usina Hidrelétrica
UP – Unidades de Planejamento
UPGRH - Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos
USLE – Universal Soil Loss Equation

Lista de Ilustrações

Figura 1 - Exemplo de cabeçalho para planilha de registros de ocorrência com os campos mínimos do padrão DarwinCore, necessários para carregar em um banco de dados via <i>Integrated Publishing Toolkit</i> (IPT)	37
Figura 2 - Exemplo de sequência de processamento de mapas de distribuição de espécies – <i>Bokermanohyla martinsi</i> (Anura: Hylidae)	40
Figura 3 - Temas propostos para composição das camadas de custos e oportunidades, discutidos pelos participantes da Oficina de Custos	52
Figura 4 - Detalhamento das etapas desenvolvidas durante a Oficina de Custos	53
Figura 5 - Classificação de impacto resultante da discussão na plenária final da Oficina de Custos	53
Figura 6 - <i>Framework</i> para definição da superfície de custos	70
Figura 7 - <i>Framework</i> de priorização de áreas	92
Figura 8 - Captura de tela realizada durante o processamento de priorização de áreas no Marxan, usando oito janelas em paralelo para rodar as análises	98
Figura 9 - Árvore de decisão elaborada para avaliar a manutenção ou não das UP selecionadas entre as áreas prioritárias	119
Figura 10 - APP naturais (verde) e degradadas (vermelho) em região do município de São Roque de Minas	140
Gráfico 1 - Fração da distribuição total de um alvo empregada como meta de conservação (eixo vertical) em função da extensão de sua distribuição total (eixo horizontal)	49
Gráfico 2 - Distribuição da frequência de áreas em função de seu potencial de regeneração no estado de Minas Gerais	83
Gráfico 3 - Análise de sensibilidade do valor do BLM nos dois conjuntos de UP	96
Gráfico 4 - Distribuição de frequência dos valores de SSOLN (número de vezes em que cada UP foi selecionada nas 10.000 rodadas do Marxan)	101
Gráfico 5 - Distribuição de frequência de unidade de planejamento por classe de proporção natural	123
Gráfico 6 - Distribuição de frequência de valores de custo entre UP selecionadas (azul) e UP não selecionadas (laranja)	124
Mapa 1 - Unidades de Planejamento no estado de Minas Gerais	31

Mapa 2 - Detalhe das Unidades de Planejamento, mostrando os hexágonos, as Unidades de Conservação com limites preservados, as áreas excluídas (manchas urbanas) e a vegetação natural (verde).....	32
Mapa 3 - Registro de espécies da fauna e da flora no estado de Minas Gerais incluídos na base de dados.....	37
Mapa 4 - Modelo Maxent de distribuição de <i>Bokermannohyla martinsi</i> (Anura: Hylidae)....	39
Mapa 5 - Ecossistemas aquáticos – planícies fluviais e fluviolacustres.....	44
Mapa 6 - Regiões de manancial traçadas a partir dos pontos de captação para abastecimento de adensamentos urbanos de 200 mil habitantes ou mais.....	46
Mapa 7 - Áreas de alto potencial para recarga hídrica.....	47
Mapa 8 - Superfície de custos, utilizando pesos e métricas definidos durante a Oficina de Custos.....	71
Mapa 9 - Superfície de custos e oportunidades ajustada para não conter valores negativos.....	72
Mapa 10 - Áreas de alto conflito identificadas durante a consulta ampla remota de consolidação.....	73
Mapa 11 - Superfície de custos e oportunidades utilizada na análise de seleção final de áreas.....	74
Mapa 12 - Distribuição das paisagens de ambientes florestais conectados (valores em hectares), considerando uma capacidade de deslocamento de 120 m pelas espécies.....	78
Mapa 13 - Distribuição das paisagens de áreas abertas conectadas (valores em hectares), considerando uma capacidade de deslocamento de 320 m pelas espécies.....	79
Mapa 14 - Distribuição das áreas com potencial de regeneração natural e das áreas com cobertura florestal.....	81
Mapa 15 - Distribuição das áreas com potencial de regeneração natural.....	82
Mapa 16 - Índice de conectividade hídrica. Rios em azul são considerados livres, em verde, de baixa fragmentação, e em vermelho, de alta fragmentação.....	85
Mapa 17 - Comunidades tradicionais em Minas Gerais.....	88
Mapa 18 - Potencial de exportação de sedimentos por unidade de planejamento (ton/ano).....	91
Mapa 19 - Sobreposição entre o alvo “planícies fluviais” (azul) e as unidades de planejamento já cruzada com vegetação (natural em verde e antrópico em cinza).....	94

Mapa 20 - Resultado da frequência de seleção por UP para 10.000 rodadas.....	100
Mapa 21 - Áreas Prioritárias Preliminares - versão pré-oficina de consolidação.....	102
Mapa 22 - Áreas Prioritárias Preliminares - versão pós-oficina de consolidação.....	103
Mapa 23 - Frequência de seleção das UP nos diferentes cenários de valores de BLM.....	117
Mapa 24 - Áreas Prioritárias Aprimoradas - versão pós consulta online.....	121
Mapa 25 - Proporção de vegetação natural por unidade de planejamento no estado de Minas Gerais.....	122
Mapa 26 - Áreas prioritárias para conservação, restauração e uso sustentável da biodiversidade e serviços ecossistêmicos em Minas Gerais, classificadas de acordo com o grau de prioridade.....	126
Mapa 27 - Áreas prioritárias para conservação, restauração e uso sustentável da biodiversidade aquática em Minas Gerais.....	129
Mapa 28 – Áreas prioritárias para pesquisa Aplicada à Conservação de Espécies Aquáticas Ameaçadas de extinção em Minas Gerais.....	130
Mapa 29 - Áreas prioritárias para o estabelecimento de Rios Livres em Minas Gerais.....	131
Mapa 30 - Lacunas de conhecimento relacionados às Biodiversidade Aquática em Minas Gerais.....	132
Mapa 31 - Áreas prioritárias para conservação e revitalização de mananciais no Estado de Minas Gerais.....	133
Mapa 32 - Áreas Prioritárias para Conservação e Revitalização da Oferta Hídrica em Minas Gerais.....	135
Mapa 33 - Áreas Prioritárias para Restauração de Ecossistemas em Minas Gerais.....	139
Mapa 34 - Áreas prioritárias para ampliação da rede de áreas protegidas em Minas Gerais, priorizadas em função do índice de oportunidade para sua criação.....	142
Mapa 35 - Áreas prioritárias para ampliação da rede de áreas protegidas em Minas Gerais, priorizadas em função do índice de vulnerabilidade.....	143
Mapa 36 - Áreas prioritárias para adaptação aos efeitos da crise climática em Minas Gerais.....	146
Mapa 37 – Municípios prioritários para Educação Ambiental em Minas Gerais.....	148

Mapa 38 - Unidades de conservação estaduais de proteção integral prioritárias para consolidação.....	15
0	
Mapa 39 - Unidades de conservação estaduais de uso sustentável prioritárias para consolidação.....	15
1	
Mapa 40 - Unidades de conservação estaduais de proteção integral prioritárias para pesquisa.....	152
Mapa 41 - Unidades de Conservação estaduais de uso sustentável prioritárias para pesquisa	
.....	153
Quadro 1 - Legenda utilizada pelo Mapbiomas, Coleção 3.1.....	
.....	30
Quadro 2 - Lista dos ecossistemas terrestres e aquáticos utilizados como alvos de conservação.....	41
Quadro 3 - Temas, Ponderação e Mapeamento de Custos.....	
.....	54
Quadro 4 - Parâmetros rodada pré-oficina de consolidação.....	98
Quadro 5 - Justificativa para inclusão das Áreas Prioritárias Aquáticas.....	104
Quadro 6 - Parâmetros da Priorização Final Etapa 1.....	
.....	115
Quadro 7 - Parâmetros Rodada Final Etapa 2.....	117
Quadro 8 - Parâmetros Rodada Final Etapa 3.....	119
Quadro 9 - Atribuição das classes no ranking de prioridade a partir da relevância e custo de conservação das áreas prioritárias.....	126
Quadro 10 - Perfil das Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade Aquática em relação a área, cobertura (natural / antrópica) e cumprimento da legislação de florestas e biodiversidade.....	129
Quadro 11 - Perfil das Áreas Prioritárias para Conservação e Revitalização de Mananciais em relação a área, cobertura (natural / antrópica) e cumprimento da legislação de florestas e biodiversidade.....	
.....	134
Quadro 12 - Perfil das Áreas Prioritárias para Conservação e Revitalização da Oferta Hídrica em relação a área, cobertura (natural / antrópica) e cumprimento da legislação de florestas e biodiversidade.....	
.....	136
Quadro 13 - Perfil das Áreas Prioritárias para Restauração em relação a área, cobertura (natural e antrópica) e cumprimento da legislação de florestas e biodiversidade.....	139

Quadro 14 - Perfil das Áreas Prioritárias para Ampliação da Rede de Áreas Protegidas em relação a área, cobertura (natural / antrópica) e cumprimento da legislação de florestas e biodiversidade.....	144
Quadro 15 - Perfil das Áreas Prioritárias para Adaptação aos Efeitos da Crise Climática em relação a área, cobertura (natural / antrópica) e cumprimento da legislação de florestas e biodiversidade.....	146
Quadro 16 - Pesos definidos para os índices que compõem a priorização de UC para consolidação.....	149

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Tamanhos e distâncias utilizadas para calcular a probabilidade de dispersão de sementes.....	80
Tabela 2 - Extensão de rios de diferentes ordens por grau de conectividade.....	84
Tabela 3 - Perfil das Áreas Prioritárias em relação a área, cobertura (natural / antrópica) e cumprimento do código florestal.....	121
Tabela 4 - Número de áreas de extensão das áreas prioritárias de acordo com o grau de prioridade.....	127
Tabela 5 - Número de UP e área total selecionada em cada mapa setorial construído a partir da seleção de UP.....	127

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	23
2	SUMÁRIO DA ESTRUTURA ANALÍTICA DO PROJETO.....	25
3	UNIDADES DE PLANEJAMENTO.....	28
4	ALVOS E METAS DE CONSERVAÇÃO.....	32
4.1	ALVOS DE BIODIVERSIDADE.....	33
4.1.1	Seleção dos Alvos e Levantamento de Registros de Ocorrência.....	33
4.1.2	Validação dos registros de ocorrência.....	35
4.1.3	Mapeamento de espécies-alvo terrestres.....	38
4.1.4	Mapeamento de espécies-alvo aquáticas.....	40
4.2	ALVOS DE MEIO FÍSICO, FEIÇÕES DA PAISAGEM E ECOSSISTEMAS.....	41
4.3	ALVOS DE RECURSOS HÍDRICOS.....	44
4.3.1	Regiões de contribuição para mananciais estratégicos.....	44
4.3.2	Áreas de alto potencial para recarga hídrica.....	46
4.3.3	Ecosistemas estratégicos para a conservação da biodiversidade aquática e recursos pesqueiros.....	47
4.4	METAS DE CONSERVAÇÃO.....	48
5	CUSTO DE CONSERVAÇÃO.....	50
5.1	SELEÇÃO DOS TEMAS, PONDERAÇÃO E MAPEAMENTO DE CUSTOS.....	51
5.2	CONSOLIDAÇÃO DA SUPERFÍCIE DE CUSTOS.....	70
6	ESTRUTURA DA PAISAGEM.....	74
6.1	CONECTIVIDADE TERRESTRE.....	75
6.1.1	Quantidade de hábitat na paisagem.....	75
6.1.2	Conectividade Funcional.....	76
6.1.3	Potencial de regeneração natural.....	79
6.2	CONECTIVIDADE HÍDRICA.....	83
7	OUTROS QUALIFICADORES DO TERRITÓRIO.....	86

7.1	USO DIRETO - EXTRATIVISMO E COMUNIDADES TRADICIONAIS.....	86
7.2	MODELO DE EXPORTAÇÃO DE SEDIMENTOS.....	88
8	PRIORIZAÇÃO DAS ÁREAS.....	91
8.1	PREPARAÇÃO DAS TABELAS DE ENTRADA DO MARXAN.....	92
8.2	ANÁLISE DE PRIORIZAÇÃO.....	94
8.3	RELEVÂNCIA ECOLÓGICA.....	99
8.4	ÁREAS PRIORITÁRIAS PRÉ-OFCINA.....	101
8.5	REFINAMENTO DA SELEÇÃO.....	102
8.5.1	Oficina de Consolidação.....	102
8.5.2	Áreas Prioritárias pós-oficina.....	103
8.5.3	Ampla Consulta online de Consolidação.....	114
8.5.4	Aprimoramento das Áreas Prioritárias.....	114
8.6	ÁREAS PRIORITÁRIAS APRIMORADAS.....	120
8.7	HIERARQUIZAÇÃO DAS ÁREAS PRIORITÁRIAS.....	125
9	MAPAS TEMÁTICOS DE ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA ORIENTAÇÃO DE POLÍTICAS SETORIAIS.....	127
9.1	ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA CONSERVAÇÃO, RESTAURAÇÃO E USO SUSTENTÁVEL DA BIODIVERSIDADE AQUÁTICA EM MINAS GERAIS.....	128
9.2	ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA PESQUISA PARA CONSERVAÇÃO DE ESPÉCIES AQUÁTICAS AMEAÇADAS EM MINAS GERAIS.....	130
9.3	ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA MANUTENÇÃO DE RIOS LIVRES EM MINAS GERAIS.....	131
9.4	ÁREAS DE LACUNAS DE CONHECIMENTO PRIORITÁRIAS PARA O ESTUDO DA BIODIVERSIDADE AQUÁTICA EM MINAS GERAIS.....	132
9.5	ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA CONSERVAÇÃO E REVITALIZAÇÃO DE MANANCIAS EM MINAS GERAIS.....	133
9.6	ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA CONSERVAÇÃO E REVITALIZAÇÃO DA OFERTA HÍDRICA EM MINAS GERAIS.....	134
9.7	ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA RESTAURAÇÃO DE ECOSISTEMAS AQUÁTICOS E TERRESTRES EM MINAS GERAIS.....	136

9.8 ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA AMPLIAÇÃO DA REDE DE ÁREAS PROTEGIDAS EM MINAS GERAIS.....	141
9.9 ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA ADAPTAÇÃO AOS EFEITOS DA CRISE CLIMÁTICA EM MINAS GERAIS.....	145
9.10 ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA EDUCAÇÃO AMBIENTAL EM MINAS GERAIS.....	147
9.11 UNIDADES DE CONSERVAÇÃO ESTADUAIS PRIORITÁRIAS PARA CONSOLIDAÇÃO EM MINAS GERAIS.....	149
9.12 UNIDADES DE CONSERVAÇÃO ESTADUAIS PRIORITÁRIAS PARA PESQUISA EM MINAS GERAIS.....	152
10 ARQUIVOS ESPACIAIS E DOCUMENTAÇÃO ACESSÓRIA.....	154
11 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	155

Apresentação

Os impactos decorrentes da utilização dos recursos naturais em Minas Gerais, demandam uma atuação coordenada e complementar das instituições que fazem parte do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (Sisema), para a condução de medidas com vistas à compatibilização da conservação da biodiversidade com as necessidades humanas de suporte e desenvolvimento.

Com esse propósito, e objetivando o cumprimento das exigências legais e normativas, que determinam a atualização sistemática e periódica de áreas prioritárias para conservação no estado, além da observância de Convenções e Acordos Internacionais, foi executado, com ampla participação social, o Projeto “Áreas Prioritárias: Estratégias para a Conservação da Biodiversidade e dos Ecossistemas de Minas Gerais”, fruto da parceria do Estado de Minas Gerais com o banco alemão KfW Entwicklungsbank.

Combinando informações sobre alvos de conservação, respectivos custos e a configuração da paisagem, os resultados do Projeto “Áreas Prioritárias” permitem uma visão integrada do território mineiro, e contribuirão para fortalecer a capacidade de análise, de decisão e do desenho de políticas públicas voltadas à conservação da biodiversidade.

Assim, é com grande satisfação que disponibilizamos esta publicação, que traz o detalhamento da metodologia empregada, além dos dados gerados no desenvolvimento desse Projeto, que já se configura como um marco para a gestão ambiental em Minas Gerais.

Marília Carvalho de Melo

Secretária de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável

Antônio Augusto Melo Malard

Diretor-Geral do Instituto Estadual de Florestas

1 Introdução

A diversidade biológica e os benefícios diretos e indiretos de ordem ecológica, econômica, social e científica por ela proporcionados, no domínio dos biomas Cerrado, Caatinga e Mata Atlântica em Minas Gerais, encontram-se criticamente degradados e ameaçados pelo uso desordenado, ineficiente ou predatório do solo e recursos hídricos. A reversão desse quadro exige uma gestão territorial efetiva, que garanta a conservação e restauração das áreas e processos ecológicos necessários à persistência da biodiversidade e dos bens e serviços ecossistêmicos fornecidos por ela, bem como o atendimento às necessidades humanas de suporte e desenvolvimento.

Dados a ampla extensão territorial do estado, a complexidade de suas paisagens e a riqueza de sua biodiversidade, bem como os limites impostos a sua conservação por seus custos e pelas atividades econômicas que competem com ela por espaço, não há passos mais críticos para a gestão ambiental e alocação de recursos efetivas em Minas Gerais do que a priorização de áreas e o desenho e implantação de políticas adequadas a elas.

Reconhecendo esse fato, uma série de instrumentos legais vigentes determina ao Estado a identificação e gestão especial de Áreas Prioritárias para a Conservação e Restauração da Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos em Minas Gerais. O Conselho de Política Estadual de Meio Ambiente (COPAM) determinou, por meio das Deliberações Normativas nº 55, 13 de junho de 2002, e nº 217, de 07 de dezembro de 2017, o uso do documento “Biodiversidade em Minas Gerais: um Atlas para sua Conservação” na seleção de locais para novas Unidades de Conservação (UC) e no licenciamento ambiental para fins de enquadramento de empreendimentos conforme sua localização e de valoração da compensação de impactos ambientais negativos. Já a Lei nº 20.922, de 16 de outubro de 2013, que dispõe sobre as políticas florestal e de proteção à biodiversidade em Minas Gerais, previu a atualização das Áreas Prioritárias no prazo de dois anos e a priorização de áreas para a compensação de Reserva Legal. Por fim, a Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB), tratado internacional assinado e ratificado pelo Brasil, prevê ações de conservação in situ, destacando-se suas determinações de: “desenvolver diretrizes para a seleção, estabelecimento e administração de áreas protegidas ou áreas onde medidas especiais precisem ser tomadas para conservar a diversidade biológica” e “procurar proporcionar as condições necessárias para compatibilizar as utilizações atuais com a conservação da diversidade biológica e a utilização sustentável de seus componentes” (BRASIL – MMA, 2002).

No entanto, as ferramentas de planejamento da gestão territorial ambiental de que o Estado dispõe, hoje, encontram-se desatualizadas, imprecisas e incompletas – a última versão das Áreas Prioritárias data de 2005 –, especialmente considerando-se as mudanças na paisagem e uso da terra e recursos hídricos, a geração de novos dados ecológicos e socioeconômicos e os avanços nas áreas de geoprocessamento, modelagem matemática e priorização de áreas acumulados nos últimos 15 anos.

Faz-se necessário, portanto, desenvolver novo instrumento de gestão capaz de direcionar e aperfeiçoar a atuação do Sistema Estadual de Meio Ambiente (SISEMA), concentrando-a nos territórios e ações em que será mais efetiva e obterá o melhor retorno em qualidade ambiental por recurso investido. O presente instrumento,

Planejamento Sistemático da Conservação e da Restauração da Biodiversidade e dos Serviços Ambientais dos Biomas Cerrado, Caatinga e Mata Atlântica em Minas Gerais (PSCRMG), cujo nome de divulgação é Projeto Áreas Prioritárias: Estratégias para a Conservação da Biodiversidade e Ecossistemas de Minas Gerais, atende a esse desafio.

A metodologia empregada seguiu os princípios do Planejamento Sistemático da Conservação PSC (MARGULES; PRESSEY 2000), método que identifica as áreas de maior relevância ecológica, maiores chances de sucesso de conservação e menor conflito com as atividades econômicas. Apesar de desenvolvido inicialmente para orientar a criação de novas Unidades de Conservação, graças a sua flexibilidade e robustez metodológica, o PSC tornou-se uma abordagem prestigiada para planejamento territorial ambiental, já empregada pela União, outros Estados e outros países para a promoção de paisagens biodiversas, sustentáveis e produtivas.

Para tanto, o PSC emprega compilação maciça de dados espaciais, geoprocessamento, modelagem matemática, regras lógicas de decisão automatizada e ampla participação da comunidade científica, sociedade civil, usuários econômicos dos recursos naturais e órgãos de governo na seleção de Áreas Prioritárias. Suas etapas e metas são claras e seus critérios de seleção de áreas são objetivos. Utiliza parâmetros analíticos quantitativos e registra as análises e decisões tomadas. Esse conjunto de mecanismos confere transparência, objetividade e legitimidade ao processo e permite identificar a utilidade de cada área selecionada para os objetivos do plano como um todo, bem como sua revisão e aperfeiçoamento até a obtenção de um produto ótimo, apresentado aqui.

O PSCRMG, contudo, foi além e, a partir da identificação das Áreas Prioritárias, desenhou mapas temáticos capazes de direcionar a implantação das mais diversas políticas setoriais de meio ambiente como, conservação da biodiversidade aquática e gestão dos recursos pesqueiros, criação e gestão de áreas protegidas, restauração de ecossistemas aquáticos e terrestres, promoção de práticas sustentáveis no uso dos recursos naturais, conservação e revitalização da oferta hídrica e de mananciais de abastecimento público sob maior demanda, adaptação aos efeitos da crise climática, pesquisa e manejo para a conservação da biodiversidade e educação, fiscalização e regularização ambientais. Além do conjunto de mapas, o PSCRMG inovou, também, pela elaboração de um Plano de Ação Estratégico para o direcionamento dessas políticas na gestão das Áreas Prioritárias. Contemplou, portanto, necessidades de planejamento espacial e estratégico do Sisema como um todo, tratando-se de verdadeiro projeto transversal de Governo, cuja abordagem integrativa oferece alto potencial para subsidiar as mais diversas políticas públicas.

Idealizado e desenvolvido pelo Instituto Estadual de Florestas (IEF) ao longo de cinco anos, o projeto foi co-financiado pelo IEF e pela Contribuição Financeira da Cooperação Brasil-Alemanha/Banco KfW para a execução do Projeto de Proteção da Mata Atlântica em Minas Gerais (Fase II) - Promata II. Sua construção envolveu imenso esforço colaborativo entre IEF e Consórcio integrado por WWF-Brasil, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e Fundação Biodiversitas, bem como Semad, Igam e Feam.

2 Sumário da Estrutura Analítica do Projeto

Em acordo com os princípios do PSC, o presente trabalho identificou Áreas Prioritárias para a Conservação e Restauração da Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos em Minas Gerais pela integração analítica de dados espaciais quanto às seguintes classes de objetos: (i) definição das Unidades Planejamento, que representam partições do território sob análise em unidades indivisíveis, que serão priorizadas ou não, conforme seus atributos; (ii) alvos e metas de conservação, representando os aspectos do ambiente que devem ser conservados e as extensões necessárias a sua persistência ao longo do tempo; (iii) custo de conservação, representando as dificuldades e oportunidades para a implantação de políticas de conservação efetivas e os conflitos com outros usos do solo e das águas; (iv) conectividade, representando as feições da estrutura da paisagem relevantes à persistência dos alvos, tanto no cenário atual quanto em um cenário de aumento da conectividade; (v) qualificadores, representando atributos do ambiente que ajudarão a orientar a escolha das melhores políticas de conservação a serem adotadas em uma determinada área prioritária.

O processo de priorização de áreas e planejamento de sua gestão do PSCRMG pode ser sucintamente decomposto nas seguintes etapas lógicas:

- a. Definição e mapeamento de Unidades de Planejamento;
- b. Seleção e mapeamento de alvos de conservação;
- c. Definição de metas de conservação;
- d. Seleção, ponderação e mapeamento de custos de conservação;
- e. Seleção e mapeamento de feições da estrutura da paisagem relevantes à persistência dos alvos;
- f. Seleção e mapeamento dos qualificadores das áreas;
- g. Integração computacional das variáveis de “a” até “e” acima em software especializado, resultando na priorização de áreas;
- h. Avaliação e refinamento dos resultados de priorização do software – essa etapa se desdobra em múltiplas novas rodadas de priorização e refinamento para aperfeiçoamento do produto até a obtenção das áreas prioritárias finais;
- i. Desdobramento das áreas prioritárias finais em áreas prioritárias para as diferentes políticas setoriais mais adequadas a sua gestão, pela análise de seus alvos, custos, estrutura de paisagem e qualificadores.
- j. Elaboração de Plano de Ação Estratégico (PAE) para as diferentes políticas setoriais nas áreas prioritárias, detalhado no Capítulo 2 deste relatório.

Tais etapas são construídas ou moduladas por amplos processos consultivos que asseguram a robustez técnica e a legitimidade social dos produtos. Os objetivos e atividades de tais instâncias participativas seguem resumidas abaixo:

- a. Ampla consulta remota de seleção de alvos: consulta realizada em julho e agosto de 2018 a especialistas em biodiversidade para a revisão da lista de espécies candidatas a alvo, proposta pela equipe técnica do Consórcio.

- b. Oficina de Alvos e Metas: consulta presencial realizada em dezembro de 2018 a pesquisadores de diversas áreas de conhecimento e instituições. O painel de especialistas reunido na oficina avaliou e validou registros de ocorrência das espécies-alvo, excluindo os registros não validados e incluindo novos registros que embasaram a elaboração de mapas e modelos de sua distribuição; selecionou alvos de meio físico, feições da paisagem e classes de ecossistemas e indicou as bases de dados e métodos de processamentos mais adequados ao seu mapeamento; e definiu critérios para o estabelecimento das metas de conservação para os alvos.
- c. Consulta remota complementar de alvos e metas: consulta realizada em janeiro de 2019 que permitiu o encaminhamento de dados complementares quanto a registros de ocorrência de espécies-alvo.
- d. Oficina de Recursos Hídricos: consulta presencial realizada em fevereiro de 2019 para a complementação da seleção de alvos e definição de metas especificamente relativos a recursos hídricos e revitalização de bacias hidrográficas.
- e. Consulta remota complementar de Recursos Hídricos: consulta realizada em fevereiro de 2019 que permitiu o encaminhamento de recomendações complementares quanto a alvos de recursos hídricos.
- f. Oficina de Custos: consulta presencial realizada em novembro de 2018. Contou com a participação de representantes dos usuários econômicos dos recursos naturais, comunidade científica, terceiro setor e órgãos de governo. O painel de especialistas reunido na oficina selecionou, ponderou e indicou as bases de dados e métodos de processamento para o mapeamento dos custos e oportunidades.
- g. Ampla consulta *online* de custos: consulta remota realizada de fevereiro a abril de 2019 aos participantes da Oficina de Custos e a público mais amplo, representando os segmentos sociais supracitados para ampliação da participação social e coleta de novas contribuições.
- h. Oficina de Consolidação: consulta presencial realizada em junho de 2019 para a avaliação e refinamento dos contornos da primeira versão das áreas prioritárias, sugestão de critérios de hierarquização das áreas. Contou com a participação de representantes dos usuários econômicos dos recursos naturais, comunidade científica, terceiro setor e órgãos de governo.
- i. Ampla consulta *online* de consolidação: após a Oficina de Consolidação o mapa resultante foi apresentado em uma ampla consulta *online*, aberta a todos os interessados, entre os meses de agosto e setembro de 2019, para ampliação da participação da sociedade no processo. Os participantes puderam sugerir a inclusão ou exclusão justificada de áreas e as indicações subsidiaram revisão e ajuste dos parâmetros de priorização para aprimoramento da eficiência e efetividade do resultado em relação à versão apresentada na oficina de consolidação.
- j. Oficina do Plano de Ação Estratégico: consulta presencial realizada em dezembro de 2019 para a elaboração participativa de recomendações quanto à gestão das Áreas Prioritárias para sua conservação, restauração e uso sustentável, considerando o papel de diferentes políticas setoriais no alcance desses objetivos.

- k. Consultas de Mapas para Políticas Setoriais: bateria de consultas online, reuniões internas e *workshops* conduzida pela Coordenação Institucional ao longo de 2018 e 2019 com a participação de técnicos das diversas áreas finalísticas do Sisema e equipe do Consórcio para a indução de demanda, seleção de critérios, desenho de árvores de decisão e elaboração, teste e ajuste dos mapas de políticas setoriais.

Todas as instâncias participativas tiveram caráter consultivo e seus resultados foram avaliados, triados e consolidados por técnicos do Sisema e do Consórcio. Os resultados desses processos são detalhados nas diferentes seções deste relatório.

Os trabalhos foram desenvolvidos sob coordenação do IEF, especialmente quanto à revisão dos produtos das diversas consultas e ao desenho e aplicação de critérios de seleção, hierarquização e qualificação de Áreas Prioritárias. A equipe do IEF foi auxiliada nessa tarefa pelo Comitê Executivo do Projeto, instância integrada por técnicos representantes dos diversos órgãos do Sisema, que deliberou sobre aprovação de produtos e adequações metodológicas.

3 Unidades de Planejamento

Um passo essencial no pré-processamento das bases de dados é a divisão da região de interesse (Minas Gerais) em um conjunto de Unidades de Planejamento (UP) que deve capturar todas as áreas que têm potencial para serem selecionadas como parte das Áreas Prioritárias. Seu tamanho deve ser apropriado à escala dos atributos ecológicos e ao tamanho das áreas onde devem ser implementadas as ações de conservação, restauração ou gestão diferenciada (GAME; GRANTHAM, 2008).

Várias considerações devem ser feitas quando se determina o tamanho e a forma das UP (ARDRON *et al.*, 2010). Deve-se levar em conta a escala do planejamento, resolução dos dados, os objetivos do planejamento e o uso pretendido para os resultados. O uso de um número maior de UP tende a produzir soluções mais eficientes, porém aumenta muito o número de iterações de priorização necessárias e o tempo de processamento de dados. O uso de UP de tamanho uniforme tem a vantagem de minimizar a heterogeneidade dentro das UP, pois quando se utilizam contornos naturais, como bacias de drenagem, existe a tendência de se formarem UP muito grandes e heterogêneas, contendo maior proporção de áreas sem valor real para a conservação e pequenas áreas relevantes que deveriam ser priorizadas. Hexágonos de igual tamanho são a forma mais utilizada na literatura e fornecem possibilidades de agregações mais naturais entre UP (GESELBRACHT, 2005).

Observando as considerações acima, as UP empregadas no PSCRMG são as menores já utilizadas num exercício do gênero no Brasil. Seu tamanho é o menor que a escala dos dados de distribuição de biodiversidade disponíveis permitem, sendo, portanto, impossível reduzi-las mais. A título de comparação, as Áreas Prioritárias para a Conservação, Utilização Sustentável e Repartição dos Benefícios da Biodiversidade da União empregam UP cerca de 10 vezes maiores.

O tamanho reduzido e a área uniforme dos hexágonos minimizam as distorções decorrentes do uso de UP de contornos naturais descritas acima. Somados a seu grande número, esses fatores direcionam a priorização de áreas a uma solução mais eficiente – seleção de uma menor extensão de Áreas Prioritárias contendo menos áreas antropizadas e mais áreas de habitat íntegro – o que aumenta as chances de persistência dos alvos e minimiza custos de gestão e conflitos com usos socioeconômicos alternativos da terra e dos recursos hídricos. Apesar desses ganhos em eficiência, dada a realidade das paisagens de Minas Gerais, é inevitável que algumas áreas antropizadas ocorram nas UP selecionadas como Áreas Prioritárias.

O processamento das UP no PSCRMG consistiu nas seguintes etapas:

1. Elaboração de uma superfície contínua de hexágonos de aproximadamente 2,3 mil hectares para todo o estado de Minas Gerais usando o pacote “create hexagon tessellation” no ArcMap ou no pacote QMarxan do QGIS.
2. Cruzamento dos hexágonos com: UC federais e estaduais de Proteção Integral (IEF, 2018a; CNUC, 2018); RPPN federais e estaduais maiores que 500 ha (IEF, 2018a; CNUC, 2018); e sítios Baze – últimos locais conhecidos de ocorrência de espécies criticamente ameaçadas de extinção, mapeados pelo [ICMBIO \(2018\)](#).

3. Visando preservar os limites das UC e sítios Baze. Os limites dos hexágonos contidos neles foram dissolvidos pelas funções “erase” e “merge” do ArcMap ou QGIS.
4. Cruzamento com áreas urbanas (Identificação, mapeamento e quantificação das áreas urbanas do Brasil – Embrapa (Faria et al., 2017); Áreas Urbanizadas do Brasil - IBGE, 2015) e exclusão das mesmas pela ferramenta “erase” do ArcMap ou QGIS.

A adoção de UC federais e estaduais foi possibilitada pela existência de bases de dados de seus limites territoriais consistentes, confiáveis e representativas do estado inteiro (IEF, 2018a; CADASTRO NACIONAL DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO - CNUC, 2018). UC de Proteção Integral foram adotadas como UP, independentemente de seu tamanho, por seu valor para a conservação de bens ambientais altamente relevantes, já reconhecido por seus atos de criação, e por seu caráter estritamente conservacionista. RPPN > 500 ha foram adotadas como UP por seu tamanho razoável em relação aos hexágonos, suas finalidades voltadas primariamente à conservação da biodiversidade e seu regime de uso mais protetivo, dentre as categorias de Uso Sustentável. Dessa forma, aproveitam-se como UP as áreas já comprometidas com a conservação. As demais categorias de UC de Uso Sustentável, essencialmente representadas no estado por APA e APE, não foram usadas como UP, em função de suas áreas extensas, seu alto grau de antropização e seu regime de uso mais permissivo.

Já os sítios Baze foram empregados como UP por sua total insubstituibilidade e seu reconhecimento oficial como os últimos refúgios de espécies ameaçadas de extinção, o que os torna unidades territoriais de relevância singular.

A exclusão de manchas urbanas visou a remoção de áreas de uso hiperintensivo, sem utilidade para a biodiversidade ou provisão de bens ou serviços ecossistêmicos e irreversivelmente indisponíveis para conservação.

Definidas as UP, o passo seguinte consistiu em quantificar a extensão de vegetação natural em cada uma delas. Foram avaliadas algumas bases com potencial para uso, tais como Mapeamento e Inventário da Flora Nativa e dos Reflorestamentos de Minas Gerais (IEF; UFLA, 2009), Prodes Cerrado (mapeamento de 2018), Monitoramento de Florestas da SOS Mata Atlântica (mapeamento de 2017) e Mapbiomas (ano-base 2017). Para se garantir uma metodologia padronizada para todo o estado e dados tão recentes quanto possível, optou-se por utilizar a base do MapBiomas, coleção 3.1, ano-base de 2017 (QUADRO 1). O dado original foi reclassificado para duas classes: antrópico (classes 9, 15, 18, 19, 20, 21, 30, 33 - parcial) e natural (classes 3, 4, 12, 13, 29, 33 - parcial).

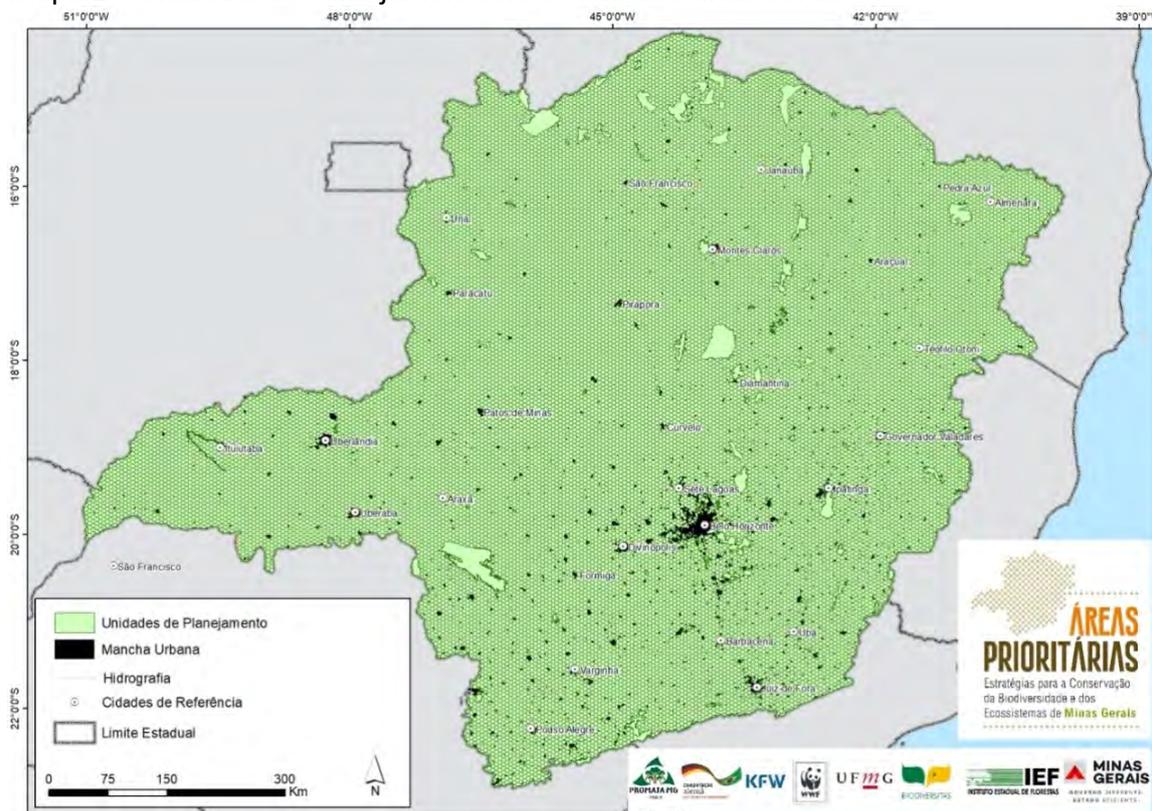
Quadro 1 – Legenda utilizada pelo Mapbiomas, Coleção 3.1

COLEÇÃO 3 - PORTUGUÊS	COLLECTION 3 - ENGLISH	NEW ID
1. Floresta	1. Forest	1
1.1. Floresta Natural	1.1. Natural Forest	2
1.1.1. Formação Florestal	1.1.1. Forest Formation	3
1.1.2. Formação Savânica	1.1.2. Savanna Formation	4
1.1.3. Mangue	1.1.3. Mangrove	5
1.2. Floresta Plantada	1.2. Forest Plantation	9
2. Formação Natural não Florestal	2. Non Forest Natural Formation	10
2.1. Área Úmida Natural não Florestal	2.1. Wetland	11
2.2. Formação Campestre	2.2. Grassland Formation	12
2.3. Apicum	2.3. Salt flat	32
2.4. Outra Formação Natural não Florestal	2.3. Other non forest natural formation	13
3. Agropecuária	3. Farming	14
3.1. Pastagem	3.1. Pasture	15
3.2. Agricultura	3.2. Agriculture	18
3.2.1. Cultura Anual e Perene	3.2.1. Annual and Perennial Crop	19
3.2.2. Cultura Semi-Perene	3.2.2. Semi-Perennial Crop	20
3.3. Mosaico de Agricultura e Pastagem	3.3. Mosaic of Agriculture and Pasture	21
4. Área não vegetada	4. Non vegetated area	22
4.1. Praia e Duna	4.1. Beach and Dune	23
4.2. Infraestrutura Urbana	4.2. Urban Infrastructure	24
4.3. Afloramento Rochoso	4.3. Rocky outcrop	29
4.4. Mineração	4.4. Mining	30
4.5. Outra Área não Vegetada	4.5. Other non vegetated area	25
5. Corpos D'água	5. Water	26
5.1 Rio, Lago e Oceano	5.1. River, Lake and Ocean	33
5.2 Aquicultura	5.2. Aquaculture	31
6. Não observado	6. Non Observed	27

Fonte: Elaboração dos autores (2020)

Todos os dados foram convertidos para formato matricial (*raster*) para viabilizar o processamento, de modo que os *pixels* da superfície de UP foram codificados com o identificador único da UP. O mapeamento de uso e cobertura foi reclassificado para “Natural / Antrópico”, codificado como 1 (natural) ou 0 (antrópico), e foi cruzado com a superfície de UP por meio de álgebra de mapas, multiplicando-se um *raster* pelo outro, de modo que o resultado é um *raster* formato *geotiff* representando apenas as áreas naturais e codificado pixel a pixel com o número de cada UP. (MAPA 1 E 2)

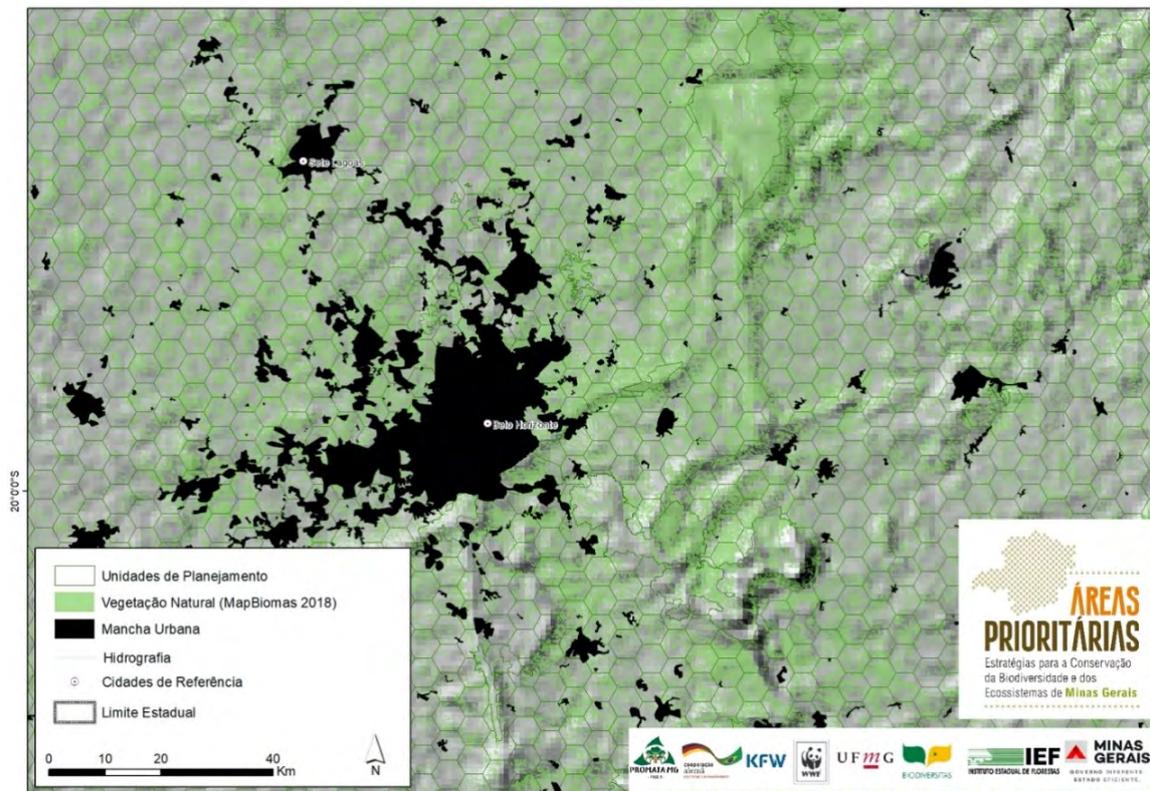
Mapa 1 – Unidades de Planejamento no estado de Minas Gerais



Fonte: Elaboração dos autores (2020)

Nota: Unidades de Conservação e Sítios Baze têm seus limites preservados, enquanto áreas urbanas foram excluídas.

Mapa 2 – Detalhe das Unidades de Planejamento, mostrando os hexágonos, as Unidades de Conservação com limites preservados, as áreas excluídas (manchas urbanas) e a vegetação natural (verde)



4 Alvos e Metas de Conservação

Alvos de conservação representam o conjunto de atributos dos meios biótico e físico que devem ser conservados, restaurados ou manejados sob regime especial, para a manutenção e incremento da diversidade biológica e o fornecimento de bens e serviços ecossistêmicos dos quais a sociedade depende.

Neste trabalho foram selecionados alvos raros, endêmicos, de distribuição restrita, ameaçados de extinção ou, ainda, de alta relevância evolutiva, ecológica, social ou econômica. Na impossibilidade de se obterem informações sobre a distribuição de todas as espécies e demais feições ambientais relevantes de Minas Gerais, optou-se por alvos capazes de representar a distribuição espacial da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos como um todo, garantindo-se a representatividade ecológica do sistema de áreas prioritárias.

Assim, foram selecionados grupos taxonômicos, habitats, feições da paisagem, classes de ecossistemas e processos ecológicos de alta relevância para os quais existem dados espaciais de boa qualidade, principalmente aqueles cuja distribuição sabidamente se correlaciona espacialmente com a de demais elementos de interesse, de modo a representá-los na solução. Dessa forma, a combinação de alvos mapeados em diferentes escalas oferece uma excelente descrição da distribuição das áreas mais relevantes para

conservação em Minas Gerais. A identificação e o mapeamento dos alvos de conservação permitem, ainda, explicitar os benefícios de intervenções que visem proteger ou restaurar os ecossistemas em suas áreas de ocorrência, conferindo transparência aos resultados.

Para cada alvo foi definida uma meta de conservação, que representa a área mínima da distribuição do alvo a ser incluída na solução de conservação para que ele sobreviva ao longo do tempo. Existem diversas formas de se atribuírem as metas de conservação, mas na maior parte dos estudos, incluindo este, elas são atribuídas em função inversa à extensão territorial do alvo. Isso garante que os alvos de distribuição mais restrita, cujas áreas de ocorrência são mais insubstituíveis, tenham maior proporção de sua distribuição priorizada, contribuindo para sua persistência, o que, em última análise, assegura a função ecológica das áreas selecionadas. Ao mesmo tempo resguarda áreas mínimas necessárias à perpetuação de alvos de distribuição mais ampla, mantendo a solução enxuta e minimizando conflitos com usos alternativos da terra e dos recursos hídricos que sejam menos compatíveis com a conservação, restauração ou uso sustentável da área.

4.1 Alvos de Biodiversidade

4.1.1 Seleção dos Alvos e Levantamento de Registros de Ocorrência

Primeiramente, foi construída uma lista preliminar de espécies candidatas a alvo para invertebrados, vertebrados e plantas, contemplando espécies raras, endêmicas, ameaçadas de extinção, de distribuição restrita (mesmo que não endêmicas), ecologicamente ou filogeneticamente relevantes (pertencentes a subgrupos selecionados pelos especialistas da equipe técnica, de acordo com o conhecimento científico disponível), de interesse extrativista (utilizadas de forma tradicional ou que tenham importância nas economias locais), ou que representassem a distribuição de outros alvos de conservação ou da biodiversidade como um todo.

A lista preliminar foi então submetida a uma ampla consulta remota, com duração de 4 semanas, para avaliação, correção, complementação e validação pelo maior número possível de especialistas nos grupos taxonômicos. Foram consultados pesquisadores de diversas Instituições de Ciência e Tecnologia (ICT) proeminentes de Minas Gerais e do Brasil, levantadas pela UFMG e Fundação Biodiversitas. Responderam à consulta 123 especialistas nos diferentes grupos taxonômicos: flora (33), herpetofauna (17), ictiofauna (19), invertebrados (13), mastofauna (23), avifauna (12), além de oito pesquisadores que trabalham com múltiplos grupos. Os resultados da consulta ampla foram consolidados em uma lista de espécies-alvo, utilizada como base para compilação dos registros de ocorrência de espécies de cada grupo taxonômico em coleções científicas, repositórios eletrônicos de dados e literatura científica.

Para todos os registros analisados foram compiladas, no mínimo, informações sobre: identidade; localidade de coleta, incluindo município e detalhamento descritivo do sítio de coleta; coordenadas geográficas; e data de coleta. Ao levantamento, seguiu-se a triagem e processamento dos registros para a garantia de sua qualidade e confiabilidade, incluindo uma etapa de validação e complementação da base de registros durante a Oficina de Alvos e Metas.

Ao todo foram empregadas como alvos 1.481 espécies de plantas, 114 espécies de invertebrados, 110 espécies de aves, 65 espécies de peixes, 36 espécies de mamíferos, 33 espécies de anfíbios e 20 espécies de répteis. As seções abaixo detalham o processo de seleção de alvos e compilação de dados para os diferentes grupos taxonômicos.

INVERTEBRADOS

A lista de espécies candidatas a alvo de invertebrados foi construída com base nos critérios de risco de: a) risco extinção em Minas Gerais e Brasil e b) raridade em Minas Gerais. Para a montagem da lista preliminar de alvos, foram incluídas espécies de invertebrados que atendiam a pelo menos um destes quatro critérios: (1) espécie ameaçada globalmente e presente em Minas Gerais; (2) espécie ameaçada no Brasil e presente em Minas Gerais; (3) espécie ameaçada em Minas Gerais; e (4) se, por conhecimento prévio da literatura, a espécie apresentasse distribuição restrita, hábitos peculiares ou ocorrência em habitats peculiares.

Após a ampla consulta a especialistas e consolidação da lista, registros de ocorrência das espécies-alvo foram levantados nas seguintes fontes de dados: IEF (registros de espécies em UC estaduais); *Global Biodiversity Information Facility* (GBIF); *SpeciesLink*; Ephemeroptera do Brasil; Fundação Biodiversitas; *BoldSystems (Barcode of Life Data System)*; PAN Lepidoptera; Catálogo Moure de Abelhas; *International Union for Conservation of Nature* (IUCN); coleções da UFMG, UFMS e UFV; e literatura científica.

VERTEBRADOS

A lista de espécies candidatas a alvo de vertebrados foi construída com base nos critérios de: a) risco de extinção – espécies constantes de alguma das listas vermelhas, global, nacional ou estadual; b) espécies de endemismo restrito; e c) espécies raras e potencialmente ameaçadas que não foram avaliadas em listas até então, em função de descrição recente, revisão taxonômica ou ampliação da distribuição geográfica.

Após a ampla consulta a especialistas e consolidação da lista, registros de ocorrência das espécies-alvo foram levantados nas seguintes fontes de dados: IEF (registros de espécies em UC estaduais); GBIF; *SpeciesLink*; Fundação Biodiversitas; coleções científicas; e literatura científica, incluindo a série de *Data Papers* do periódico *Ecology (Ecological Society of America)*.

FLORA

A lista de espécies candidatas a alvo de flora foi compilada a partir das seguintes listas: 1) Livro Vermelho da Flora do Brasil (MARTINELLI et al., 2014); 2) Lista Vermelha das Espécies da Flora Ameaçada de Extinção em Minas Gerais (DRUMMOND et al., 2008); 3) Lista das espécies endêmicas de Minas Gerais, obtida da Lista da Flora do Brasil (BFG, 2015; COSTA; PERALTA, 2015; PRADO et al., 2015); 4) Plantas Raras do Cerrado (MARTINELLI et al., 2014); 5) Plantas Raras do Brasil (GIULIETTI et al., 2009). A listagem obtida das cinco bases foi complementada com a inclusão de algumas espécies com importância econômica ou ecológica conhecida para a flora de Minas Gerais, indicadas

pelos especialistas do Consórcio. A lista resultante foi revisada para eliminar sinonímias e realizar eventuais correções nomenclaturais.

Após a ampla consulta a especialistas e consolidação da lista, registros de ocorrência das espécies-alvo foram levantados nas seguintes fontes de dados: a) registros de ocorrência das espécies-alvo endêmicas de Minas Gerais foram compilados junto ao (i) INCT Herbário Virtual da Flora e dos Fungos e (ii) Herbário Virtual Re flora (Jardim Botânico do Rio de Janeiro -); b) registros de espécies ameaçadas do Brasil (BRASIL, 2014) com ocorrência em Minas Gerais, foram obtidas junto ao Centro Nacional de Conservação da Flora - CNC Flora, (Jardim Botânico do Rio de Janeiro) paralelamente, foram compilados, junto ao CNC Flora, registros das espécies ameaçadas e não endêmicas de Minas Gerais para duas famílias (Asteraceae e Fabaceae), para uso como representantes da distribuição da diversidade florística no estado. Essas duas famílias foram selecionadas porque: (a) são as famílias mais ricas em espécies na flora do Brasil e de Minas Gerais e (b) são famílias com ampla distribuição em todos os biomas mineiros. Considerando que a maioria das espécies ameaçadas também é endêmica ao Estado, a seleção dessas duas famílias não acarretou prejuízos ou vieses espaciais na seleção dos alvos.

ESPÉCIES DE USO DIRETO

Com o objetivo de identificação de espécies-alvo de interesse econômico (que também satisfizessem a critérios de raridade, endemismo ou risco de extinção) ou qualificação das áreas por sua ocorrência, compilaram-se, inicialmente, informações de estudos etnobotânicos e canais de comunicação de massa, como rede mundial de computadores e textos de divulgação científica, que apresentavam informações sobre espécies nativas importantes para comunidades extrativistas em Minas Gerais, com utilidade alimentícia, medicinal e artesanal. Dentre essas, selecionaram-se apenas as espécies com importância econômica consolidada e difundida. Posteriormente, foram excluídas as espécies frequentes em áreas degradadas e as com maior grau de domesticação que já são cultivadas em quintais e jardins. As espécies endêmicas ou ameaçadas foram incorporadas à lista de espécies-alvo de flora como descrito acima. A única espécie de invertebrado de interesse econômico incorporada como alvo foi o minhocaçu, *Rhinodrilus alatus*, cujos registros de ocorrência foram obtidos por especialista da própria equipe técnica do Consórcio (registros de ocorrência com coordenadas em 17 municípios da região central de Minas Gerais). As espécies cinegéticas ou de interesse da pesca ou meliponicultora não puderam receber tratamento similar pela dificuldade de obtenção de dados.

4.1.2 Validação dos registros de ocorrência

Os registros compilados foram submetidos a processo de avaliação, triagem, correção e padronização pelo conjunto de processos abaixo descritos, que combinou rotinas automatizadas do pacote BioDinamica (componente da plataforma de *software* de modelagem ambiental, Dinamica EGO, desenvolvida pelo Centro de Sensoriamento

Remoto da UFMG¹, conforme metodologia descrita por Oliveira et al. (2019), e revisões manuais feitas por especialistas nos diferentes grupos taxonômicos:

- a. Detecção e exclusão de duplicatas: registros idênticos quanto ao nome de espécie e coordenadas foram automaticamente detectados e eliminados pelo BioDinamica;
- b. Conferência da consistência das coordenadas geográficas: registros georreferenciados que contavam com nome ou descrição de localidade tiveram suas coordenadas cruzadas a base de dados do open street map, para verificar se as mesmas se localizavam nos locais identificados ou descritos no registro (e.g.: UC, fragmentos de vegetação específicos, picos, serras, lagoas, trechos de rios, outras formações geomorfológicas específicas etc.; municípios e territórios similares não foram utilizados por sua ampla extensão e heterogeneidade ambiental). O processo foi automatizado pelo BioDinamica e coordenadas discordantes de seus identificadores de local foram consideradas inconsistentes;
- c. Espacialização de registros sem coordenadas: registros sem coordenadas ou sem coordenadas consistentes (vide passo “b” acima), mas com nome ou descrição de localidade específica foram avaliados por uma rotina automatizada no BioDinamica e, sempre que possível, receberam um par de coordenadas com base em outros registros coletados na mesma localidade. Para tanto, todos as variações de nomes (diferenças de grafia, sinonímias, siglas etc.) atrelados à mesma localidade geográfica específica nas bases de dados de registros e do open street map foram considerados;
- d. Classificação dos dados quanto a sua precisão: coordenadas que se encontravam dentro das sedes municipais foram consideradas de baixa precisão; assituadas foradessas áreas, de alta precisão. O processo foi automatizado pelo BioDinamica;
- e. Checagem de confiabilidade e triagem manuais dos registros: durante e após a Oficina de Alvos e Metas, registros não reconhecidos por especialistas nos grupos taxonômicos foram corrigidos manualmente ou eliminados e registros complementares adicionados;
- f. Padronização de registros provenientes de diferentes bases de dados e coleções em uma base de dados única no padrão DarwinCore (versão 2019).

Os resultados da compilação e consistência de registros foram entregues ao IEF em formato de base de dados de registros de ocorrência em Padrão DWC (FIGURA 1).

¹Disponível em: <http://dinamicaego.com/>

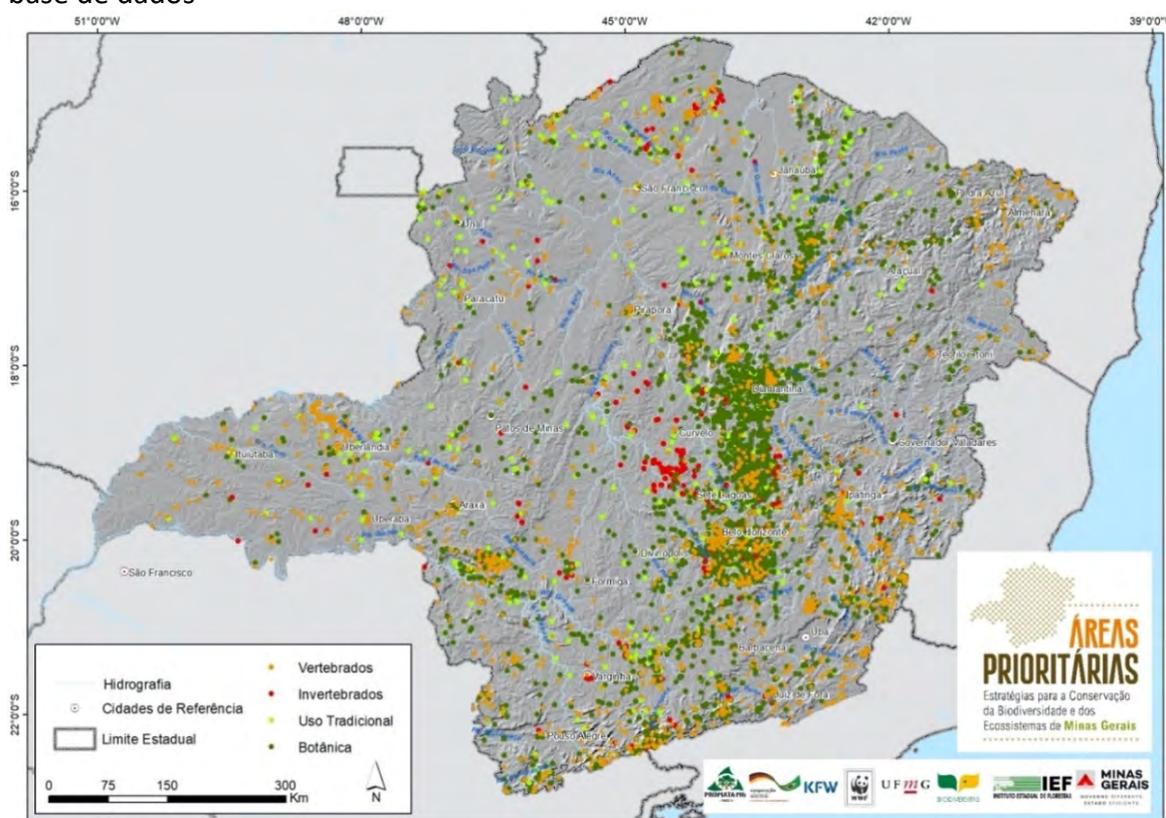
Figura 1 - Exemplo de cabeçalho para planilha de registros de ocorrência com os campos mínimos do padrão DarwinCore, necessários para carregar em um banco de dados via *Integrated Publishing Toolkit* (IPT)

	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	scientificName	taxonRank	decimalLatitude	decimalLongitude	geodeticDatum	countryCode	IndividualCount	organismQuantity	organismQuantityType
2									
3									
4									

Fonte: Elaboração dos autores (2020)

Nota-se que a maior densidade de registros no estado está concentrada ao longo da Cadeia do Espinhaço, (MAPA 3), o que reflete sua excepcional riqueza de espécies, bem como o interesse de pesquisa na região.

Mapa 3 - Registro de espécies da fauna e da flora no estado de Minas Gerais incluídos na base de dados



Fonte: Elaboração dos autores (2020)

Após a consolidação dos pontos de ocorrência das espécies-alvo, suas áreas de distribuição foram calculadas por um conjunto de metodologias complementares, descritas abaixo, desenhadas com base na disponibilidade de dados, hábitos ecológicos das espécies ou características de seus habitats. Esses mapeamentos, assim como o uso de grupos taxonômicos e feições da paisagem para a representação da distribuição de espécies, corrigem vieses espaciais de amostragem, dado que a distribuição da biodiversidade não é perfeitamente conhecida.

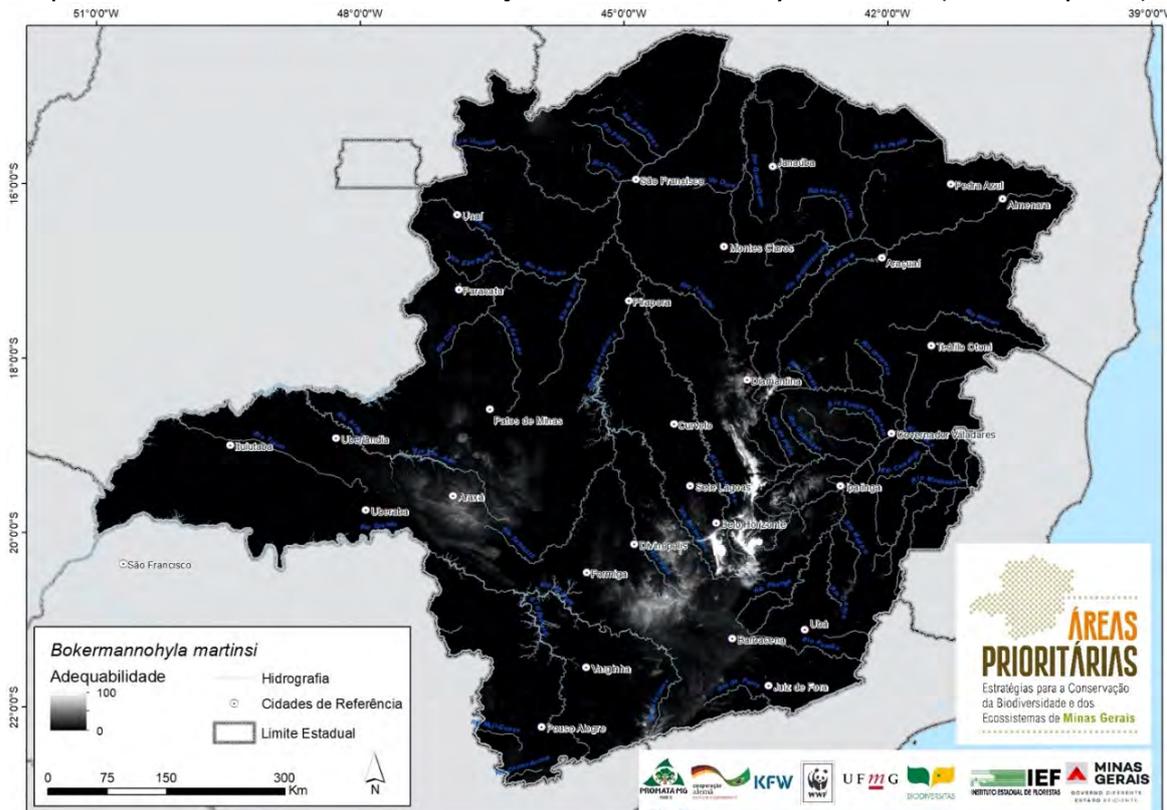
4.1.3 Mapeamento de espécies-alvo terrestres

Optou-se pela construção modelos de adequabilidade ambiental – mapas de densidade da probabilidade de ocorrência de uma espécie com base em características ambientais do local – quando possível, para inferir a distribuição potencial de espécies-alvo, tendo em vista a incompletude do conhecimento quanto à distribuição de muitas delas. Foram construídos modelos para espécies com no mínimo 10 registros de ocorrência independentes, consistentes e de alta precisão (vide Seção 4.1.2, acima), o que é um número mínimo para a garantia da robustez do modelo.

Utilizando-se a função SDM (“*Species Distribution Models*”) do pacote BioDinamica (OLIVEIRA et al., 2019), foram gerados três modelos de distribuição para cada espécie (ELITH E LEATHWICK, 2009) através dos algoritmos: Maxent (PHILLIPS; ANDERSON; SCHAPIRE, 2006), modelos lineares generalizados (GLM) e *support vector machines* (SVM) (DRAKE, RANDIN E GUIBAN, 2006). A escolha desses algoritmos foi feita pela sua validade lógica e sua alta capacidade de predição (JIMÉNEZ-VALVERDE; LOBO; HORTAL, 2008; KUHN; JOHNSON, 2013). Durante a geração dos modelos, a fim de se evitarem os problemas de correlação entre as variáveis preditoras, sobreparametrização e consequente sobreajuste (falso positivo da predição), as 19 variáveis preditoras do projeto *WordClim* (<http://www.worldclim.org/>) foram convertidas em eixos de uma análise de componentes principais (PCA) no software BioDinamica. Desta forma, foram obtidos quatro eixos significativos que explicam mais de 80% da variância das variáveis preditoras.

Para avaliação da acurácia de predição dos diferentes modelos para cada espécie, utilizaram-se as métricas de área abaixo da curva (AUC) e, como critério de desempate entre algoritmos, estatística de habilidade verdadeira (TSS) – nesse caso, para a aplicação do TSS, o mapa de distribuição de probabilidades foi binarizado, usando-se como limiar de corte o menor valor de adequabilidade ambiental para o qual havia registros confirmados. O Mapa 4 apresenta um exemplo de modelo de distribuição para a espécie *Bokermannohyla martinsi* (Anura: Hylidae).

Mapa 4 – Modelo Maxent de distribuição de *Bokermannohyla martinsi* (Anura: Hylidae)



Fonte: Elaboração dos autores (2020)

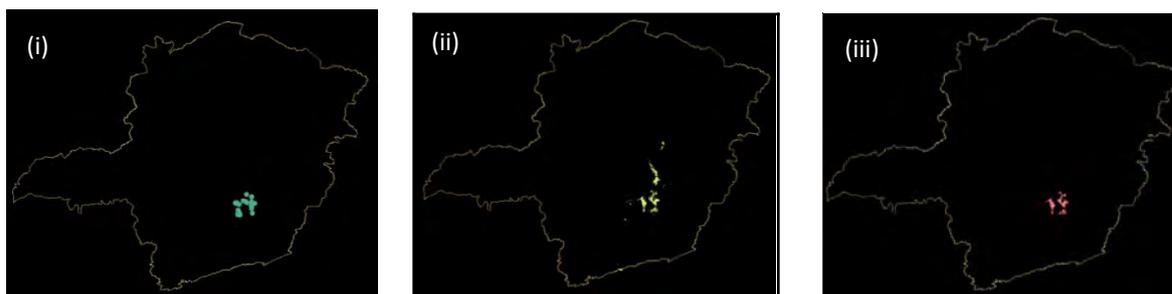
Modelos de distribuição potencial descrevem a adequabilidade ambiental de uma área de interesse, *pixel a pixel*, com base em características climáticas e topográficas da área de estudo. Contudo, é extremamente complexo descrever a distribuição real de uma espécie, pois os fatores determinantes muitas vezes não são mapeáveis ou quantificáveis. Com isso, em alguns casos, os modelos apontam áreas de alta adequabilidade onde a espécie não ocorre, em função de barreiras geográficas a sua dispersão, por exemplo. Essas áreas de sobreprevisão devem, na medida do possível, ser identificadas e excluídas. Ainda, para algumas espécies, os preditores climáticos geram modelos estatisticamente bons, mas que não refletem a real distribuição da espécie quando contrastados ao conhecimento empírico acumulado a seu respeito. Por isso tais modelagens devem ser validadas por especialistas em seus respectivos grupos taxonômicos.

Além disso, para que modelos de adequabilidade ambiental – mapas contínuos de densidade de probabilidade de ocorrência da espécie – sejam convertidos em mapas binários de presença e ausência é preciso definir o melhor limiar de corte de adequabilidade ambiental, o que também exige o conhecimento de especialistas nos grupos, pois limiares universais ignoram possíveis particularidades ecológicas ou biogeográficas relevantes das diferentes espécies.

Com os objetivos de eliminação de áreas de sobreprevisão, prevenção do uso de modelos que não reflitam o conhecimento sobre a distribuição das espécies e obtenção de mapas binários de presença e ausência, os melhores modelos de distribuição das espécies-alvo (selecionados pelos testes de AUC e TSS, acima) foram disponibilizados para

avaliação por especialistas no respectivo grupo taxonômico em um sistema de consulta *online*. Para cada espécie os modelos foram classificados em cinco faixas de adequabilidade, com intervalos iguais, para que os especialistas indicassem: (a) qual o melhor corte para produzir um mapa binário de distribuição potencial a partir do mapa de adequabilidade; (b) a existência de áreas de sobreprevisão a ser eliminadas; (c) se o mapa não refletia a distribuição da espécie e o modelo deveria ser descartado (FIGURA 2). As indicações dos especialistas foram acatadas e apenas os modelos aprovados foram utilizados como mapas de distribuição dos alvos.

Figura 2 – Exemplo de sequência de processamento de mapas de distribuição de espécies – *Bokermanohyla martinsi* (Anura: Hylidae):



Fonte: Elaboração dos autores (2020)

Nota:(i) registros de ocorrência

(ii) modelo de adequabilidade ambiental

(iii) mapa de distribuição potencial validado, após remoção áreas de sobreprevisão.

Espécies cujos modelos não foram aprovados pela etapa acima ou que não contavam com registros suficientes para modelagem (mínimo de 10 registros) foram mapeadas por técnicas mais simples – *buffers* de 2 Km ao redor de pontos de registros. O raio de 2 Km foi definido na Oficina de Alvos e Metas como um limiar mínimo de representação da distribuição das diferentes espécies a partir de um ponto de ocorrência.

4.1.4 Mapeamento de espécies-alvo aquáticas

Ecossistemas aquáticos diferem de tal forma dos terrestres, que exigem métodos de mapeamento distintos das modelagens descritas acima para as espécies terrestres. Assim, três métodos distintos de mapeamento da distribuição de espécies-alvo aquáticas foram adotados, conforme seus hábitos ecológicos, configuração espacial de seus habitats e ocorrência de barreiras geográficas a sua dispersão.

- a. Para peixes de distribuição restrita (espécies anuais), cujo padrão espacial de distribuição é pontual (ocorrências em poças ou pequenas lagoas), *buffers* de 2 km ao redor de seus pontos de registro foram empregados como áreas de distribuição. O raio de 2 Km foi definido na Oficina de Alvos e Metas como um limiar mínimo de representação da distribuição das diferentes espécies a partir de um ponto de ocorrência.
- b. Para peixes de riachos, que habitam as malhas hídricas de regiões de cabeceiras, as áreas de drenagem a montante de seus pontos de registro foram empregadas

como áreas de distribuição, de modo a se incorporar, não só a malha, mas os ambientes terrestres que a influenciam sobremaneira e devem ser tratados como alvos para sua conservação.

- c. Para peixes de calha, cujas distribuições são lineares, ramificadas e frequentemente extensas, e cujas áreas de cabeceira são amplas demais para a incorporação ao modelo, os trechos de rios em que havia pontos de registro das espécies-alvos e todos os trechos não barrados conectados a eles (spanning trees) foram empregados como áreas de distribuição.

4.2 Alvos de Meio Físico, Feições da Paisagem e Ecossistemas

Feições geológicas, geomorfológicas ou fisiográficas da paisagem foram selecionados como alvos por sua função como habitat ou recurso, seu potencial de representação da distribuição da biodiversidade (feições associadas a espécies, comunidades ou processos ecológicos de interesse para a conservação) e sua relevância para a provisão de bens ou serviços ecossistêmicos, como estoques pesqueiros, recursos hídricos e belezas cênicas. Essas feições foram selecionadas por especialistas durante a Oficina de Alvos e Metas e seus mapas de distribuição foram compilados a partir de bases de dados oficiais ou de reconhecido valor científico (QUADRO 2).

Quadro 2– Lista dos ecossistemas terrestres e aquáticos utilizados como alvos de conservação

Ecossistema	Relevância para conservação da biodiversidade e provisão de serviços ecossistêmicos	Fonte	Processamento
Planícies fluviais e fluviolacustres	Conservação da biodiversidade aquática e reposição de estoques pesqueiros – habitat e sítios de reprodução, nidificação e desenvolvimento de juvenis.	Mapa Geodiversidade do Estado de Minas Gerais (CPRM, 2010)	Subdivisão em bacias hidrográficas
Lagoas marginais e suas Áreas de Preservação Permanente	Conservação da biodiversidade aquática e reposição de estoques pesqueiros – habitat especial, sítios de reprodução, nidificação e desenvolvimento de juvenis.	Mapeamento de Áreas de Preservação Permanente Degradadas, Leito Regular dos Cursos D'água, Lagoas Marginais e Geração de Limites de APP Hídrica do Estado de Minas Gerais – (IEF, 2018b)	Subdivisão em bacias hidrográficas

Veredas	Conservação da biodiversidade aquática – habitat especial Oferta hídrica	Mapeamento e Inventário da Flora Nativa e dos Reflorestamentos de Minas Gerais – (IEF; UFLA, 2009)	Subdivisão em bacias hidrográficas
Chapadas e platôs	Conservação de biodiversidade – habitat especial Recarga hídrica Belezas cênicas	Mapa Geodiversidade do Estado de Minas Gerais (CPRM, 2010)	Subdivisão em bacias hidrográficas
Áreas acima de 1200 m de altitude	Conservação de biodiversidade – habitat especial Recarga hídrica Belezas cênicas	Modelo Digital de Terreno – SRTM (USGS, 2015)	Subdivisão em bacias hidrográficas
Áreas entre 900 e 1200 m de altitude	Conservação de biodiversidade – habitat especial Recarga hídrica Belezas cênicas	Modelo Digital de Terreno – SRTM (USGS, 2015)	Subdivisão em bacias hidrográficas
Geossistemas ferruginosos	Conservação de biodiversidade – habitat especial Belezas cênicas	Atlas Digital Geoambiental - Áreas do Entorno dos Geossistemas do Vale do Peixe Bravo e da Bacia do Baixo Santo Antônio (INSTITUTO PRÍSTINO, 2018).	-
Áreas cársticas	Conservação de biodiversidade – habitat especial Belezas cênicas Patrimônio espeleológico	Geologia do Quadrilátero Ferrífero - Integração e Correção Cartográfica em SIG – Codemig (LOBATO ET AL., 2005) Mapa das Áreas de Ocorrência de Cavernas do Brasil (ICMBIO, 2018a)	Subdivisão em bacias hidrográficas
Pantanal do Pandeiros	Conservação da biodiversidade aquática e reposição de estoques pesqueiros – habitat especial, sítios de reprodução, nidificação e desenvolvimento de juvenis.	Limites da APA Pandeiros – (IEF, 2018c)	-

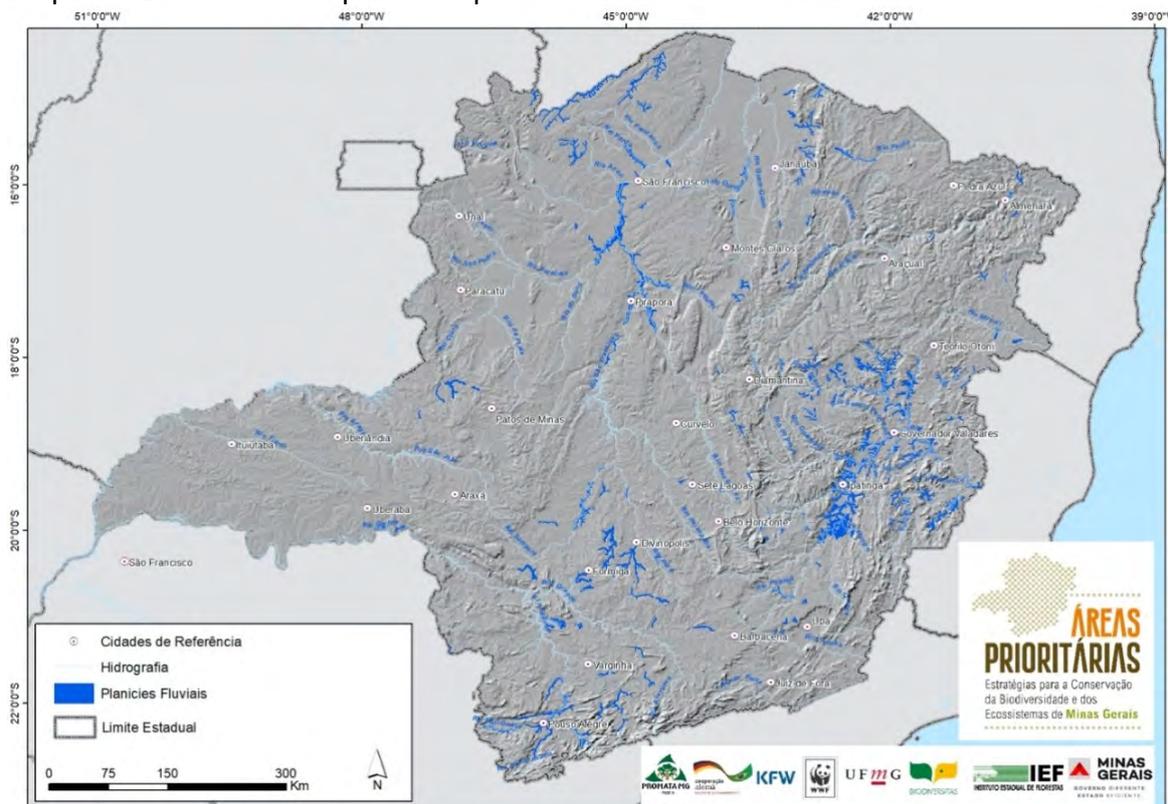
Tabuleiros	Belezas cênicas Conservação de biodiversidade – habitat especial Recarga hídrica	Mapa de Geodiversidade do Estado de Minas Gerais (CPRM, 2010)	Subdivisão em bacias hidrográficas
Caldeiras e Crateras	Belezas cênicas Conservação de biodiversidade – habitat especial Belezas cênicas	Mapa Geológico de Minas Gerais (CPRM, 2003)	-

Fonte: Elaboração dos autores (2020)

Os alvos de distribuição ampla foram, ainda, individualmente mapeados em cada bacia hidrográfica de Minas Gerais e receberam metas de conservação individuais, o que garantiu que parte da distribuição de cada um deles fosse priorizada em cada uma dessas regiões. Isso assegura a representação das variações inter-regionais de feições da paisagem e, por consequência, da biodiversidade, corrigindo, novamente, vieses de conhecimento. Previne, ainda, lacunas regionais de representação de biodiversidade ou serviços ecossistêmicos no sistema de áreas prioritárias.

Para atendimento aos objetivos acima, as seguintes bacias, derivadas da base de UPGRH (IGAM, 1999), foram utilizadas como subdivisões do estado: Araguari, Doce, Grande, Jequitinhonha, bacias do Leste, Mucuri, Pandeiros, Pardo, Paracatu, Paranaíba, Paraíba do Sul, São Francisco e Verde Grande. Essa divisão proporcionou unidades territoriais grandes o bastante para assegurar sua expressividade regional, prevenindo uma fragmentação excessiva de áreas prioritárias, e de tamanho mais uniforme, prevenindo um agrupamento excessivo no interior de grandes unidades, o que levaria às lacunas discutidas acima. O Mapa 5 apresenta como exemplo a camada de planícies fluviais e fluviolacustres.

Mapa 5 – Ecossistemas aquáticos – planícies fluviais e fluviolacustres



Fonte: Elaboração dos autores (2020)

4.3 Alvos de Recursos Hídricos

Alvos de fornecimento de recursos hídricos foram selecionados por sua relevância estratégica para a oferta de água em quantidade e qualidade para assegurar seus usos múltiplos, atuais e futuros, com destaque ao abastecimento público e à conservação da biodiversidade. A definição dos critérios foi desenvolvida por um esforço colaborativo capitaneado pelo IEF e pelo Igam ao longo das seguintes etapas: a) Oficina de Definição e Critérios para Revitalização de Bacias Hidrográficas do Projeto Somos Todos Água, coordenado pelo Igam (jan. 2019); b) ampla consulta *online* de validação dos critérios para revitalização de bacias hidrográficas do Projeto Somos Todos Água (fevereiro de 2019); c) Oficina de Alvos e Metas do PSCRMG; d) Oficina de Recursos Hídricos do PSCRMG (continuação da Oficina de Alvos e Metas); e) consolidação dos resultados das etapas anteriores pelo IEF, Igam e Consórcio. As três classes de alvos de recursos hídricos definidas foram:

4.3.1 Regiões de contribuição para mananciais estratégicos

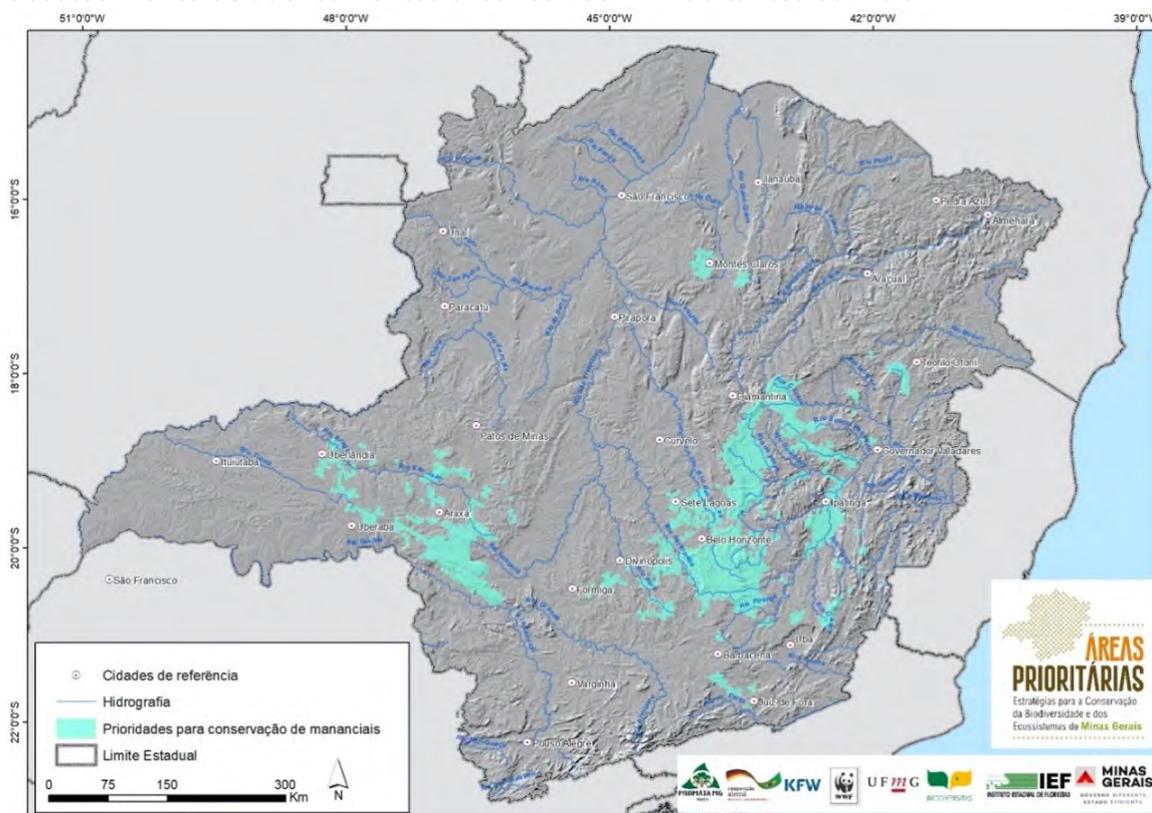
Definidas como toda a região de drenagem a montante dos pontos de captação superficial para abastecimento público que alimentam adensamentos urbanos com 200 mil habitantes ou mais. A seleção das áreas de drenagem como alvo, e não dos mananciais em si, se explica por sua influência preponderante sobre a qualidade e

quantidade de água nos mananciais, em observância ao princípio da revitalização de bacias a partir da cabeceira e em direção à foz. O limiar de 200 mil habitantes foi empregado por representar alto grau de pressão sobre os mananciais e por maximizar a população beneficiada pelos esforços de conservação, que, inevitavelmente, precisam ser concentrados, dadas as limitações de recursos e extensão do território. Foram obtidas localizações de 123 pontos de captação de água. O tamanho das regiões de manancial geradas a partir delas variou de 80 hectares a mais de 5,3 milhões de hectares, sendo as maiores regiões de manancial localizadas na bacia do rio Doce, abastecendo o município de Governador Valadares. Por outro lado, 83 captações determinaram regiões de manancial menores que 10.000 hectares que influenciam mais a seleção das áreas prioritárias, por apresentarem alta insubstituibilidade.

O mapeamento do alvo adotou metodologia semelhante a estudo realizado no estado do Rio de Janeiro por Ikemoto & Napoleão, 2018:

- a. Foram identificados os adensamentos populacionais com 200 mil habitantes a partir do Censo 2010-IBGE (a Região Metropolitana de Belo Horizonte foi considerada em sua integridade);
- b. Todas as captações de abastecimento público que alimentam esses adensamentos foram levantadas nas bases de dados do Igam e Agência Nacional de Águas (CNARH 40 e base de outorgas estaduais), bem como da Copasa/Copanol – aos pontos de captação foram triados, corrigidos e espacializados pelas equipes do Igam e do Consórcio com base em portarias de outorga, processos administrativos de outorga, imagens de satélite e conhecimento de campo;
- c. Para cada ponto de captação foi delimitada uma região de manancial, definida como o conjunto de pixels a seu montante, utilizando-se a ferramenta "watersheds" do ArcGIS e a base de "direção de fluxo", derivada do Modelo Digital de Terreno do SRTM (USGS, 2015);
- d. As regiões de manancial delimitadas no Mapa 6 foram utilizadas como alvos de conservação, de modo a garantir que as áreas prioritárias contemplem as regiões mais importantes para a garantia do abastecimento de água para uso doméstico nas grandes cidades do estado.

Mapa 6 – Regiões de manancial traçadas a partir dos pontos de captação para abastecimento de adensamentos urbanos 200 mil habitantes ou mais



Fonte: Elaboração dos autores (2020)

4.3.2 Áreas de alto potencial para recarga hídrica

As áreas de recarga de reservatórios subterrâneos têm fundamental importância para a provisão, presente e futura, de água para todo os usos, incluindo conservação da biodiversidade, abastecimento humano e atividades econômicas, principalmente num cenário de expansão da demanda, degradação de recursos e aumento de conflitos por seu uso. O potencial de uma área para recarga hídrica depende de sua altitude e tipo de rocha, de modo que as áreas mais altas, de cabeceira, sobre rochas de alta porosidade ou alto grau de fraturamento são aquelas que oferecem maior contribuição.

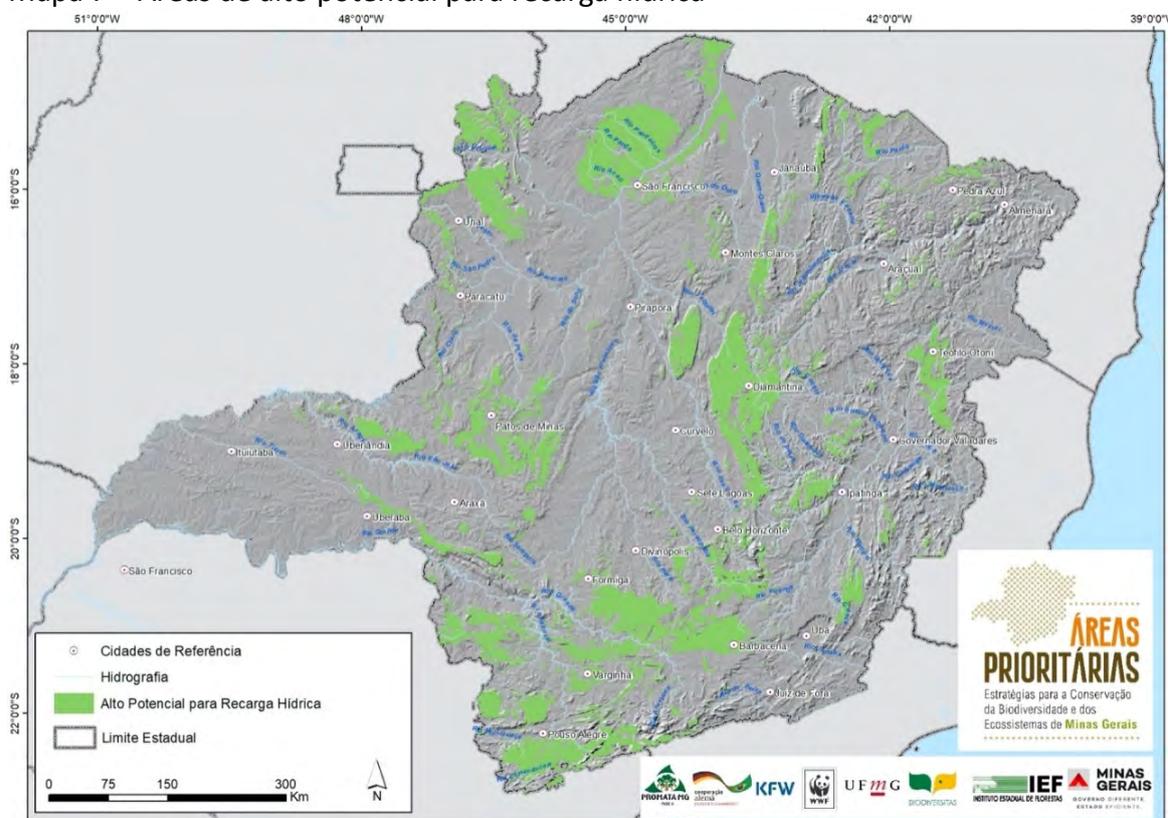
Como discutido acima na Seção 4.2, empregaram-se como alvos de conservação, feições do meio físico que desempenham papéis tanto na manutenção da biodiversidade quanto na recarga hídrica, a saber: regiões de teto orográfico, acima de 900 m e acima de 1200 m de altitude, chapadões e tabuleiros. A regionalização desses alvos por bacia, garantiu, ainda, sua representação nas Áreas Prioritárias em todas as regiões do estado.

Paralelamente, identificaram-se as áreas de maior potencial de contribuição para a recarga hídrica em Minas Gerais, a partir do mapeamento das litologias, cotas altimétricas e feições geomorfológicas mais favoráveis em cada uma de suas 35 UPRH. Foram identificados 5.334.713 hectares de áreas com alto potencial para recarga hídrica (MAPA 7). Seu mapeamento envolveu as seguintes etapas de processamento:

- Identificação das litologias altamente fraturadas e de alta porosidade a partir do Mapa de Geodiversidade do Estado de Minas Gerais (CPRM, 2010);
- Identificação de áreas entre 900 m e 1200 m e acima de 1200 m de altitude do Modelo Digital e Terreno do SRTM (USGS, 2015) – excepcionalmente, para a UPGRH “Afluentes mineiros dos rios Mogi Guaçu e Pardo”, usaram-se apenas as terras acima de 1200 m pela altitude da região, largamente acima de 900 m;
- Cruzamento entre “a” e “b” em cada UPGRH;
- Inclusão de Chapadões e Tabuleiros (CPRM, 2010), que também contribuem significativamente para recarga hídrica pela profundidade de seus solos, principalmente nas UPGRH que não possuem rochas de alto fraturamento e alta porosidade;

Tais áreas foram, então, inseridas na priorização como alvos individuais, o que garantiu a seleção de áreas com alto potencial de provisão de água em todas as UPGRH.

Mapa 7 – Áreas de alto potencial para recarga hídrica



Fonte: Elaboração dos autores (2020)

4.3.3 Ecossistemas estratégicos para a conservação da biodiversidade aquática e recursos pesqueiros

Os alvos foram selecionados e mapeadas conforme descrito nas Seções 4.1.4 e 4.2.

4.4 Metas de Conservação

Para cada alvo foi definida uma meta de conservação, que representa a área mínima da distribuição do alvo a ser incluída na solução de conservação para que ele sobreviva ao longo do tempo. Observando-se o princípio de atribuição de metas em função inversa da extensão territorial dos alvos, o que contribui para a persistência de alvos de distribuição restrita, cujas áreas são mais insubstituíveis, as metas de conservação deste estudo variaram de 17% a 70% da área de abrangência dos alvos.

Os de distribuição menor ou igual a 10.000 ha tiveram meta de 70%. Acima desse limiar, as metas foram calculadas por uma função inversa à extensão de sua distribuição para redução gradativa até os 17%. Esses limites foram validados na Oficina de Alvos e Metas.

O limiar inferior, converge com a Meta 11 de Aichi (CDB, 2011), que almeja a inclusão de 17% das áreas continentais em áreas protegidas para a prevenção da extinção de suas espécies. Já o teto de 70% foi definido por consenso de especialistas na Oficina de Alvos e Metas e busca a seleção de áreas suficientes à persistência de espécies de distribuição restrita, mais insubstituíveis e suscetíveis a perturbações locais.

A fórmula abaixo foi usada no cálculo da meta de cada alvo (GRÁFICO 1):

$$Target_mar_i = D * (target_pc(i-1) - 0,002)$$

i = posição ordinal do alvo dada pela extensão de sua distribuição total, em que o primeiro lugar cabe ao alvo de abrangência mais restrita (meta de conservação de 70% de sua distribuição);

Target_mar_i = meta de conservação do alvo (identificado por sua posição ordinal) usada na priorização de áreas pelo Marxan;

D = extensão da distribuição total do alvo;

target_pc(i-1) = meta de conservação do alvo de posição ordinal imediatamente superior (menor área de distribuição e maior percentual dela compondo a meta de conservação), expressa em percentual de sua distribuição total.

Em suma, os primeiros alvos no ranking têm metas de 70% até o primeiro alvo com extensão superior a 10.000 ha. A partir daí, a meta, expressa em percentual da extensão total do alvo, é reduzida em 0,002% a cada posição no ranking. A título de ilustração, a meta do 3º alvo no ranking seria dada por:

$$Target_mar_3 = D * (target_pc(2) - 0,002)$$

Gráfico 1– Fração da distribuição total de um alvo empregada como meta de conservação (eixo vertical) em função da extensão de sua distribuição total (eixo horizontal)



Fonte: Elaboração dos autores (2020)

Além das metas discutidas acima, foram pré-selecionadas (manualmente reservadas, de modo que necessariamente integrem as Áreas Prioritárias) as áreas de distribuição total das seguintes categorias de alvos, cuja insubstituibilidade e vulnerabilidade à extinção justificam sua plena inclusão nas Áreas Prioritárias:

- a. Sítios Baze: sítios oficialmente reconhecidos como os últimos refúgios de espécies criticamente ameaçadas de extinção, ou seja, áreas de relevância ecológica absoluta, totalmente insubstituíveis;
- b. UP com registro de peixes de distribuição restrita (espécies anuais): sítios de ocorrência de espécies de prioridade excepcional para a conservação por sua distribuição extremamente restrita e sua susceptibilidade singular à extinção – são altamente visados pelo tráfico de biodiversidade e ocorrem em pequenas poças ou lagoas, tipicamente intermitentes, em relevos tipicamente acessíveis e de exploração econômica fácil, que, se suprimidas ou degradadas, resultam facilmente em perdas populacionais catastróficas ou extinção imediata de espécies inteiras;
- c. UP com registro de cavernas reconhecidas como prioritárias em grau máximo (ICMbio, 2018b): garante a representação dos elementos mais insubstituíveis do patrimônio espeleológico, já identificados pelos órgãos competentes.

Similarmente, as seguintes áreas já comprometidas com a conservação foram pré-selecionadas, o que tanto incorpora seu valor estratégico na conservação da natureza, já

reconhecido por seus atos de criação, quanto garante que o Marxan as utilize para cumprir as metas de conservação antes de selecionar áreas adicionais:

- a. UC de Proteção Integral (federais e estaduais);
- b. RPPN (federais e estaduais) > 500 hectares.

A pré-seleção de UC federais e estaduais foi possibilitada pela existência de bases de dados de seus limites territoriais consistentes, confiáveis e representativas do estado inteiro (IDE-SISEMA, 2018; CNUC, 2018). UC de Proteção Integral foram adotadas por seu valor para a conservação de bens ambientais altamente relevantes, já reconhecido por seus atos de criação, e por seu caráter estritamente conservacionista. RPPN > 500 ha foram adotadas como UP e pré-selecionadas por seu tamanho razoável em relação às UP hexagonais, suas finalidades voltadas primariamente à conservação da biodiversidade e seu regime de uso mais protetivo, dentre as categorias de Uso Sustentável. As demais categorias de UC de Uso Sustentável, essencialmente representadas no estado por APA e APE, não foram usadas como UP ou pré-selecionadas, em função de suas áreas extensas, seu alto grau de antropização e sua legislação mais permissiva. Ainda assim, a análise de priorização foi programada a considerar necessariamente todas as UP que interceptassem UC de Uso Sustentável, incluindo as RPPN < 500 ha, o que assegurou o aproveitamento de seus atributos naturais na medida do cabível.

Todos os alvos tiveram sua distribuição cruzada com remanescentes de vegetação natural e somente o percentual natural das UP foi utilizado no cômputo do cumprimento de suas metas, o que assegurou que:

- a. As metas de conservação dos alvos de espécies e ecossistemas terrestres (proxies da biodiversidade) não fossem matematicamente cumpridas por áreas com pouco ou nenhum habitat, o que não permitiria sua persistência efetiva;
- b. As metas dos alvos de biodiversidade e classes de ecossistemas aquáticos (proxies da biodiversidade) bem como de recursos hídricos fossem cumpridas em áreas mais íntegras, o que oferece proteção aos corpos d'água, melhorando as chances de persistência dos alvos relacionados a eles;
- c. Seleção de UP com o máximo possível de cobertura natural, o que minimiza o sombreamento com atividades socioeconômicas que fazem uso alternativo da terra e dos recursos hídricos e os custos e conflitos de implementação das Áreas Prioritárias.

5 Custo de Conservação

O conceito por trás da utilização de uma superfície de custos é o fato de que redes de áreas prioritárias com menor potencial de conflito com diferentes setores da sociedade ou menos disruptivas socialmente têm maiores chances de sucesso (GAME E GRANTHAM, 2008) e menores custos financeiros de gestão (CARWARDINE *et al.*, 2008).

Assim, a superfície de custos representa a dificuldade de manejo conservacionista de uma área e seu sombreamento a atividades ou interesses socioeconômicos menos compatíveis com sua conservação, restauração ou uso sustentável, indicando, portanto, a

chance de sucesso e custo financeiro da gestão ambiental em cada UP (GAME E GRANTHAM, 2008).

Considerando a multiplicidade de custos socioeconômicos presentes no território no planejamento territorial, eles podem ser tratados individualmente ou combinados em um único índice (PRYCE *et al.*, 2006), desde que sejam quantificados utilizando a mesma unidade e sejam relevantes na opinião dos *stakeholders*. Para combinar diferentes custos, é necessário envolvimento intenso de *stakeholders* para definir os pesos das diferentes variáveis selecionadas (ARDRON *et al.*, 2010).

Dados geoespaciais descrevendo usos conflitantes com a conservação incluem uso e ocupação do território, como agricultura, pastagens, mineração, áreas urbanas e infraestruturas como estradas, usinas hidrelétricas e eólicas, barragens de rejeitos, entre outros. Tipicamente utilizam-se, ainda, *buffers* ao redor dessas feições antropogênicas para representar a propagação espacial dos impactos ambientais decorrentes dessas atividades, suas áreas de influência.

As oportunidades para conservação (custo negativo) dependem muito da região onde o estudo está sendo conduzido, mas a existência de terras públicas, atividades econômicas dependentes de qualidade ambiental, vocação ao uso indireto dos recursos naturais e políticas que favoreçam produtores rurais que adotem práticas sustentáveis são exemplos comumente utilizados.

O uso das diferentes pressões ambientais e usos alternativos do território como custos favorece, ainda, a seleção de áreas de melhor integridade ecológica, pois: a) se todas as coberturas antrópicas do solo são custos, quanto maior a cobertura natural de uma UP, menor será seu custo total, o que descarta a necessidade de uso da vegetação natural como oportunidade, pois resultaria em contagem duplicada que não afetaria o ranking das UP conforme seu custo; e b) quanto maior o percentual da cobertura natural de uma UP composto por borda (quanto menor a relação área/perímetro dos remanescentes), maior será seu custo, pois maior será a área natural penetrada pela área de influência da fonte de impacto. Assim, a superfície de custos ilustrada na .

Desse modo, o conjunto de áreas selecionadas terá a menor influência possível dos demais setores interessados no território, minimizando possíveis conflitos socioambientais (PRYCE *et al.*, 2006).

5.1 Seleção dos Temas, Ponderação e Mapeamento de Custos

A seleção, ponderação e mapeamento dos custos se pautou pelos conceitos de conflito, dificuldade de conservação e chances de sucesso discutidos acima. O processo foi construído nas seguintes etapas: a) Oficina de Custos; b) consolidação de seus resultados; c) consulta ampla de consolidação; e d) revisão da superfície de custos durante a etapa de refinamento final do mapa (seção 8.5).

A Oficina de Custos identificou e qualificou as feições socioeconômicas que afetam os custos e oportunidades de conservação, estabelecendo os seguintes parâmetros para cada um deles:

- a. Temas: Classes de custos ou oportunidades definidas conforme suas características, como sua incompatibilidade intrínseca com a conservação, e.g.: agropecuária é mais compatível com a manutenção da biodiversidade e serviços

- ecossistêmicos do que mineração, e seu padrão de distribuição espacial, e.g.: pontual, linear ou abrangente como ilustrado na Figura 3;
- b. Métricas: métodos de mapeamento da distribuição dos custos, considerando:
 - i. O raio de propagação dos impactos ambientais a partir de suas fontes;
 - ii. A necessidade de representação de áreas médias de custos cuja distribuição é conhecida apenas como pontos ou linhas.
 - c. Pesos: Intensidade dos custos e oportunidades conforme seu Tema (grau intrínseco de incompatibilidade com a conservação) e escala (porte). O processo de ponderação e hierarquização dos Temas seguiu as seguintes etapas, como ilustrado na Figura 4:
 - i. Cada Tema foi subdividida em 2, 3 ou 5 níveis de intensidade de custo ou oportunidade, pois a maioria deles engloba situações de uso muito diferentes, e.g.: o impacto de uma rodovia federal duplicada é muito maior do que o de uma pequena estrada sem pavimentação, o impacto de uma metrópole é muito maior do que uma pequena cidade com 10.000 habitantes;
 - ii. Os temas foram ranqueados entre si numa escala de cinco classes de severidade de impacto ambiental, de modo que temas de menor impacto apresentam menor peso, conforme ilustração na Figura 5.

Figura 3 – Temas propostos para composição das camadas de custos e oportunidades, discutidos pelos participantes da oficina de Custos

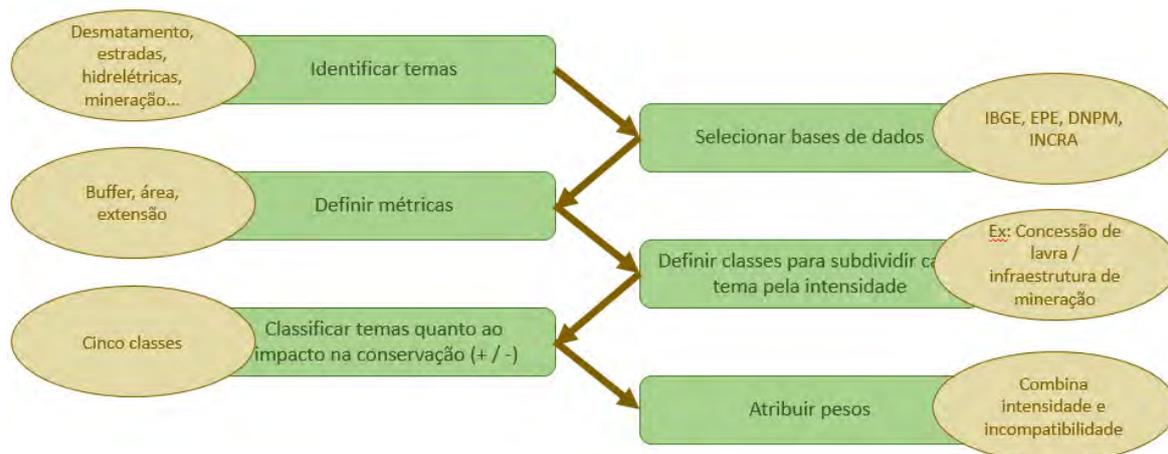


TEMAS - CUSTO	
Mineração	Rodovias
Agropecuária	Áreas Urbanas
Agricultura Irrigada	Distritos industriais
UHE / PCH / CGH	Assentamentos Rurais
Linhas de Transmissão	Ferrovias
Florestas plantadas	

TEMAS - OPORTUNIDADES	
<u>APAs</u>	Bolsa verde
<u>APEs</u>	Sítios BAZE
Corredores Ecológicos	Sítios <u>Ramsar</u>
Reservas da Biosfera	Rios de preservação permanente

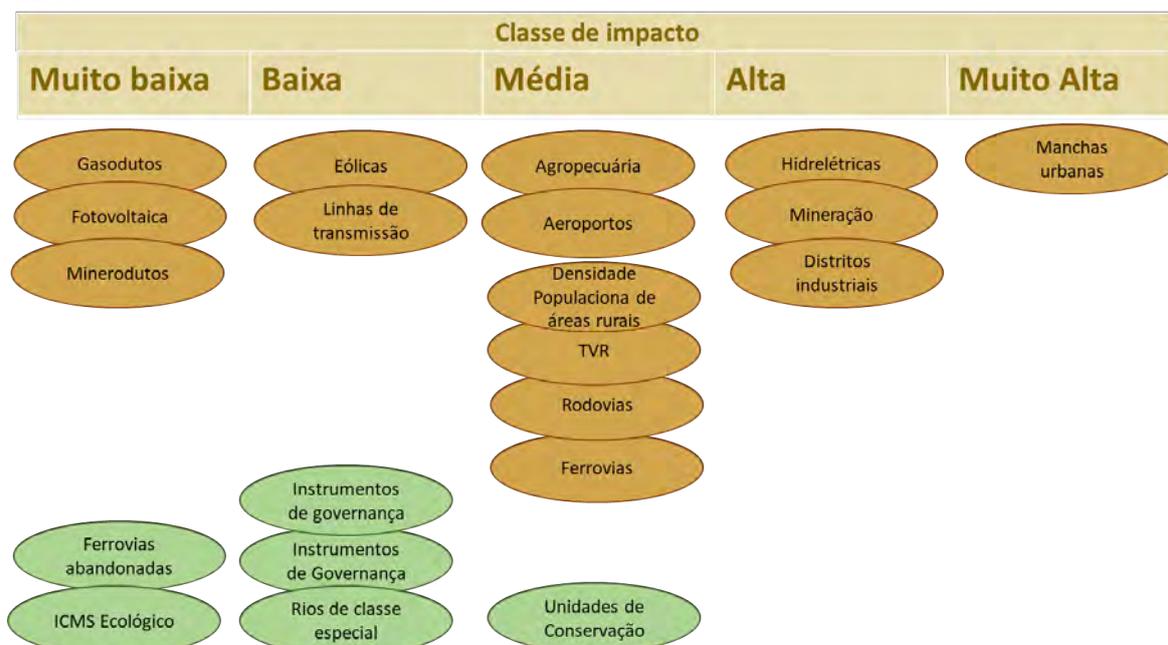
Fonte: Elaboração dos autores (2020)

Figura 4 – Detalhamento das etapas desenvolvidas durante a Oficina de Custos



Fonte: Elaboração dos autores (2020)

Figura 5 – Classificação de impacto resultante da discussão na plenária final da Oficina de Custos



Fonte: Elaboração dos autores (2020)

Os resultados da Oficina de Custos foram, ainda, submetidos a consulta *online* disponibilizada para ampliar a participação social, permitindo a contribuição de quem não pôde estar presente na data e a visualização do resultado das camadas de mapeamento dos custos por quem participou. Os resultados das etapas consultivas acima foram consolidados por técnicos do Sisema e do Consórcio. Os resultados finais para cada camada são expostos a seguir, conforme Quadro 3.

Quadro 3 – Temas, Ponderação e Mapeamento de Custos

AEROPORTOS (custo)

Parâmetros definidos durante a oficina

Classe de impacto: Média

Quantidade de níveis: 3

- PESO 4: Movimento anual < 600 mil passageiros;
- PESO 6: Movimento anual entre 600 mil e 6 milhões de passageiros;
- PESO 8: Movimento anual > 6 milhões de passageiros.

Métrica: Área de ocorrência do raio proporcional ao porte do aeroporto (valor do raio não indicado), retirando sobreposição com manchas urbanas.

Base de dados sugerida: Infraero - Excluídas manchas urbanas (IBGE, 2015; EMBRAPA, 2017)

Ajustes necessários

Na oficina foi deliberada a divisão em três classes de acordo com a movimentação anual e também pela exclusão das ocorrências com sobreposição à mancha urbana. Porém, esta exclusão fez com que duas das três classes determinadas fossem desconsideradas. Por este motivo, apenas uma classe foi considerada na composição da superfície de custo. As fontes disponíveis foram unidas e as duplicidades excluídas. Os registros classificados como abandonados foram retirados.

Composição final do tema:

Classe de impacto: Média

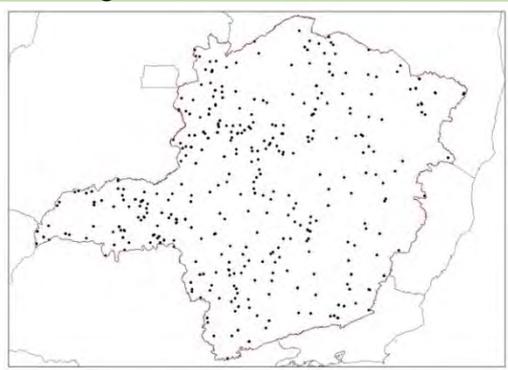
Quantidade de níveis: 1

- PESO 4: Movimento anual < 600 mil passageiros, excluindo-se terminais sobrepostos à mancha urbana;

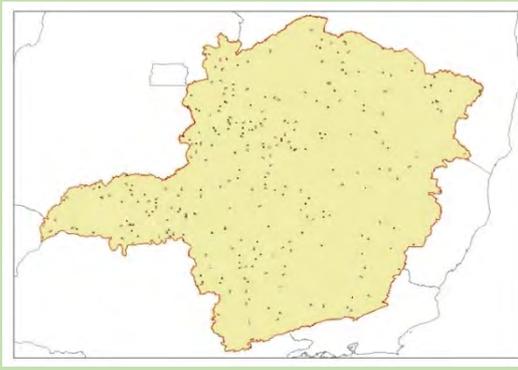
Métrica: Raio de 1 km em torno da localização, excluindo a sobreposição com área urbana

Base de dados utilizada: IBGE 1:1.000.000 (v2016) e 1:250.000 (v2017); e MPOG, que disponibiliza as informações da Infraero no Portal INDE, 2018; excluídas as manchas urbanas (IBGE, 2015; EMBRAPA, 2017).

Dado original



Custo



AGROPECUÁRIA (custo)

Parâmetros definidos durante a oficina

Classe de impacto: Média

Quantidade de níveis: 3

- PESO 4: Plantações florestais;
- PESO 6: Área de cultura;
- PESO 8: Agricultura irrigada.

Métrica: Área de ocorrência dos níveis nas unidades de planejamento;
 Base de dados sugerida: Mapbiomas, ano-base 2017 (Área da cultura e plantações florestais) / ANA, 2016 + Outorga de uso da ANA / Igam (Agricultura irrigada)

Ajustes necessários

Em função de algumas inconsistências encontradas nos dados do MapBiomas, foram excluídas as manchas urbanas do mapeamento de agropecuária, para evitar superestimativas. Por exemplo, foi observado que alguns parques urbanos e campos de futebol foram classificados como agropecuária, em função do tipo de cobertura vegetal.

Composição final do tema:

Quantidade de níveis: 3

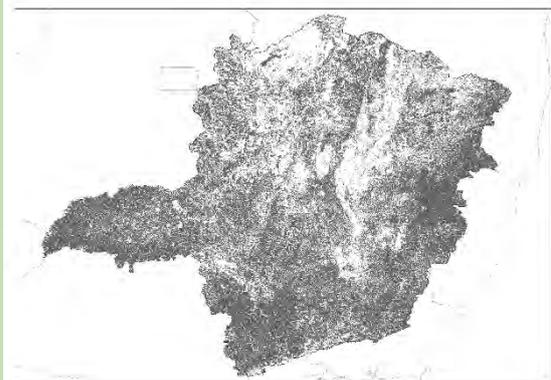
- PESO 4: Plantações florestais;
- PESO 6: Área de cultura;
- PESO 8: Agricultura irrigada.

Métrica: Área de ocorrência dos níveis nas unidades de planejamento;

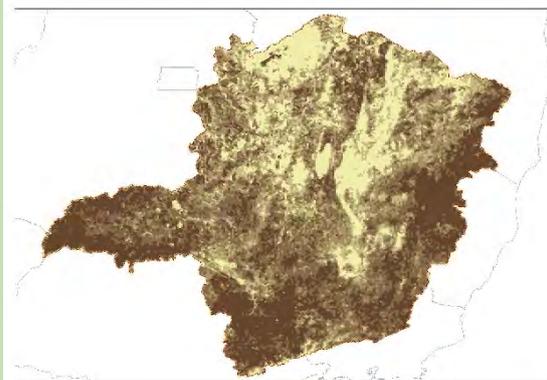
Base de dados utilizada: Mapbiomas coleção 3.1, ano-base 2017 (Área da cultura e plantações florestais); Embrapa e ANA – Projeto Pivôs, 2014 (Agricultura irrigada); excluídas as manchas urbanas (IBGE, 2015; EMBRAPA, 2017)

Agropecuária

Dado original

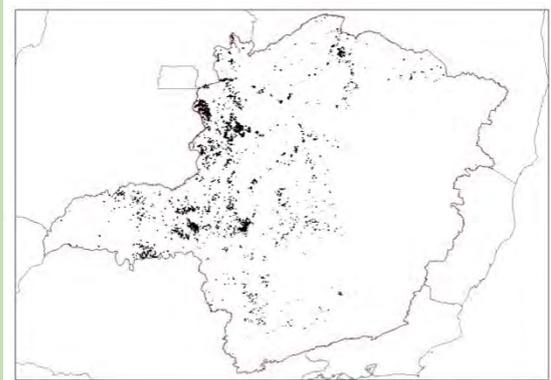


Custo

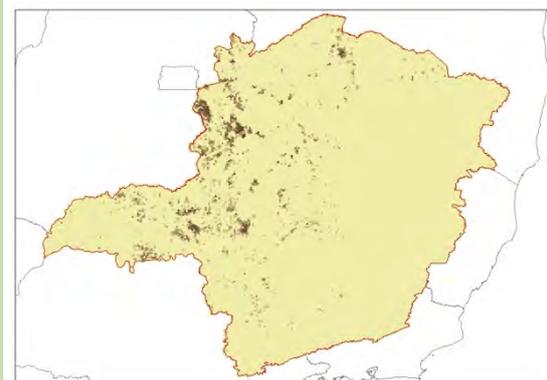


Agricultura irrigada

Dado original



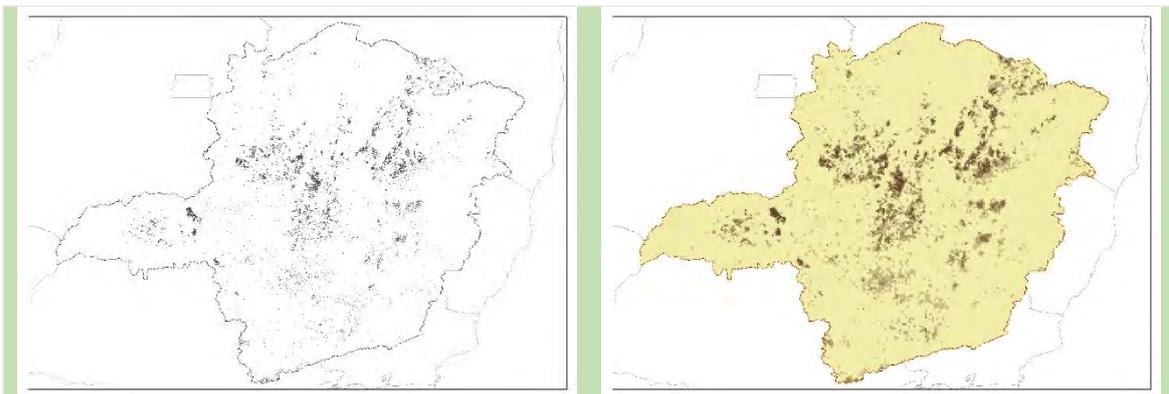
Custo



Plantações florestais

Dado original

Custo



DENSIDADE POPULACIONAL EM ÁREAS RURAIS (custo)

Parâmetros definidos durante a oficina

Classe de impacto: Média

Quantidade de níveis: 5

- PESO 4: < 5.000 hab
- PESO 5: 5-50.000 hab
- PESO 6: 50-100.000 hab
- PESO 7: 100-200.000 hab
- PESO 8: > 200.000 hab

Métrica: Área de ocorrência da mancha de densidade na unidade de planejamento;

Base de dados sugerida: Dados do censo do IBGE, 2010

Ajustes necessários

Devido ao formato dos dados do Censo do IBGE de 2010, não foi possível extrair as classes determinadas durante a oficina. A Equipe Técnica sugeriu o recorte em 5 classes de acordo com quebras naturais (*Natural Breaks*, em inglês). Outra importante modificação foi a retirada de áreas de sobreposição do dado com os de Manchas Urbanas.

Composição final do tema:

Classe de impacto: Média

Quantidade de níveis: 5

- PESOS: De 4, 5, 6, 7 e 8 - Subdivisão em 5 classes de densidade populacional, excluindo área de sobreposição com mancha urbana;

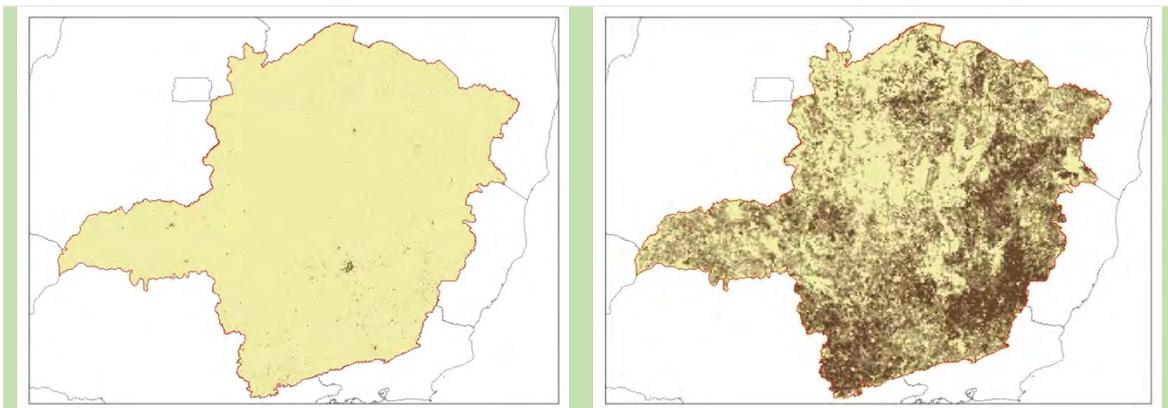
Métrica: Área de ocorrência dos níveis nas unidades de planejamento;

Base de dados utilizada: Censo IBGE, 2010 - Excluídas as manchas urbanas (IBGE, 2015; EMBRAPA, 2017)

Densidade populacional em áreas rurais

Dado original

Custo



EMPREENDIMENTOS LICENCIADOS E DISTRITOS INDUSTRIAIS (custo)

Parâmetros definidos durante a oficina

Classe de impacto: Alta

Quantidade de níveis: 5

- PESO 5: Localização dos empreendimentos simples;
- PESO 6: Localização dos empreendimentos classes 3 a 6 + área definida por um raio 300 m;
- PESO 7: Área definida por um raio ao redor dos empreendimentos (tamanho não definido);
- PESO 8: Área definida por um raio de 1 km em torno dos distritos;
- PESO 9: Localização do distrito industrial.

Métrica: Área de ocorrência dos níveis nas unidades de planejamento;

Base de dados sugerida: Codemig, 2016 e IDE-Sisema, 2018 (LAS) + Complementar com dados do licenciamento da IDE-Sisema/Fiscalização e Regularização – Classes 1 a 6, verificando e retirando sobreposição entre as bases.

Ajustes necessários

A base considerada foi a de informações disponibilizadas no sistema IDE-Sisema, pela Semad, de empreendimentos de classe 3 a 6 licenciados entre 2013 e 2018 (desconsiderando os de classe A – Mineração, que foram considerados em camada específica). A localização dos distritos industriais foi obtida em webmap disponível para visualização no site da Codemig. Como a base da Codemig não estava disponível para download, a localização de cada registro foi identificada em uma imagem de satélite de alta resolução (utilizando a plataforma GoogleEarth) e georreferenciada.

Composição final do tema:

Classe de impacto: Alta

Quantidade de níveis: 3

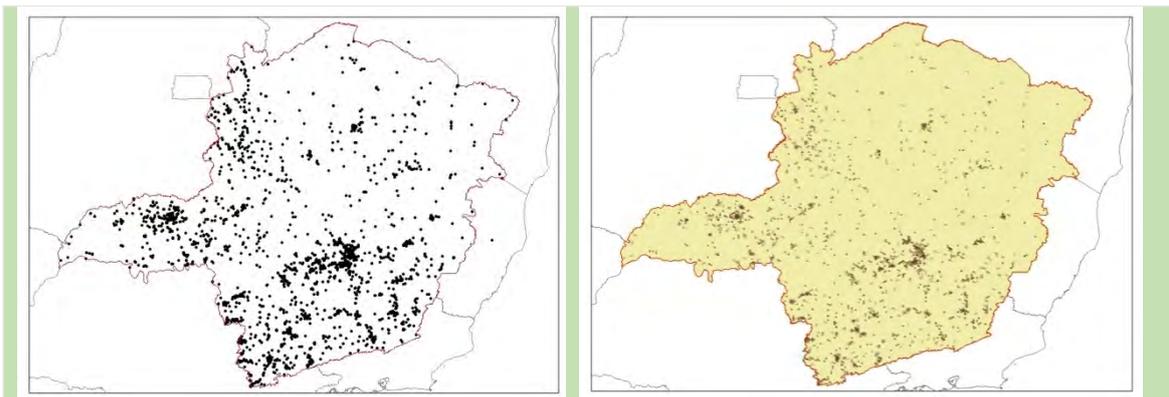
- PESO 5: Área definida pelo raio de 1 km em torno dos Empreendimentos classes 3 a 6 (IDE-Sisema), exceto os minerários, excluindo a sobreposição com as camadas de distritos e empreendimentos;
- PESO 7: Área definida pelo raio de 300m nos empreendimentos classes 3 a 6, exceto os minerários, excluindo sobreposição com a camada de Distritos Industriais;
- PESO 9: Área definida pelo raio de 1 km em torno da localização dos distritos industriais

Métrica: Área de ocorrência dos níveis nas unidades de planejamento;

Base de dados utilizada: Codemig, 2016 (Distritos industriais); e Semad/IDE-Sisema, 2018 (empreendimentos licenciados).

Dado original

Custo



FERROVIAS (custo)

Parâmetros definidos durante a oficina

Classe de impacto: Média

Quantidade de níveis: 2

- PESO 4: Faixa entre 500m e 1 Km de largura ao longo da ferrovia

- PESO 8: Faixa de 500m de largura ao longo da ferrovia;

Métrica: Área de ocorrência dos níveis nas unidades de planejamento;

Base de dados sugerida: IBGE.

Ajustes necessários

Foram excluídas da base as ferrovias abandonadas, proveniente da base do IBGE (Escala 1:250.00, ano de referência 2017).

Composição final do tema:

Classe de impacto: Média

Quantidade de níveis: 2

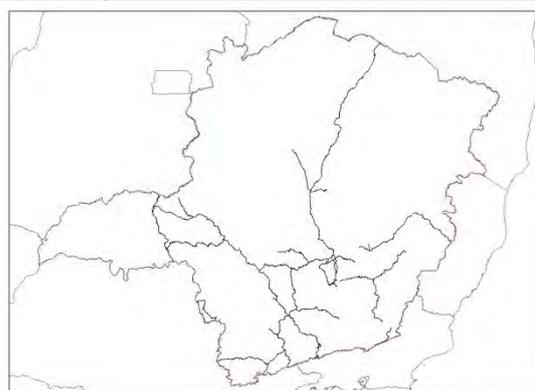
- PESO 4: Faixa entre 500m e 1 Km de largura ao longo da ferrovia

- PESO 8: Faixa de 500m de largura ao longo da ferrovia;

Métrica: Área de ocorrência dos níveis nas unidades de planejamento;

Base de dados utilizada: MT/DNIT/BIT, MT/ANTT e MP/IBGE/DGC/CCAR/bCIMd (acessado via sistema IDE-Sisema, 2018).

Dado original



Custo



GASODUTOS (custo)

Parâmetros definidos durante a oficina

Classe de impacto: Muito baixo

Quantidade de níveis: 1

- PESO 4: Traçado;

Métrica: Traçado do gasoduto;

Base de dados sugerida: EPE (2018), complementado com os dados a serem disponibilizado pela Cemig;

Ajustes necessários

Os dados da Cemig e Gasmig foram solicitados. Foi adotada como padrão de largura a faixa de servidão de 20m.

Composição final do tema:

Classe de impacto: Muito baixo

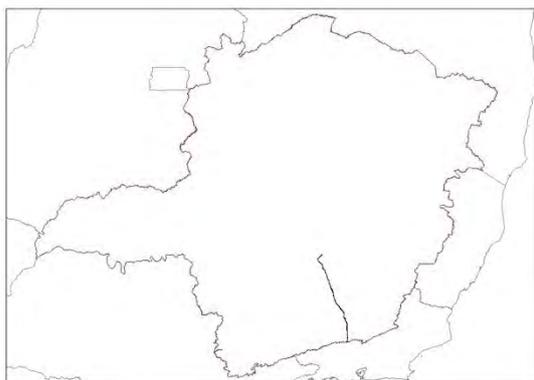
Quantidade de níveis: 1

- PESO 4: Faixa de 20 m de largura ao longo do gasoduto;

Métrica: Área de ocorrência do nível nas unidades de planejamento;

Base de dados utilizada: EPE, 2018.

Dado original



Custo



LINHAS DE TRANSMISSÃO (custo)

Parâmetros definidos durante a oficina

Classe de impacto: Baixo

Quantidade de níveis: 1

- PESO 5: Faixa de 200 m ao longo da linha de transmissão;

Métrica: Área de ocorrência do nível nas unidades de planejamento;

Base de dados sugerida: EPE (2018), complementado com os dados a serem disponibilizado pela Cemig;

Ajustes necessários

A base foi solicitada à Cemig

Composição final do tema:

Classe de impacto: Baixo

Quantidade de níveis: 1

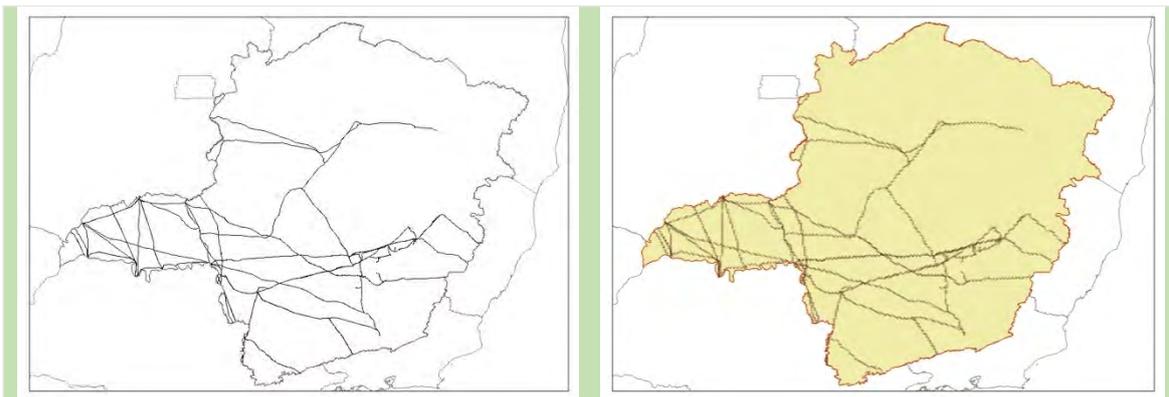
- PESO 5: Faixa de 200 m ao longo da linha de transmissão;

Métrica: Área de ocorrência do nível nas unidades de planejamento;

Base de dados utilizada: EPE, 2018.

Dado original

Custo



MANCHAS URBANAS (custo)

Parâmetros definidos durante a oficina

Classe de impacto: Muito alto

Quantidade de níveis: 2

- PESO 6: Faixa de classes de tamanho populacional (Tamanho não definido);
- PESO 10: área urbana efetivamente ocupada;

Métrica: Área de ocorrência do nível nas unidades de planejamento;

Base de dados sugerida: IBGE (2015)/ Embrapa (2017) – Consultar Sedru, Ministério das Cidades, Inkra e Cemig

Ajustes necessários

Foram utilizados apenas os dados do IBGE (2015) e Embrapa (2017), pois a combinação com outras bases gerou resultados heterogêneos e inconsistentes. Após a oficina, decidiu-se excluir totalmente a mancha urbana das UP e por este motivo apenas a faixa de 1 km no entorno da mancha urbana foi considerada.

Composição final do tema:

Classe de impacto: Muito alto

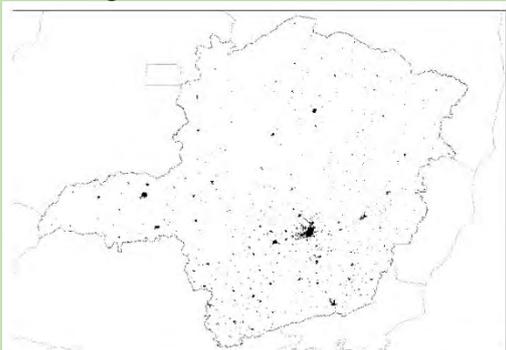
Quantidade de níveis: 2

- PESO 6: Faixa de 1 Km no entorno da mancha urbana;

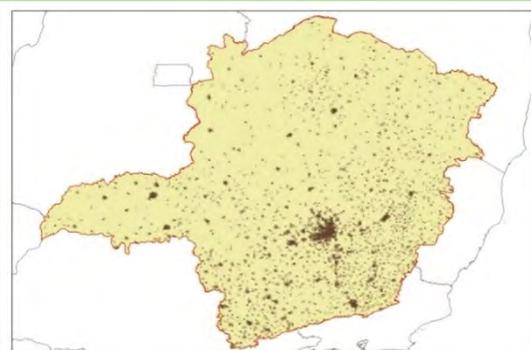
Métrica: Área de ocorrência dos níveis nas unidades de planejamento.

Base de dados utilizada: IBGE, 2015; e Embrapa, 2017

Dado original



Custo



MINERAÇÃO (custo)

Parâmetros definidos durante a oficina

Classe de impacto: Alta

Quantidade de níveis: 5

- PESO 5: Faixa entre 1 e 2 Km em torno da área de concessão com lavra ativa;
- PESO 6: Faixa de 1 km em torno da área de concessão com lavra ativa;
- PESO 7: Área de concessão sem lavra ativa;
- PESO 8: Área da concessão com lavra ativa;
- PESO 9: Área delimitada pelo raio de 500 m em torno da Barragem de rejeitos e dos Empreendimentos minerários.

Métrica: Área de ocorrência dos níveis nas unidades de planejamento;

Base de dados sugerida: Títulos minerários (ANM, 2018), barragens de rejeito (Feam) e Empreendimentos ativos (Semad, 2018), incluindo minas em fechamento;

Ajustes necessários

A camada relativa ao peso 5 foi desconsiderada após consulta de validação online.

Composição final do tema:

Classe de impacto: Alta

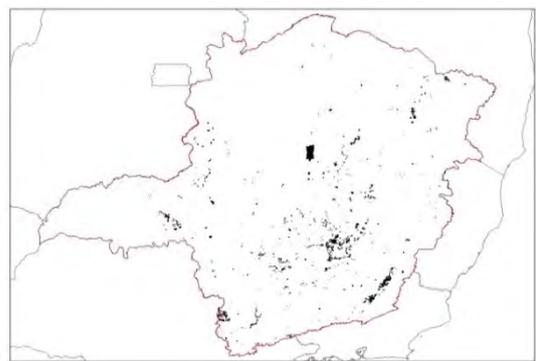
Quantidade de níveis: 5

- PESO 6: Faixa de 1 km em torno da área de concessão com lavra ativa;
- PESO 7: Área de concessão sem lavra ativa;
- PESO 8: Área da concessão com lavra ativa;
- PESO 9: Área delimitada pelo raio de 500 m em torno da Barragem de rejeitos e dos Empreendimentos minerários.

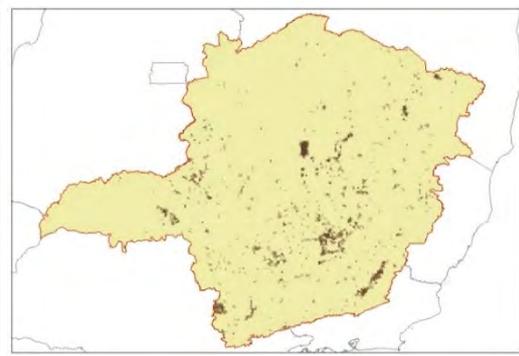
Métrica: Área de ocorrência dos níveis nas unidades de planejamento;

Base de dados utilizada: ANM, 2018 (títulos minerários); e Semad, 2018 (empreendimentos ativos, incluindo minas em fechamento).

Dado original



Custo



MINERODUTOS (custo)

Parâmetros definidos durante a oficina

Classe de impacto: Muito baixo

Quantidade de níveis: 2

- PESO 2: Faixa entre 15m e 300m ao longo do mineroduto;
- PESO 6: Faixa de 15m ao longo do mineroduto.

Métrica: Área de ocorrência dos níveis nas unidades de planejamento;

Base de dados sugerida: Supram, IDE (fiscalização e regularização), Ibama, ANA, Igam e Empresas.

Ajustes necessários

Após pesquisa nas bases sugeridas, o tema foi encontrado apenas na base do IBGE de escala

1:250.00 (Versão 2017) pelo nome de “dutovia”. O limiar de 40m foi definido em função da área de servidão, ao passo que o limiar de 300m foi definido na oficina em função de eventuais acessos para manutenção.

Composição final do tema:

Classe de impacto: Muito baixo;

Quantidade de níveis: 2

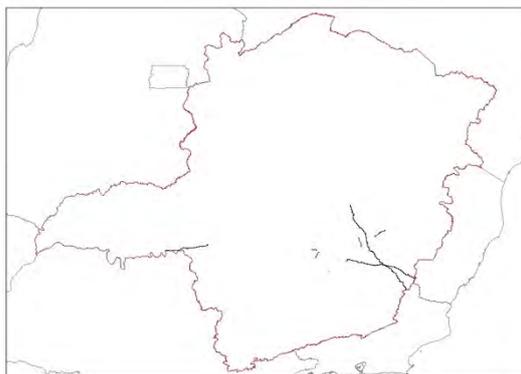
- PESO 2: Faixa entre 40m e 300m ao longo do mineroduto;

- PESO 6: Faixa de 40m ao longo do mineroduto.

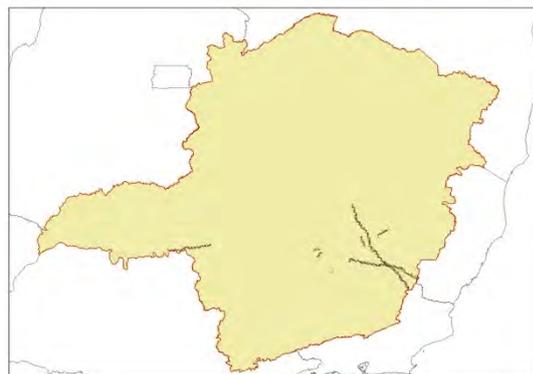
Métrica: Área de ocorrência dos níveis nas unidades de planejamento;

Base de dados utilizada: IBGE 1:250.000 (Versão 2017).

Dado original



Custo



RODOVIAS (custo)

Parâmetros definidos durante a oficina

Classe de impacto: Média

Quantidade de níveis: 5

- PESO 4: Faixa de 500 m ao longo das rodovias não asfaltadas

- PESO 5: Faixa de 500 m ao longo das demais rodovias asfaltadas

- PESO 6: Faixa de 1 km ao longo das rodovias de ligação entre núcleos de mais de 50 mil habitantes

- PESO 7: Faixa de 2 km ao longo das demais BR

- PESO 8: Faixa de 4 km ao longo das BR duplicadas

Métrica: Área de ocorrência dos níveis nas unidades de planejamento;

Base de dados sugerida: IBGE 1:250.000 (Versão 2017)

Ajustes necessários

Para garantir um paralelismo com as métricas utilizadas para áreas urbanas e reduzir o forte efeito das estradas na composição final da superfície de custos, as faixas foram reduzidas para 500 m de largura, exceto BR duplicadas, para as quais foi definido um buffer de 1Km.

Composição final do tema:

Classe de impacto: Média

Quantidade de níveis: 5

- PESO 4: Faixa de 500 m ao longo das rodovias não asfaltadas

- PESO 5: Faixa de 500 m ao longo das demais rodovias asfaltadas

- PESO 6: Faixa de 500 m ao longo das rodovias de ligação entre núcleos de mais de 50 mil habitantes

- PESO 7: Faixa de 500 m ao longo das demais BR

- PESO 8: Faixa de 1 km ao longo das BR duplicadas

Métrica: Área de ocorrência dos níveis nas unidades de planejamento;

Base de dados utilizada: IBGE 1:250.000 (Versão 2017)

Dado original



Custo



USINAS EÓLICAS (custo)

Parâmetros definidos durante a oficina

Classe de impacto: Baixa

Quantidade de níveis: 1

- PESO 5: Ocorrência da usina eólica;

Métrica: Ocorrência na unidade de planejamento;

Base de dados sugerida: EPE (2018);

Ajustes necessários

A base da EPE, sugerida pelos participantes, é menos completa que a base disponibilizada na IDE-Sisema. Outro ajuste necessário foi a de quantificação em área da usina. Para isso, estimou-se o tamanho de um hectare.

Composição final do tema:

Classe de impacto: Baixa

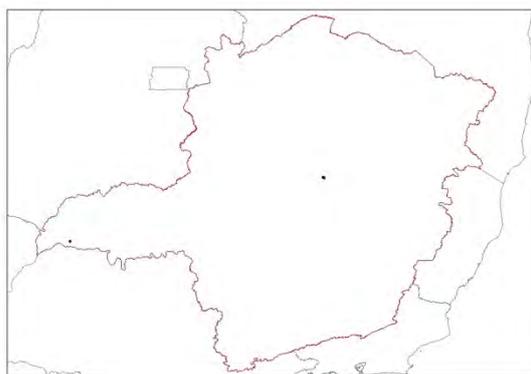
Quantidade de níveis: 1

- PESO 5: Raio de 58 m (Equivalente a círculo de ~ 1 ha)

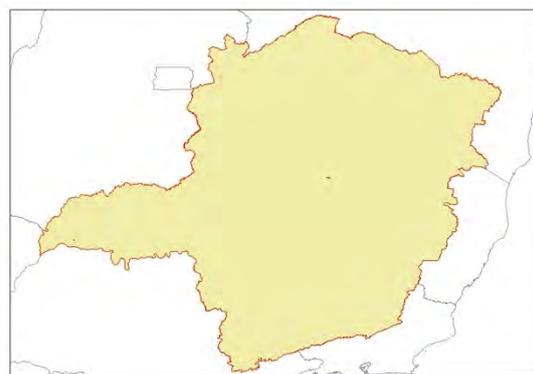
Métrica: Área de ocorrência dos níveis nas unidades de planejamento;

Base de dados utilizada: Semad/IDE-Sisema, 2018.

Dado original



Custo



USINAS FOTOVOLTAICAS (custo)

Parâmetros definidos durante a oficina

Classe de impacto: Muito baixo

Quantidade de níveis: 1

- PESO 4: Ocorrência da usina fotovoltaica;

Métrica: Ocorrência na unidade de planejamento;

Base de dados sugerida: EPE (2018);

Ajustes necessários

Para a ocorrência ser quantificada em formato de área, estimou-se o tamanho de um hectare a partir de um raio de 58 metros da localização da usina. Por ser excepcionalmente grande, o complexo solar de Pirapora foi delimitado visualmente a partir de imagem de satélite de 2018 disponível no *software* Google Earth. A base disponível no sistema Webmap da EPE foi complementada com a disponibilizada no sistema Aneel / Sigel;

Composição final do tema:

Classe de impacto: Muito baixo

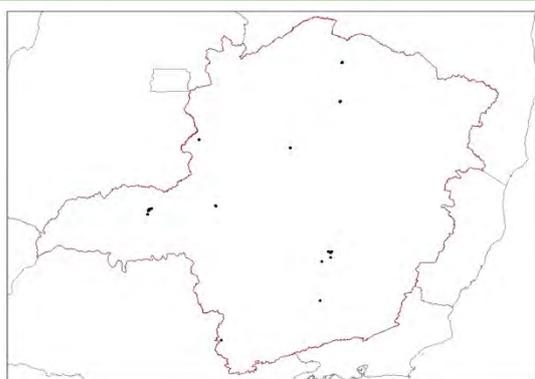
Quantidade de níveis: 1

- PESO 4: Raio de 58 m (Equivalente a círculo de ~ 1 ha) – Exceção para o complexo Pirapira, com polígono da delimitação completa da usina.

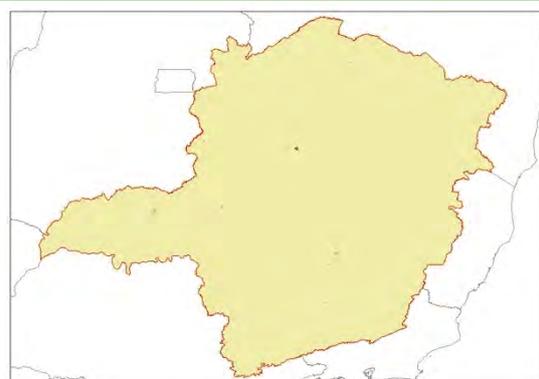
Métrica: Área de ocorrência dos níveis nas unidades de planejamento;

Base de dados utilizada: EPE, 2018; e Aneel / Sigel, 2018.

Dado original



Custo



USINAS HIDRELÉTRICAS (custo)

Parâmetros definidos durante a oficina

Classe de impacto: Alta;

Quantidade de níveis: 3

- PESO 5: UHE, PCH ou CGH com reservatórios menores que 10 km²

- PESO 7: UHE ou PCH com reservatórios maiores que 10 km²

- PESO 9: Usinas em cascata (UHE ou PCH em sistema de cascata)

Métrica: Área do reservatório ou presença do eixo do barramento na unidade de planejamento;

Base de dados sugerida: EPE (2018);

Ajustes necessários

A informação disponível para reservatórios não possibilitou a diferenciação entre aqueles menores e maiores que 10 km². Por isso, por sugestão da equipe técnica, as classes foram reorganizadas para que a primeira contemplasse os eixos de barramento e a segunda a quantificação dos reservatórios disponíveis na base de dados da ANA, de acordo com orientações coletadas na consulta online.

A indisponibilidade de dados das usinas em cascata impossibilitou a elaboração da camada relativa a esse tema.

Para a ocorrência ser quantificada em formato de área, delimitou-se um raio de 500 metros em torno de todos eixos de barramento disponíveis.

Composição final do tema:

Classe de impacto: Alta;

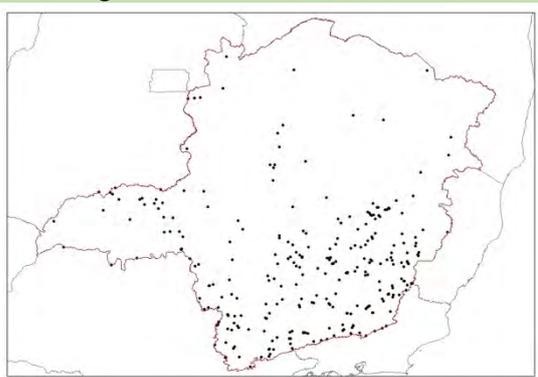
Quantidade de níveis: 2

- PESO 5 - Área delimitada pelo raio de 500 m em torno do eixo de barramento das UHEs e PCHs, excluindo a área sobreposta de reservatório
- PESO 7 - Área do reservatório na unidade de planejamento

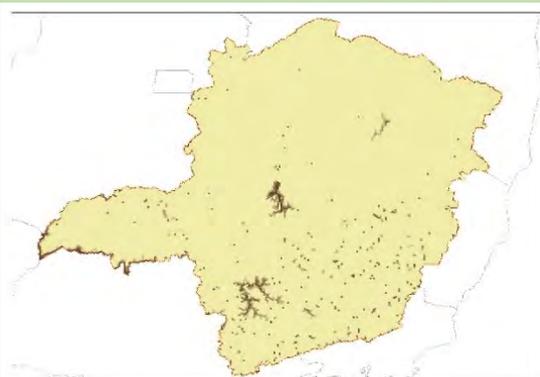
Métrica: Área do reservatório ou do raio em torno do eixo de barramento na unidade de planejamento;

Base de dados utilizada: EPE, 2018; Aneel / Sigel, 2018 (eixos de barramento); e ANA, 2018 (reservatórios).

Dado original



Custo



TRECHOS DE VAZÃO REDUZIDA (custo)

Parâmetros definidos durante a oficina

Classe de impacto: Média

Quantidade de níveis: 1

- PESO 5: Extensão do trecho de vazão reduzida;

Métrica: Ocorrência na unidade de planejamento;

Base de dados sugerida: EPE (2018);

Ajustes necessários

Pelo fato de não existir uma base consolidada com os trechos de redução de vazão em função dos reservatórios de hidrelétricas, foi realizada uma modelagem do grau de regulação dos rios seguindo a metodologia de Grill et al (2019).

Composição final do tema:

Classe de impacto: Média

Quantidade de níveis: 1

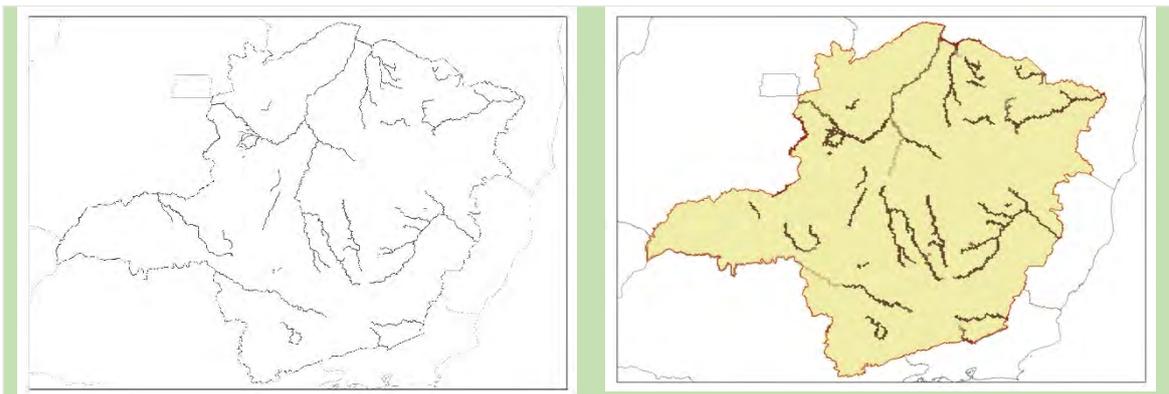
- PESO 5: Grau de regulação da vazão do rio;

Métrica: Ocorrência na unidade de planejamento;

Base de dados utilizada: Modelagem de fragmentação hídrica de acordo com metodologia de Grill et al (2019).

Dado original

Custo



ÁREAS PROTEGIDAS E INSTRUMENTOS DE GOVERNANÇA (oportunidade)

Parâmetros definidos durante a oficina para Áreas Protegidas

Classe de impacto: Média

Quantidade de níveis: 3

- PESO 4: Área das Unidades de Conservação das categorias APA e APE;
 - PESO 5: Áreas de compensação já definidas;
 - PESO 6: Área das Unidades de Conservação, exceto das categorias APA e APE, incluindo RPPN;
- Métrica: Área de ocorrência dos níveis nas unidades de planejamento;
Base de dados sugerida: MMA / CNUC (Para Federais e Municipais, complementado com as informações do IEF) e IEF (Para Estaduais e áreas de compensação).

Parâmetros definidos durante a oficina para Instrumentos de Governança

Classe de impacto: Baixo

Quantidade de níveis: 3

- PESO 3: Área de Reserva da Biosfera ou Sítio Ramsar;
 - PESO 4: Área do Mosaico;
 - PESO 5: Área da Zona de Amortecimento (Definida em camada disponibilizada pelo IEF ou, quando não disponível, 3km ao redor da UC) ou do Corredor Ecológico;
- Métrica: Área de ocorrência dos níveis nas unidades de planejamento;
Base de dados sugerida: IEF (2018).

Ajustes necessários

Devido às grandes áreas comuns entre as camadas, a equipe técnica desconsiderou as sobreposições, mantendo em caso de sobreposição apenas a camada com maior peso.

Composição final do tema:

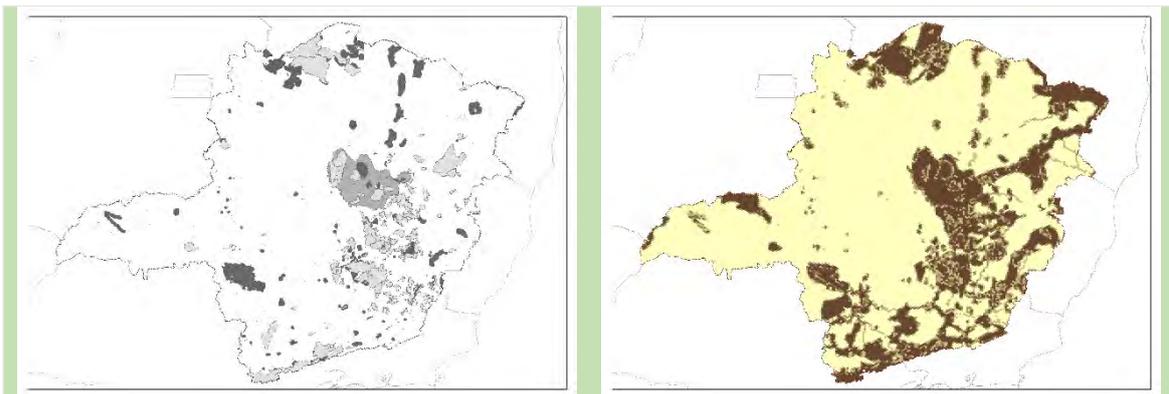
Classe de impacto: Média

Quantidade de níveis: 3

- PESO 3: Área de Reserva da Biosfera ou Sítio Ramsar;
 - PESO 4: Área das Unidades de Conservação das categorias APA e APE e Área do Mosaico;
 - PESO 5: Áreas de compensação já definidas e Área da Zona de Amortecimento (Definida em camada disponibilizada pelo IEF ou, quando não disponível, 3km ao redor da UC) ou do Corredor Ecológico;
 - PESO 6: Área das Unidades de Conservação, exceto das categorias APA e APE, incluindo RPPN.
- Métrica: Área de ocorrência dos níveis nas unidades de planejamento, mantendo a ocorrência de maior peso quando sobreposto.
Base de dados utilizada: MMA / CNUC, 2018 (federais e municipais); IEF/IDE-Sisema, 2018 (estaduais); IEF, 2018 (zonas de amortecimento disponíveis e áreas de compensação).

Dado original

Oportunidade



FERROVIAS ABANDONADAS (oportunidade)

Parâmetros definidos durante a oficina

Classe de impacto: Muito baixo;

Quantidade de níveis: 1

- PESO 2: Traçado da ferrovia abandonada na unidade de planejamento;

Métrica: Traçado da camada na unidade de planejamento;

Base de dados sugerida: ANTT;

Ajustes necessários

A identificação dos trechos ferroviários abandonados foi encontrada na base do IBGE (Escala 1:250.00, ano de referência 2017). Para a ocorrência ser quantificada em formato de área, delimitou-se um raio de 250 metros em torno da ferrovia abandonada, em consonância com o determinado pela oficina para o trecho ferroviário ativo.

Composição final do tema:

Classe de impacto: Muito baixo;

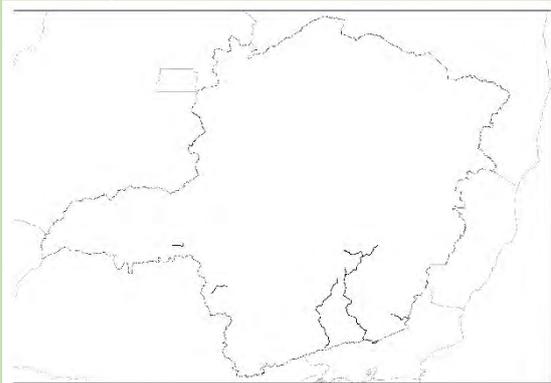
Quantidade de níveis: 1

- PESO 2: Faixa de 250 m ao longo da ferrovia abandonada;

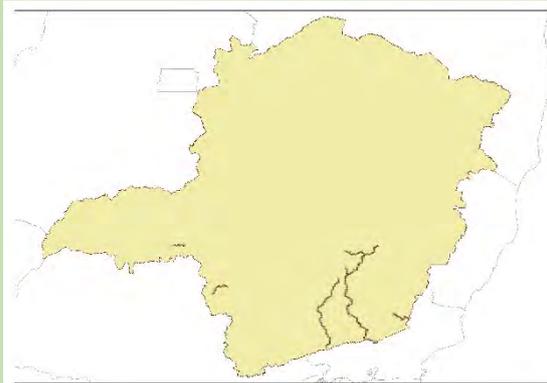
Métrica: Área de ocorrência do nível nas unidades de planejamento;

Base de dados utilizada: IBGE 1:250.000 (Versão 2017).

Dado original



Oportunidade



SÍTIOS ARQUEOLÓGICOS E ÁREAS TOMBADAS PELO PATRIMÔNIO NATURAL (oportunidade)

Parâmetros definidos durante a oficina

Classe de impacto: Baixo;

Quantidade de níveis: 1- PESO 5: Área do sítio;

Métrica: Área do sítio, se disponível, ou raio em torno do ponto.

Base de dados sugerida: Iphan;

Ajustes necessários

Muitos dos sítios arqueológicos e patrimônios históricos não têm área definida. Para que fosse possível representá-los, os valores faltantes foram substituídos pela área média do restante da amostra. Para que os valores ficassem compatíveis com as demais variáveis e o resultado final capturasse a presença desses sítios, foi considerado um buffer determinando uma área de 200 hectares.

Composição final do tema:

Classe de impacto: Baixo;

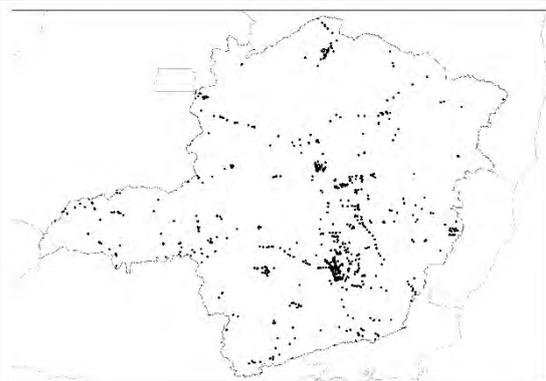
Quantidade de níveis: 1

- PESO 5: Área do sítio ou raio em torno do ponto, definido uma área de 200 hectares.

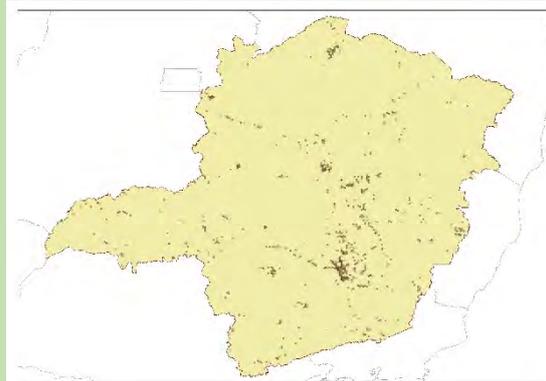
Métrica: Área de ocorrência do nível nas unidades de planejamento;

Base de dados utilizada: Iphan, 2018; e Iphea, 2018.

Dado original



Oportunidade



TRECHOS DE RIOS CLASSIFICADOS COMO CLASSE ESPECIAL (oportunidade)

Parâmetros definidos durante a oficina

Classe de impacto: Baixa

Quantidade de níveis: 1

- PESO 4: Trecho do rio de classe especial;

Métrica: Quantificação do trecho nas unidades de planejamento;

Base de dados sugerida: Deliberação Normativa Copam nº 217 de 2017 (IDE-Sisema) + áreas de contribuição (bacias) dos trechos enquadrados como classe especial;

Ajustes necessários

Devido à necessidade de se quantificar em formato de área os dados, optou-se por utilizar apenas as informações sobre as áreas de contribuição para os trechos enquadrados como classe especial;

Composição final do tema:

Classe de impacto: Baixa;

Quantidade de níveis: 1

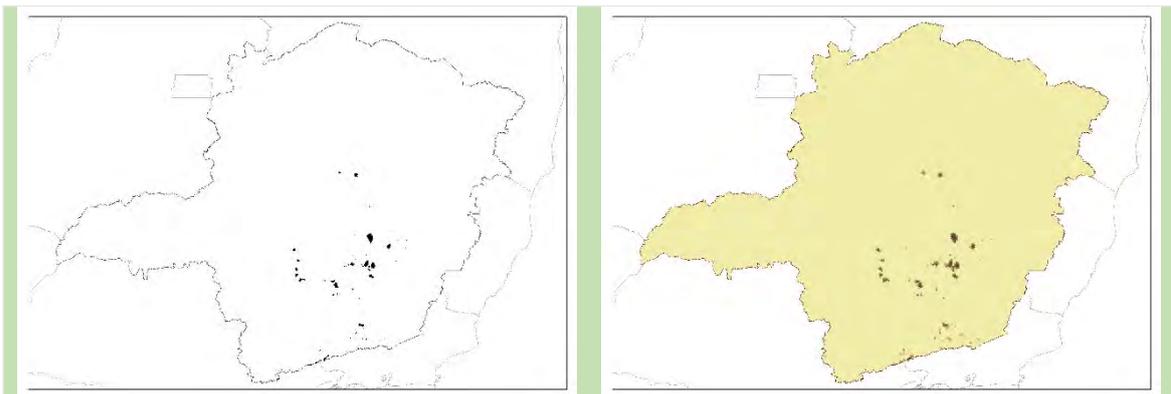
Métrica:

- PESO 4: Bacias de contribuição dos trechos de rios enquadrados como classe especial;

Base de dados utilizada: Igam/IDE-Sisema, 2018.

Dado original

Custo



Fonte: Elaboração dos autores (2020)

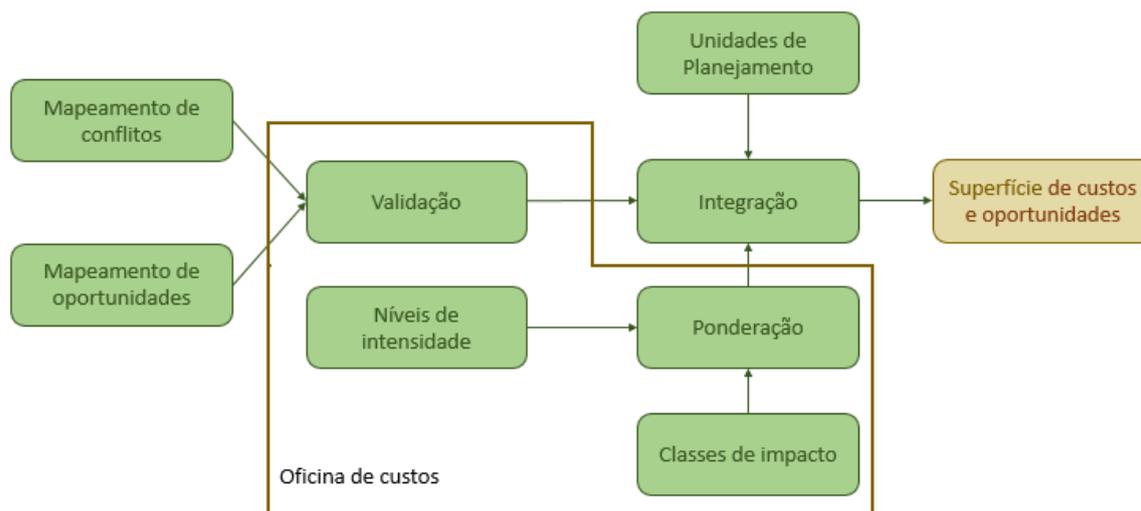
Variáveis sugeridas, mas não incorporadas:

- a. ICMS ecológico: inicialmente foi sugerida a utilização do ICMS ecológico como um critério de oportunidade de conservação, contudo, considerando que o ICMS ecológico é uma compensação recebida por municípios que já têm ações de conservação implementadas, optou-se por eliminar a variável.
- b. Rios de preservação permanente: não foram incluídos entre os temas de oportunidade, mas compuseram a base de Unidades de Planejamento na condição de set inicial para a seleção de áreas, ou seja, áreas primeiramente consideradas pela análise de priorização
- c. Usinas em cascata: inicialmente, os dados seriam repassados pela Cemig. Porém, posteriormente à oficina, devido à falta de conceito estabelecido para delimitação dos sistemas que estão em cascata, a camada foi desconsiderada.

5.2 Consolidação da Superfície de Custos

Após a seleção, ponderação e mapeamento individual dos diferentes tipos de custos e oportunidades descritos acima, eles foram integrados em uma única superfície contínua. Para tanto, as bases geoespaciais de cada tema foram projetadas sobre as UP, gerando uma única base que quantifica a influência relativa de cada tema em cada UP, conforme o peso e a área de extensão de cada classe de custo que ocorre nela. A Figura 6 apresenta o *framework* da análise de custos e oportunidades.

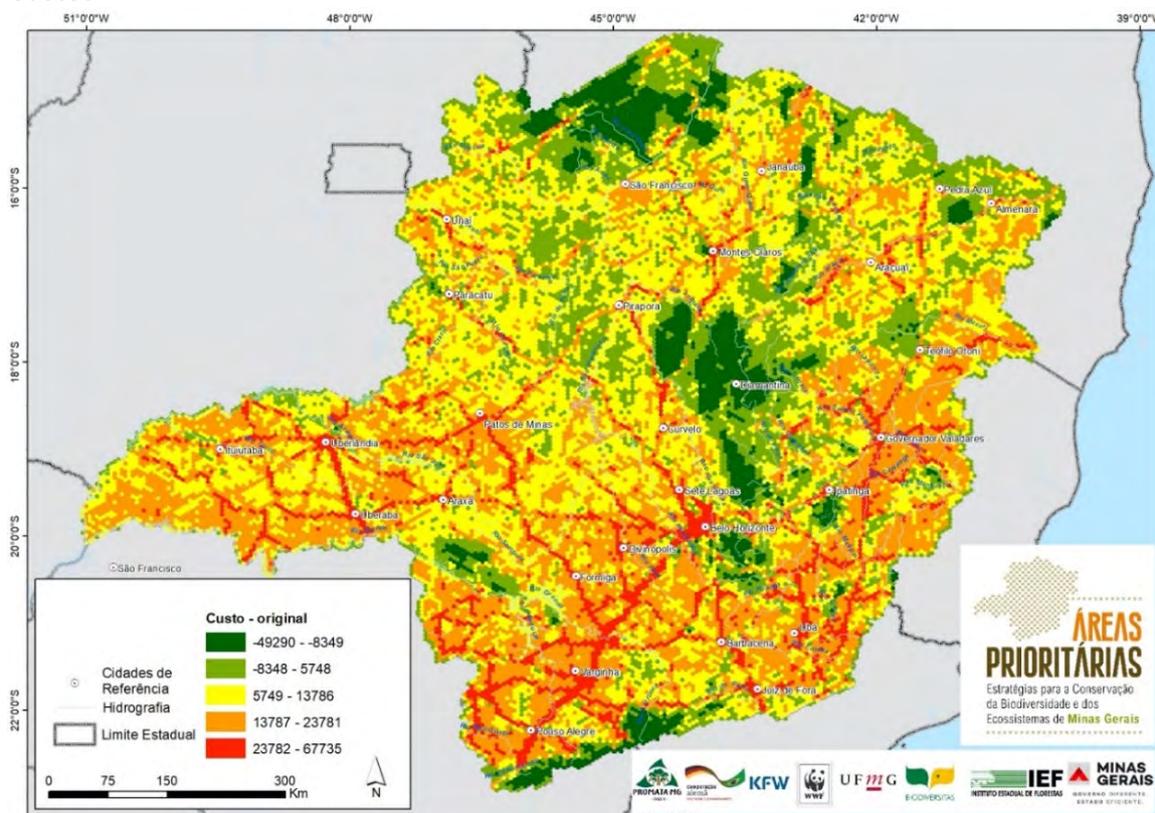
Figura 6 – *Framework* para definição da superfície de custos



Fonte: Elaboração dos autores (2020)

A integração de todas as camadas que descrevem os usos conflitantes e as oportunidades, da forma como definido durante a oficina, gerou o mapa representado no Mapa 8, em que os valores variam de -49.290 a 67.735 e todas as unidades de planejamento são hexágonos.

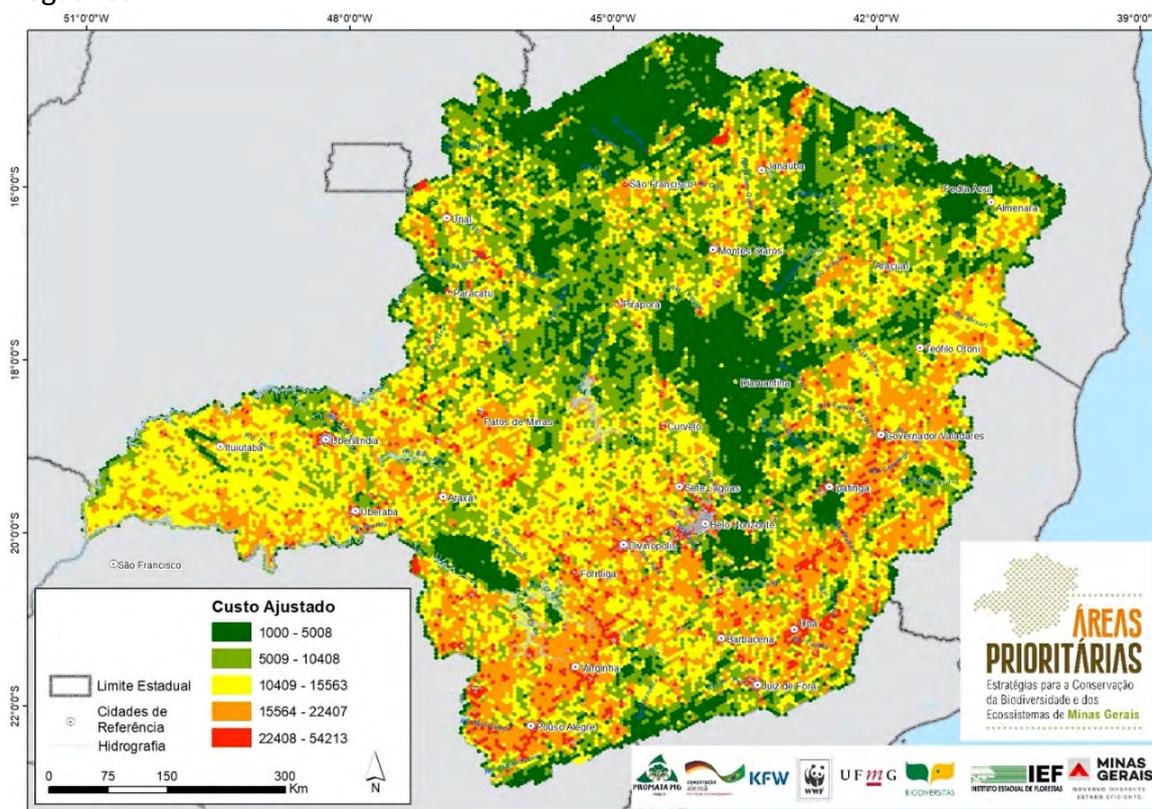
Mapa 8 - Superfície de custos, utilizando pesos e métricas definidos durante a Oficina de Custos



Fonte: Elaboração dos autores (2020)

Os valores projetados na versão das UP utilizada nas análises de priorização, variaram de 1.000 a 54.213, excluindo manchas urbanas (por isso o valor máximo é mais baixo) e assumindo o valor mínimo de 1.000 para todas as UP que originalmente tinham valores inferiores a este limiar (MAPA 9). O limiar mínimo é necessário para evitar que as UP sejam selecionadas apenas em função de seu baixo custo.

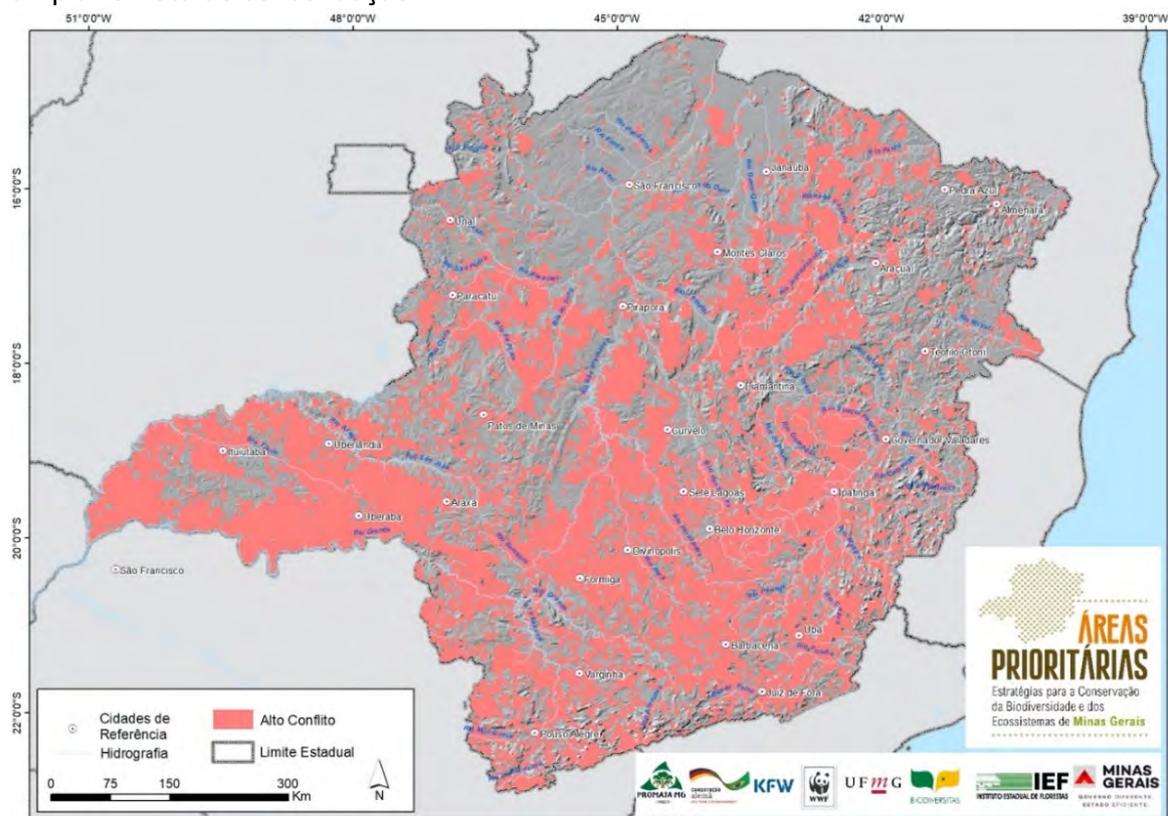
Mapa 9 - Superfície de custos e oportunidades ajustada para não conter valores negativos



Fonte: Elaboração dos autores (2020)

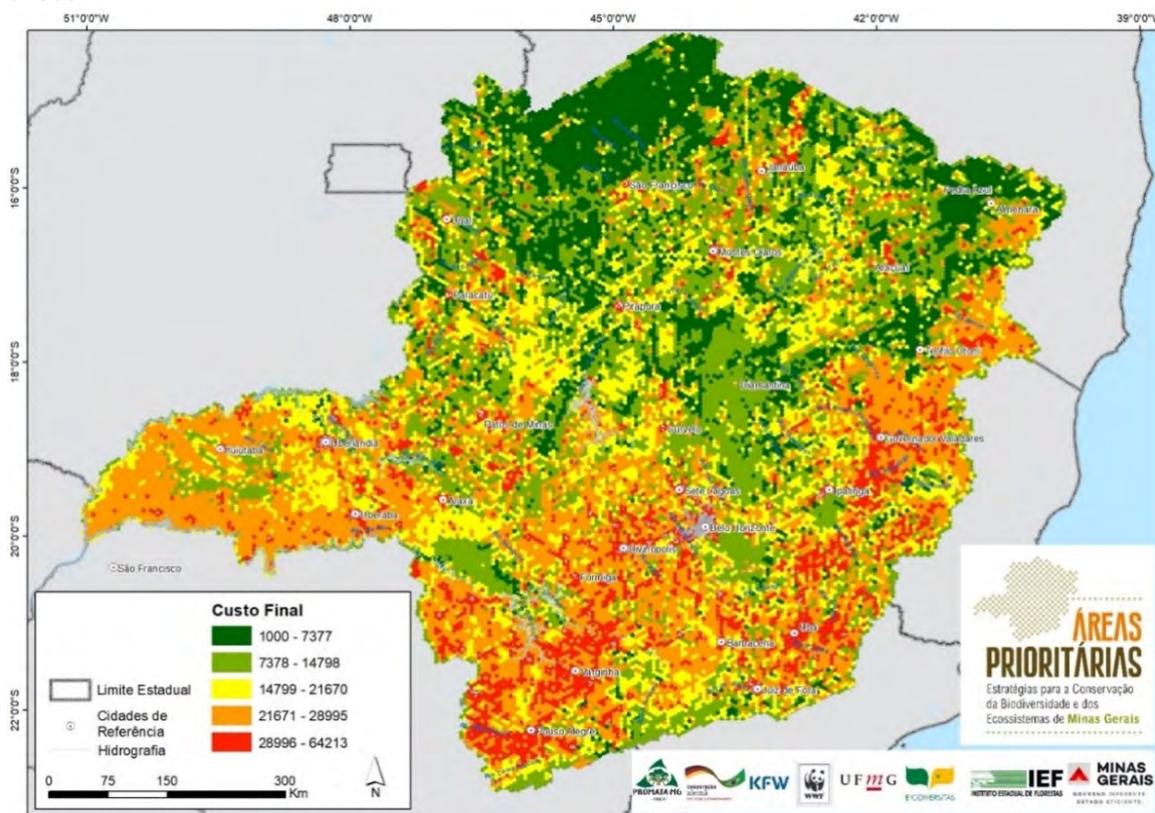
Posteriormente, conforme detalhado na Seção 8.5, a superfície de custo foi ajustada a partir dos resultados da ampla consulta de consolidação para aumento da eficiência e redução do custo total da solução. As indicações de alto conflito com outros usos do solo validadas pelo IEF e o Consórcio foram incluídas entre os atributos da superfície de UP representada no MAPA 10. Considerando as demandas de todos os setores, um total de 12.085 UP foram indicadas e tiveram seu custo aumentado em 10.000. A superfície de custos final tem valores variando de 1.000 a 64.213 e está representada no MAPA 11.

Mapa 10 - Áreas de alto conflito com outros usos do solo identificadas durante a consulta ampla remota de consolidação



Fonte: Elaboração dos autores (2020)

Mapa 11 - Superfície de custos e oportunidades utilizada na análise de seleção final de áreas



Fonte: Elaboração dos autores (2020)

6 Estrutura da Paisagem

A configuração da paisagem foi utilizada em múltiplas etapas do processo de priorização de áreas, pois as principais causas de declínio da biodiversidade global, sobretudo em regiões tropicais como Brasil, são os processos de perda e fragmentação de habitat (FOLEY *et al.*, 2005; TAUBERT *et al.*, 2018). Esses ocorrem em função das mudanças do uso e cobertura da terra e recursos hídricos promovidos pela urbanização desordenada, expansão sem planejamento da agropecuária e implementação de grandes obras de infraestrutura (GARDNER *et al.*, 2013).

Perda de habitat é a redução da quantidade de área natural disponível em uma paisagem, neste contexto, seu arranjo espacial não é considerado, somente sua proporção remanescente no território (FAHRIG, 2013). A quantidade de habitat na paisagem é a métrica que melhor reflete a substituição de áreas naturais por antrópicas e que melhor identifica e explica os padrões de resposta da biodiversidade a ela e a outras mudanças de larga escala na estrutura da paisagem (BANKS-LEITE *et al.*, 2014).

Em contrapartida, fragmentação de habitat é a ruptura de blocos contínuos de ambientes naturais em fragmentos menores e mais numerosos. Isso reduz a capacidade de suporte de cada fragmento resultante em comparação ao bloco anterior. Para sobreviver, as populações precisam se dispersar entre os remanescentes, mas a fragmentação dificulta esse processo, pois exige que eles atravessem áreas de não-

habitat. Tipicamente, a fragmentação resulta também na degradação da qualidade dos habitats remanescentes pela alteração de suas condições ambientais, como o aumento do efeito de borda, em ambientes terrestres, e a conversão de habitats lóticos em lênticos, em ambientes aquáticos (reservatório de acumulação de barramentos), o que pode levar ao declínio ou desaparecimento de espécies mais exigentes quanto a habitat (FAHRIG *et al.*, 2019). A conectividade, estrutural ou funcional, entre fragmentos é o indicador da capacidade da paisagem em contribuir para o fluxo de indivíduos e matéria no espaço (TAYLOR *et al.*, 1993).

Ambos os processos, perda e fragmentação de habitat, ocorrem em conjunto e se agravam sinergicamente, aumentando a pressão sobre as espécies e a provisão de serviços ecossistêmicos. E ambas medidas, quantidade e conectividade de habitat, representam bem essas relações de causa e efeito (FAHRIG, 2013; MARTENSEN *et al.*, 2012), de modo que usá-las de forma combinada para o planejamento espacial da conservação e restauração de habitat é importante para que os objetivos globais de ganho e permanência da biodiversidade em regiões com pressões ambientais sejam alcançados (TAMBOSI *et al.*, 2014).

Além das variáveis acima, o potencial de regeneração espontânea da vegetação natural é uma métrica de alta relevância para o planejamento de restauração de áreas em larga escala. A exemplo, regiões caracterizadas por um histórico de uso do solo consolidado, como a Mata Atlântica, têm apresentado um incremento de habitat sem nenhuma intervenção humana, apenas a partir das dinâmicas espaciais de suas espécies e indivíduos ao longo da paisagem (LIRA *et al.*, 2012), puramente determinadas pela disposição dos fragmentos, disponibilidade de habitat, ocorrência de dispersores e tipos de matrizes de não-habitat presentes (Crouzeilles *et al.*, 2017).

6.1 Conectividade Terrestre

6.1.1 Quantidade de habitat na paisagem

A quantidade de habitat reflete o efeito da configuração da paisagem na biodiversidade em larga escala e não na escala da mancha de habitat, que considera apenas informações locais (FAHRIG, 2013). Trata-se do indicador da paisagem que atualmente se destaca como melhor preditor do número de espécies em paisagens fragmentadas (BANKS-LEITE *et al.*, 2014; FAHRIG, 2013; FAHRIG *et al.*, 2019, porém ver também (PÜTTKER *et al.*, 2019). Consiste na proporção da área de habitat disponível na paisagem focal para qualquer formação natural (florestal, savânica, campestre, arbustiva, herbácea etc.).

Para diversos grupos, a relação entre o número de espécies e a quantidade de habitat tem sido descrita como uma relação logística, ou seja, existe um ponto de ruptura abrupta, a partir do qual há um declínio de biodiversidade muito rápido. Esse ponto tem sido denominado limiar de fragmentação e varia entre 20% a 30% de habitat na paisagem (ANDRÉN, 1994). Tal padrão tem sido observado para flora (ROCHA-SANTOS *et al.*, 2015), vertebrados (BANKS-LEITE *et al.*, 2014) e invertebrados (LEITE, MARIANO-NETO; ROCHA, 2018). Abaixo do limiar, a maioria das espécies com maior requisito de habitat são localmente extintas, enquanto as remanescentes ficam vulneráveis a extinções futuras,

por estocasticidades ambientais e demográficas. Nessas paisagens, as assembleias faunísticas e florísticas tendem a ser dominadas por espécies generalistas. Assim, essas áreas não são adequadas a iniciativas de restauração, pois a probabilidade de sucesso é mínima, devido à baixa riqueza de espécies e escassez de áreas fontes próximas, que são fundamentais para a sucessão ecológica e para o incremento da biodiversidade (CROUZEILLES *et al.*, 2015).

Por outro lado, áreas mais íntegras, com mais de 50% ou 60% de habitat funcionam como paisagens fontes, caracterizadas por grandes blocos contínuos de ambientes naturais que permitem o deslocamento dos indivíduos sem necessidade de travessia da matriz interhabitat (STAUFFER E AHARONY, 1992). Nessas paisagens a biodiversidade é elevada e a presença de espécies raras ou especialistas é garantida (TAMBOSI *et al.*, 2014).

Para a presente análise, o status de conservação das paisagens foi pautada em limiares ecológicos de percolação e fragmentação consolidados na literatura (ANDRÉN, 1994; STAUFFER E AHARONY, 1992), que permitiram classificar as paisagens em fontes, resilientes e degradadas. Paisagens-fonte corresponderam às áreas com mais de 60% de habitat; resilientes, às cobertas por 20-60% de habitat (acima do limiar de fragmentação, portanto); e degradadas, às que apresentavam menos de 20% de habitat, situando-se abaixo do limiar de fragmentação e tendo seu número de espécies predito pelos tamanhos dos fragmentos e seu grau de isolamento (ANDRÉN, 1994).

A quantidade de habitat disponível na paisagem foi calculada a partir da base do MapBiomias (col. 3.1 ano-base 2017) com resolução espacial de 30 m. As análises foram conduzidas separadamente para formações florestais e formações naturais abertas (savânicas, campestre e outras formações naturais não-florestais). A análise empregou a técnica de *Moving Windows*, que consiste na quantificação do número de *pixels* de habitat existentes em uma janela (paisagem) de 2790 m (raio da UP), a fim de contabilizar a proporção de área ocupada por habitat na paisagem (MCGARIGAL; MARKS, 1995). Assim, cada *pixel* ao final do processo apresenta o valor de habitat disponível em cada UP.

Apenas 2% das UP estabelecidas no estado podem ser consideradas paisagens fontes para ambientes florestais, cerca de 26% correspondem a paisagens resilientes, e a maioria, cerca de 72%, são formadas por paisagens degradadas, totalmente fragmentadas ou sem habitat.

Para formações abertas o cenário foi um pouco mais positivo, pois 10% das UP possuem um bom status de conservação, sendo consideradas fontes de biodiversidade, e paisagens resilientes compreendem 24% das UP, por outro lado, paisagens degradadas continuam predominando, abrangendo 66% das UP.

Neste trabalho, a quantidade de habitat foi empregada na priorização de áreas no cálculo do peso de borda, vide Seções 8.1e 8.5.4.

6.1.2 Conectividade Funcional

Conectividade reflete a capacidade que a paisagem possui para facilitar ou dificultar o fluxo biológico caracterizado pelo movimento de indivíduos ou de matéria (TAYLOR *et al.*, 1993). Essa métrica pode ser avaliada em dois aspectos, a conectividade física ou estrutural – união entre áreas de habitat – e a conectividade biológica ou

funcional – trânsito de organismos entre manchas de habitat descontínuas (METZGER, 2001). Essa última deve ser descrita a partir da perspectiva da espécie, de acordo com seus atributos e limitações, como a capacidade de deslocamento – distância máxima que um organismo consegue atravessar pelas áreas de não habitat (matriz antropizada), indicadora de seu movimento diário ou dispersão. Essa distância varia entre espécies e como tal informação em muitos casos não é sabida, uma das alternativas utilizadas é a simulação de várias distâncias, a fim de se obter uma gama de capacidades de deslocamento para a biodiversidade como um todo (representando organismos com baixa, média e alta capacidade de deslocamento).

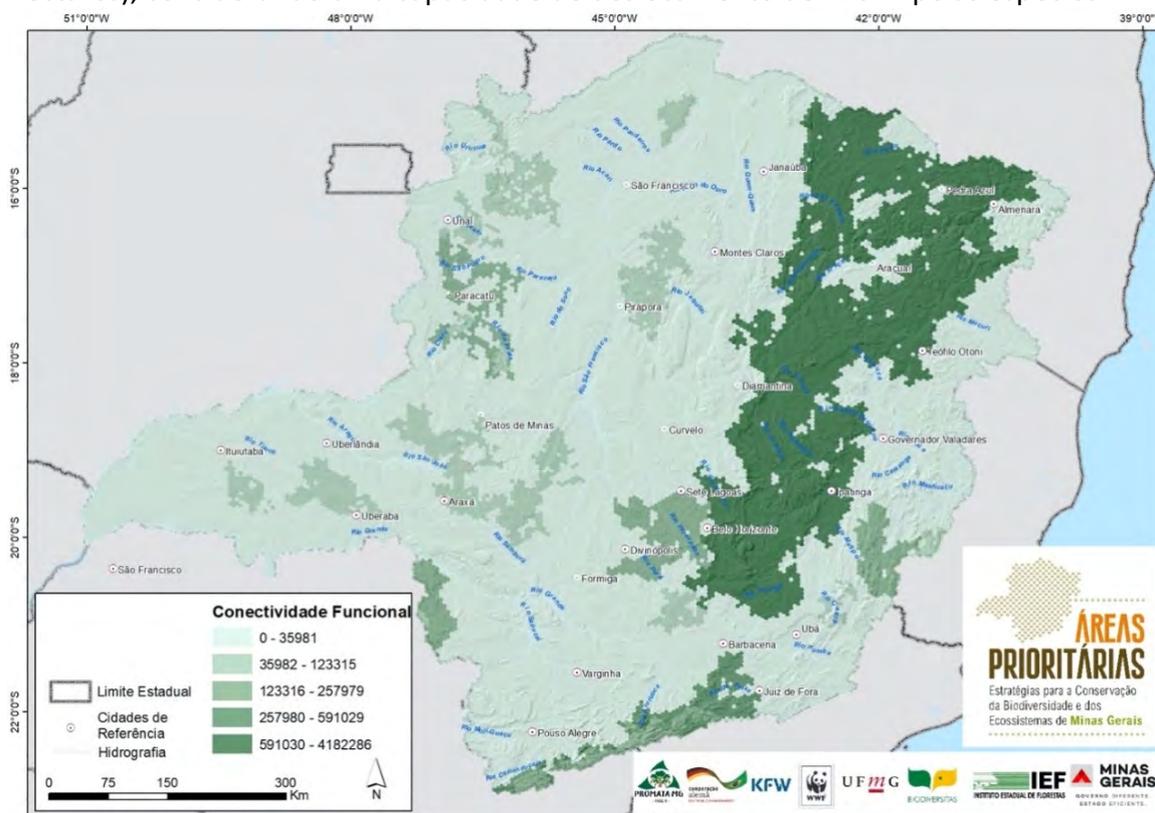
O cálculo de conectividade empregado neste estudo foi baseado na teoria dos grafos, em que fragmentos de habitat, representados pela vegetação natural, são considerados nós e as distâncias entre eles, representando o inverso do potencial de travessia das áreas de não-habitat pelos organismos, são consideradas conexões. Agrupamentos de fragmentos cujas distâncias permitem a passagem de espécimes entre si formam redes de nós e conexões (grafos), que atuam como um único fragmento funcional. Assim, a metodologia mapeia e mensura as manchas de habitat funcionalmente conectadas disponíveis no território (MARTENSEN et al., 2012; METZGER, 2009; RIBEIRO et al., 2009).

No cálculo de conectividade, foram consideradas as distâncias de 120 m para ambientes florestais e 320 m para áreas abertas (formações savânicas, campestre e outras formações naturais não-florestais), essa divergência se deve às diferenças de percepção e uso da paisagem pelas espécies de áreas florestais e abertas, pois as espécies de áreas abertas possuem, em média, maior habilidade de deslocamento e maior tolerância à matriz de não-habitat aberto (e.g.: pastagens), que é predominante em Minas Gerais. Ambas métricas foram calculadas no *software* GRASS, a partir do pacote LSMetrics (NIEBUHR et al., [s.d.]).

Para o ambiente florestal, considerando organismos com uma capacidade de deslocamento pela paisagem de 120 m, a mediana do agrupamento entre manchas foi de 252 ha, ou seja, esse é o habitat disponível mediano para um indivíduo que consiga atravessar a matriz pela distância definida. O máximo de área conectada pelas paisagens foi de 41.822,85 ha, compreendido por grandes blocos e por paisagens fontes.

A maior conectividade entre ambientes florestais ocorreu nas paisagens resilientes de aproximadamente 40% de cobertura natural, enquanto nas paisagens fontes a conectividade foi estável e nas paisagens degradadas, baixa. Além disso, é possível perceber que há um imenso bloco conectado de floresta que se distribui por paisagens degradadas, resilientes e fonte na região leste do estado (MAPA 12).

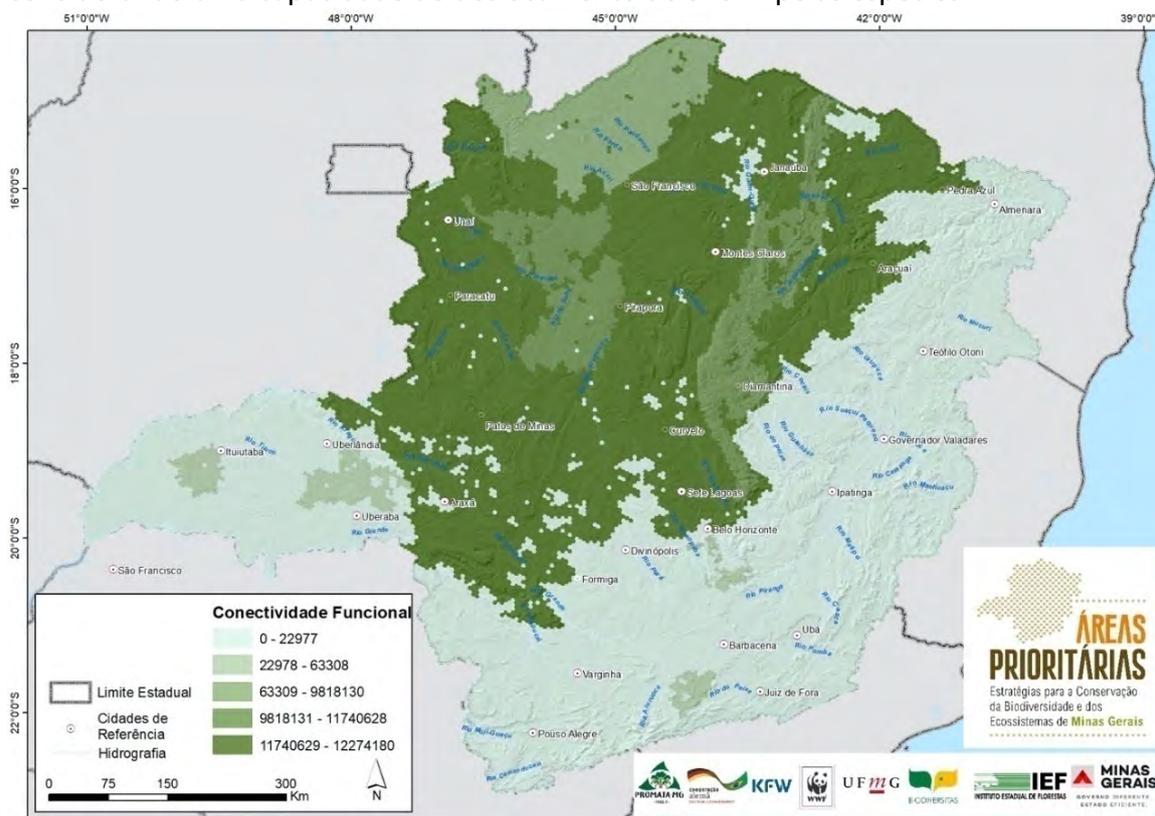
Mapa 12 - Distribuição das paisagens de ambientes florestais conectados (valores em hectares), considerando uma capacidade de deslocamento de 120 m pelas espécies



Fonte: Elaboração dos autores (2020)

Áreas abertas apresentaram mediana de área conectada de 16.441 ha e o máximo de 12.274,180 ha. Isso ocorreu devido à distância de deslocamento definida ter sido maior (320 m), porque espécies de áreas abertas possuem habilidades maiores de movimentação e de estabelecimento, diferente dos organismos florestais, o que possibilitou maior agrupamento de manchas. Todas as paisagens fontes das áreas abertas estão conectadas em um único bloco, composto também pela maioria de paisagens resilientes e uma parte de paisagens degradadas (MAPA 13).

Mapa 13 - Distribuição das paisagens de áreas abertas conectadas (valores em hectares), considerando uma capacidade de deslocamento de 320 m pelas espécies



Fonte: Elaboração dos autores (2020)

Neste trabalho, a quantidade de habitat foi empregada na priorização de áreas no cálculo do peso de borda, vide Seções 8.1e 8.5.4.

6.1.3 Potencial de regeneração natural

O estímulo à regeneração natural é um dos mecanismos mais efetivos na restauração de áreas antropizadas por seu baixo (ou nenhum) custo financeiro e por seguir uma sequência cronológica natural de estabelecimento das espécies que resulta em uma maior diversidade e funcionalidade ao longo do tempo, comparado a intervenções de plantio direto (CROUZELLES *et al.*, 2017). A regeneração natural promove ainda a melhoria da qualidade de habitat de fragmentos em expansão pelo aumento de suas áreas e tamponamento de suas bordas. Assim, a identificação de locais com maior potencial de regeneração natural, ou seja, áreas que apresentam as melhores oportunidades para a restauração passiva, é uma estratégia de suma importância para o planejamento de restauração em larga escala.

A regeneração espontânea da vegetação natural é impulsionada por certas estruturas de paisagem e tipos de matriz de não-habitat favoráveis. Dado que a fauna frugívora é a responsável pela sementeira de novos fragmentos naturais, remanescentes maiores apresentam maior potencial de exportação de propágulos, pois abrigam indivíduos de maior porte e mobilidade pela paisagem, capazes de levar a chuva de

sementes a distâncias maiores a partir do fragmento fonte. Já áreas de não-habitat abandonadas são as mais propícias para o desenvolvimento dos propágulos por apresentarem baixa ou nenhuma atividade humana, como supressão ou degradação da vegetação regenerante. Também apresentam os menores custos sociais, econômicos e políticos para a indução da restauração, facilitando sua implantação e ganho de escala.

A fim de se estabelecer um *proxy* das matrizes de não-habitat abandonadas no estado, adotou-se como matriz mais favorável ao abandono as áreas de pastagens degradadas mapeadas pelo Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento (LAPIG) da Universidade Federal de Goiás (UFG)² pois são locais com baixa ocupação, uso e intervenção antrópica.

Para identificação dos locais com maior potencial de regeneração natural, empregou-se o modelo espacial desenvolvido pelo Laboratório de Ecologia Espacial e Conservação (LEEC) da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP), campus Rio Claro (NIEBUHR *et al.*, [s.d.])³ Todos os remanescentes florestais do estado (MapBiomas, coleção 3.1, ano-base 2017) foram categorizados em classes de tamanho e associados a estimativas da capacidade de deslocamento de seus dispersores de sementes em função de sua área: fragmentos menores tendem a apresentar indivíduos menores, com menor mobilidade pela paisagem; fragmentos maiores, o oposto. Assim, as distâncias de deslocamento dos dispersores foram definidas em função direta da área dos fragmentos, conforme, Tabela 1, abaixo:

Tabela 1 - Tamanhos e distâncias utilizadas para calcular a probabilidade de dispersão de sementes

Área (ha)	Distância de deslocamento (m)
<10	350
10-25	500
25-50	650
50-250	850
>250	1000

Fonte: Elaboração dos autores (2020)

Com base nessa representação do efeito da estrutura da paisagem na dispersão de sementes estimou-se, por regressão logística, como o tamanho do fragmento e a distância a partir de sua borda influenciam a probabilidade de deposição de sementes (regenerabilidade), já que a última decai com o aumento dessa distância, mas quanto maior um remanescente, maior o raio a partir de sua borda que apresenta máxima probabilidade de deposição.

No estado de Minas Gerais há mais de 2 milhões de hectares de pastagens degradadas que possuem um potencial máximo para ocorrência de regeneração natural. Essa área está distribuída por todo estado, mas principalmente nas regiões de Floresta Atlântica (norte e nordeste) e na região centro-noroeste do estado. Assim, essas áreas abandonadas podem configurar oportunidade para a reversão do déficit de habitat, tanto ao nível da propriedade quanto do Estado.

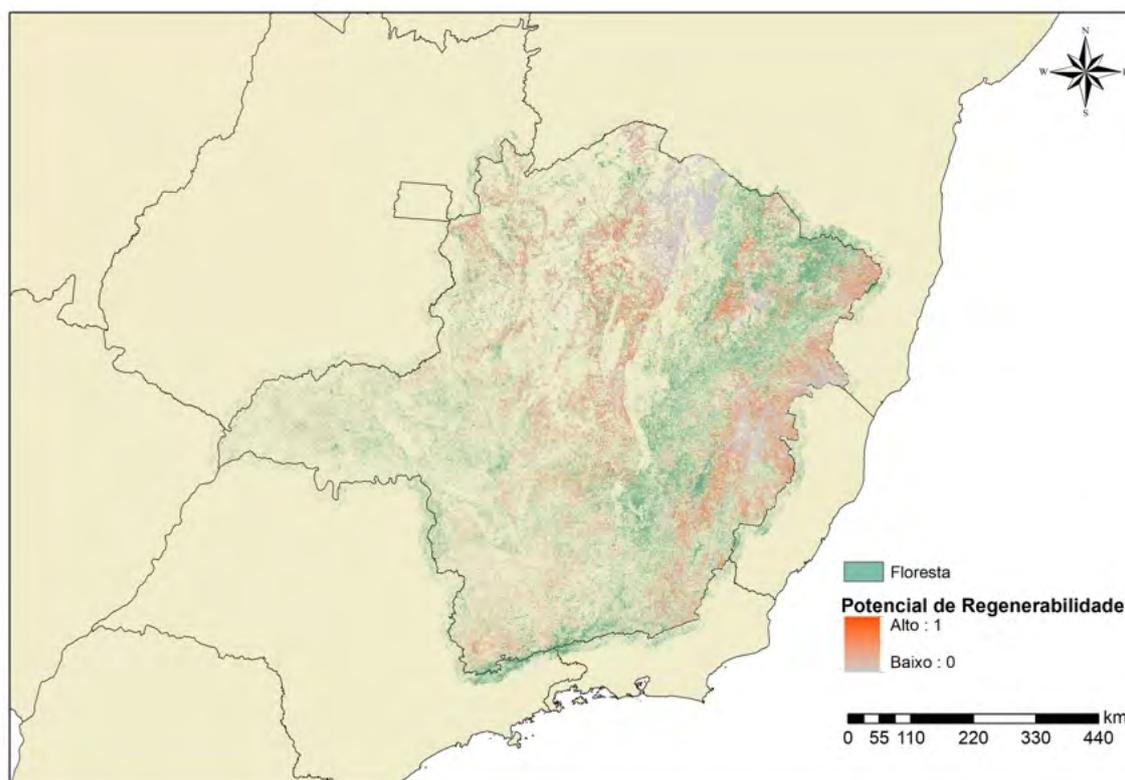
2 (<https://pastagens.org>, 2018),

3 (disponível em: https://github.com/LEEClab/seed_dispersal_mapper).

Os contextos de paisagem em que a maioria das pastagens degradadas se encontram não é favorável a regeneração natural (mais de 7 milhões de ha), em função de serem paisagens altamente fragmentadas, com baixa ou nenhuma quantidade de habitat disponível que pudesse atuar como fonte de sementes, propágulos vegetais ou espécies (TAMBOSI *et al.*, 2014).

No entanto, algumas paisagens de Floresta Atlântica, como a Serra da Mantiqueira e a bacia do rio Doce, e outras nas áreas de transição entre Mata Atlântica e Cerrado, como as Serra da Canastra e o Espinhaço, ou, ainda, na porção savânica central do estado possuem um bom estado de conservação. As pastagens degradadas situadas nessas regiões são locais potenciais para o incremento de habitat a partir da regeneração natural, pois a quantidade de habitat total satisfatória ao seu redor oferece áreas fonte para sua colonização e promove maior conexão entre os fragmentos remanescentes (FAHRIG *et al.*, 2019). Tal combinação contribui para a existência e permanência de espécies frugívoras, sobretudo aves e quirópteros (EMER *et al.* 2018). As áreas com maior potencial de regenerabilidade ocorrem principalmente em regiões ripárias e próximas de blocos contínuos de floresta (MAPA 14).

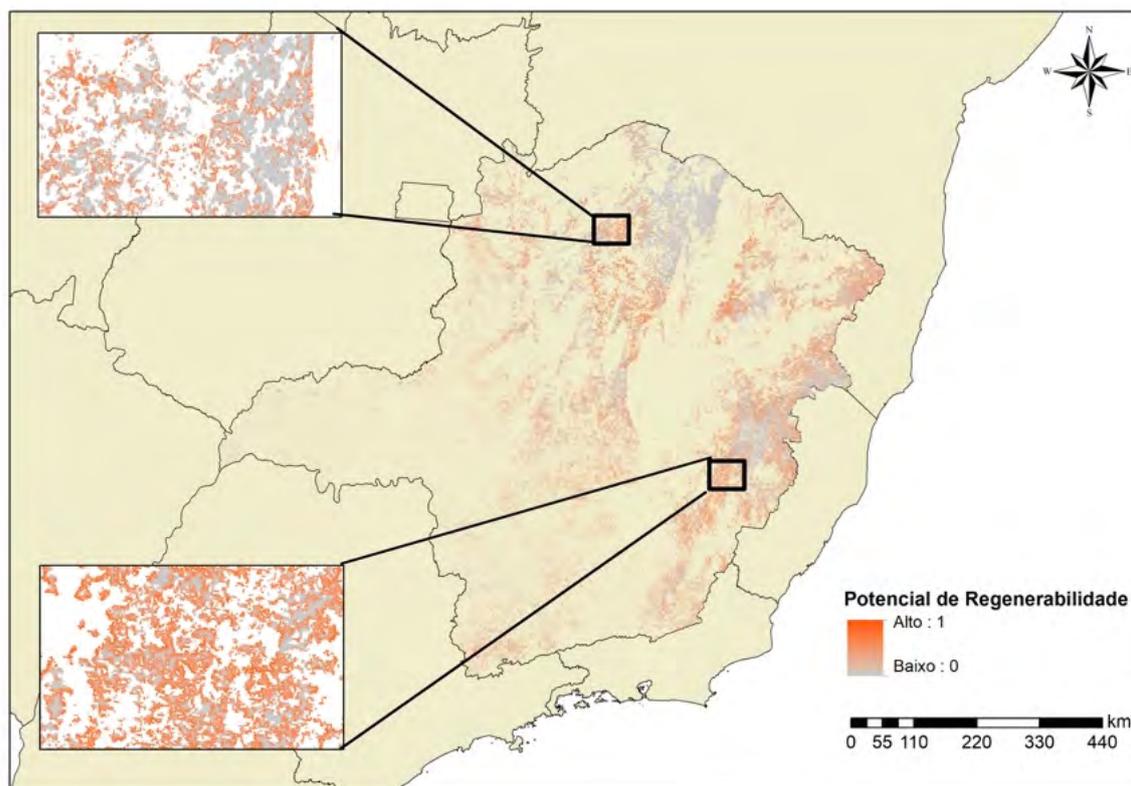
Mapa 14 - Distribuição das áreas com potencial de regeneração natural e das áreas com cobertura florestal



Fonte: Elaboração dos autores (2020)

As áreas de maior regenerabilidade estão concentradas na região de Floresta Atlântica e centro-norte do estado, com duas grandes regiões uma leste e uma central, ambas com uma distribuição latitudinal pelo estado (MAPA 15).

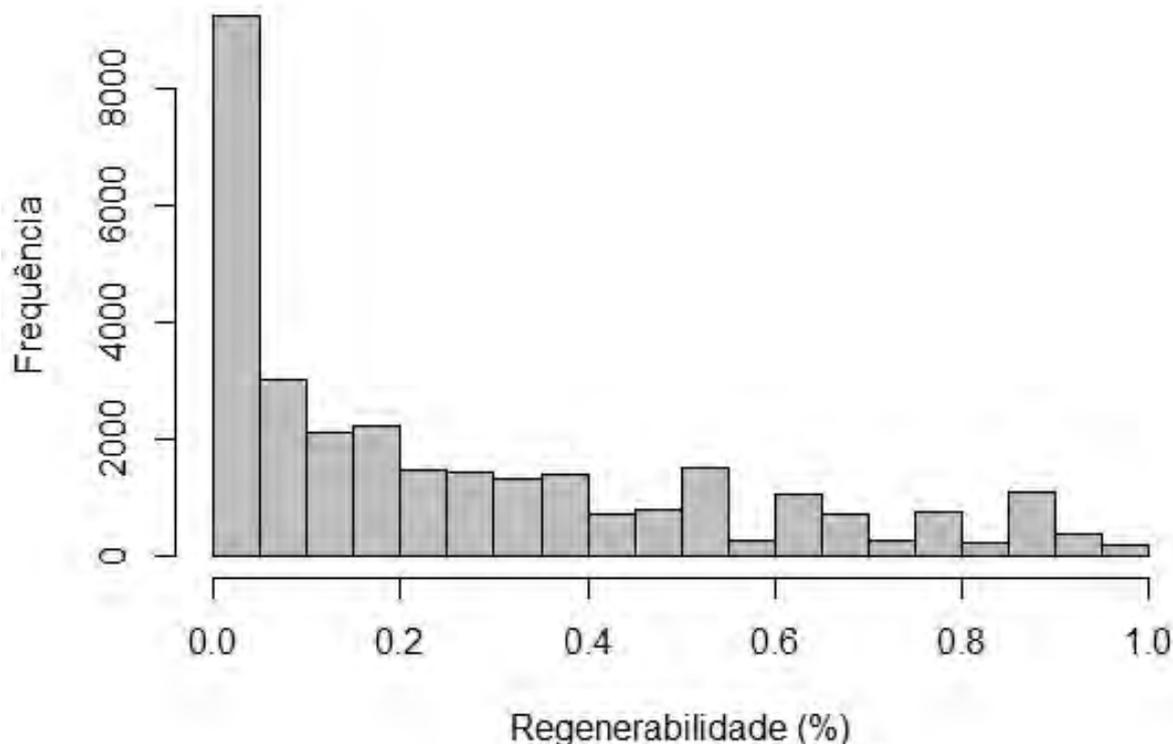
Mapa 15 - Distribuição das áreas com potencial de regeneração natural



Fonte: Elaboração dos autores (2020)

A maior parte das áreas abandonadas apresenta baixa ou, predominantemente, nenhuma regenerabilidade, enquanto locais acima de 50% de probabilidade de regeneração não compreendem nem a metade das áreas disponíveis (GRÁFICO 2). Neste contexto, 2.039.797 ha possuem a maior probabilidade de regeneração no estado, enquanto 7.562.573 ha não estão aptos para a regeneração natural.

Gráfico 2 - Distribuição da frequência de áreas em função de seu potencial de regeneração no estado de Minas Gerais



Fonte: Elaboração dos autores (2020)

O potencial de regeneração natural não foi usado na priorização de áreas e constitui produto independente, capaz de orientar decisões quanto à restauração de áreas em uma escala mais fina, direcionando, por exemplo, a alocação de esforços de restauração por indução de regeneração natural dentro das Áreas Prioritárias para a Restauração de Ecossistemas Aquáticos e Terrestres, vide Seção 9.7.

6.2 Conectividade Hídrica

O fator mais conspícuo de perda de conectividade hídrica e encurtamento de trechos lóticos contínuos é a existência de barramentos, contudo, outros usos dos rios e do território próximo também levam à redução da conectividade, especialmente atividades que aumentam a exportação de sedimentos, que geram efluentes agrícolas, domésticos ou industriais, que resultem na modificação física dos canais ou que degradem suas faixas ripárias protetivas ou suas planícies de inundação.

O grau de conectividade hídrica dos rios do estado foi avaliado por meio de análise de fragmentação. A abordagem utilizada foi proposta por Grill *et al.* (2019) em um estudo global e pode ser adaptada a diversas escalas, de acordo com as necessidades específicas de cada estudo. A metodologia utiliza dados de hidrografia e indicadores de pressão para sintetizar um índice de status de conectividade (CSI). Foram avaliadas quatro dimensões de conectividade: longitudinal, lateral, vertical e temporal (sazonalidade), em relação a quatro fatores de pressão:

- a. Grau de fragmentação do trecho por barramentos – DOF: indica a extensão isolada a montante dos disruptores de conectividade, como barramentos, representando perdas de conectividade longitudinal;
- b. Grau de fragmentação do trecho por regulação de vazão – DOR: indica a redução da vazão do trecho em comparação à vazão natural, causada por disruptores de conectividade, como barramentos, representando perdas de conectividade lateral e sazonal pela supressão dos pulsos de inundação;
- c. Grau de fragmentação do trecho por retenção de sedimento – SED: indica o grau de alteração do carreamento natural de sedimentos por barramentos, o que compromete o fluxo de matéria e a dinâmica fluviogeomorfológica a jusante, prejudicando a conectividade longitudinal, impacta a planície de inundação, prejudicando a conectividade lateral, e afeta a conectividade vertical nos remansos assoreados.
- d. Grau de fragmentação do trecho por urbanização – URB: indica o desenvolvimento de infraestrutura em áreas ripárias e na planície de inundação, servindo como proxy de modificações físicas do canal e lançamento de efluentes que comprometem a conectividade lateral pela alteração de pulsos de inundação e supressão ou degradação de habitats marginais e a conectividade longitudinal pela degradação da qualidade da água e a conectividade vertical pela associação a retificações e canalizações.

Os índices específicos acima foram combinados em um índice sintético – CSI, que descreve o status de conectividade de cada trecho de rio.

A base de dados espaciais, incluindo a rede hidrográfica global e atributos associados⁴, por meio da licença CC-BY-4.0. O código, *scripts* e algoritmos das ferramentas utilizadas, que permitem rodar a análise novamente⁵. Considerando rios de ordem 3, 4 e 5 no Estado, 11.573 Km são considerados livres, 912 Km têm boa conectividade e 6.157 Km têm baixa conectividade. A distribuição do grau de conectividade nas diferentes ordens está descrita na Tabela 2 e a localização dos rios nos diferentes graus de conectividade estão ilustrados no Mapa 16.

Tabela 2 - Extensão de rios de diferentes ordens por grau de conectividade

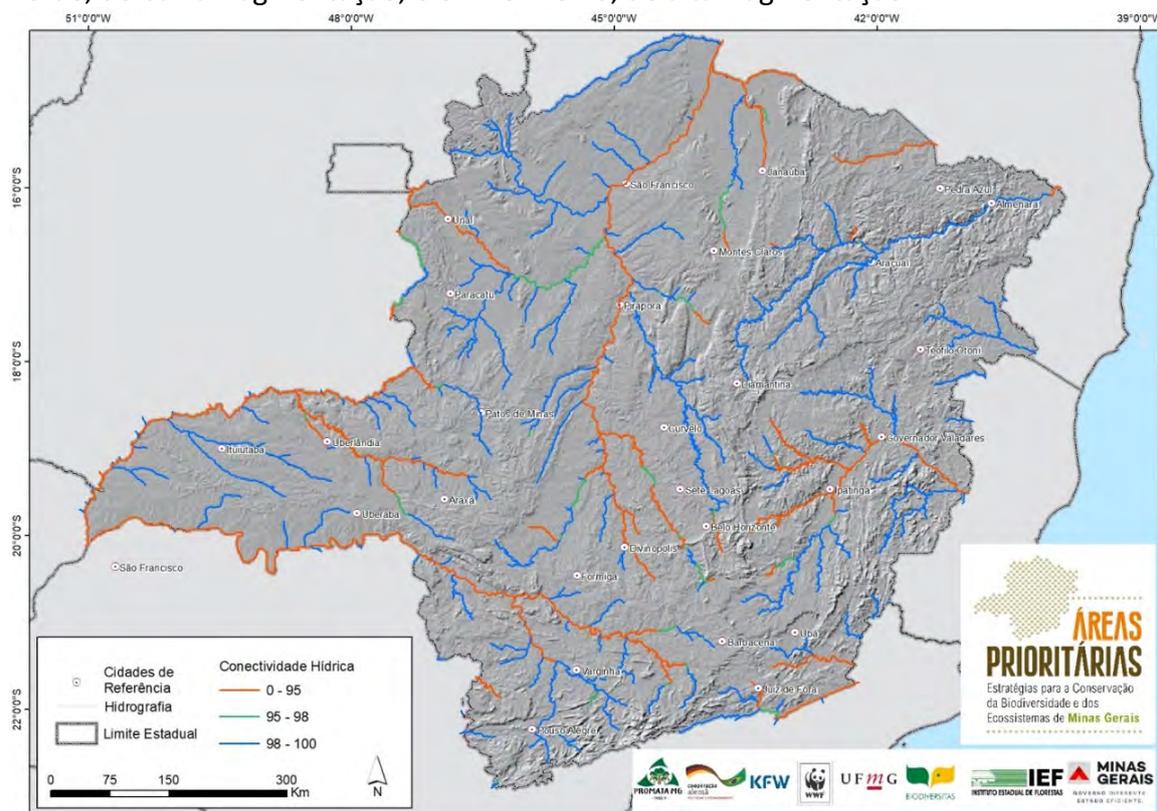
	Ordem 3	Ordem 4	Ordem 5
Rios Livres (CSI >98%)	-	2.054 km	9.518 km
Boa conectividade (CSI 95-98%)	-	370 km	541 km
Baixa conectividade (CSI < 95%)	1518 km	2.594 km	2043 km

Fonte: Elaboração dos autores (2020)

⁴ Disponível em: <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.7688801>

⁵ Disponível em: <https://github.com/ggrill/Free-Flowing-Rivers>.

Mapa 16 - Índice de conectividade hídrica. Rios em azul são considerados livres, em verde, de baixa fragmentação, e em vermelho, de alta fragmentação



Fonte: Elaboração dos autores (2020)

7 Outros qualificadores do território

Uma das grandes virtudes do PSC é o potencial para o estabelecimento de paisagens produtivas sustentáveis que, por exemplo, combinem, de um lado, a promoção das melhores práticas no uso dos recursos naturais em áreas economicamente exploradas e, de outro, a criação de áreas protegidas (áreas núcleo) públicas e privadas, funcionalmente conectadas por uma rede de APP e Reservas Legais, alocadas de modo a se promover o maior impacto positivo possível sobre a conservação da biodiversidade e da base de recursos naturais.

Para tanto, além das informações quanto a alvos, custos e estrutura da paisagem, empregam-se informações complementares relevantes à gestão das Áreas Prioritárias. As seções abaixo descrevem os qualificadores desenvolvidos neste trabalho.

7.1 Uso Direto - Extrativismo e Comunidades Tradicionais

Realizou-se extensa compilação da localização das comunidades quilombolas, indígenas, pesqueiras e extrativistas do estado para subsídio a políticas de controle e promoção do extrativismo sustentável e de exploração de sinergias entre conservação da biodiversidade e manutenção de modos de vida tradicionais, com repartição justa dos benefícios advindos de ambos.

Os dados de localização de comunidades tradicionais não foram empregados na priorização de áreas nem desempenham função no reconhecimento legal dessas comunidades, demarcação de seus territórios ou sua regularização fundiária. Constitui produto independente cuja função é subsidiar a gestão ambiental das Áreas Prioritárias, que deve sempre considerar a presença de populações que façam uso tradicional direto de seus recursos naturais, sobretudo por extrativismo, para o alcance dos objetivos supracitados.

- a. As comunidades quilombolas foram levantadas junto à Fundação Cultural Palmares e ao Centro de Documentação Eloy Ferreira da Silva (Cedefes), ONG que tem por objetivo a documentação e divulgação de temas relacionados a povos tradicionais. A Fundação Cultural Palmares forneceu 324 registros oficiais. Os dados encaminhados pelo Cedefes somaram 430 novos registros de comunidades quilombolas ainda não formalmente reconhecidas, elevando o total de comunidades quilombolas registradas a 754. A partir deste esforço, foram registradas 41 associações e cooperativas que utilizam espécies vegetais em processos produtivos.
- b. As localizações de Povos ou Terras Indígenas reconhecidos pela Funai foram obtidas por consulta à autarquia, que complementou as informações disponíveis no site da instituição com dados mais atuais, totalizando 16 registros. Complementarmente, a localização de outras 14 populações indígenas ainda não oficialmente reconhecidas foi levantada junto às seguintes fontes:
 - iii. Conselho Indigenista Missionário - CIMI, 2018;
 - iv. Instituto Socioambiental - ISA, 2018;
 - v. Base de dados compilada para Tese de Doutorado: Estudo da atividade extrativista do pequi (*Caryocar brasiliense* camb.) em Minas Gerais: bases para o

manejo sustentável. Autora: Sarah Alves de Melo Teixeira. Orientadora: Prof^a. Dr^a. Maria Auxiliadora Drumond. Programa de Pós-Graduação em Doutorado em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre) - Universidade Federal de Minas Gerais, 2019.

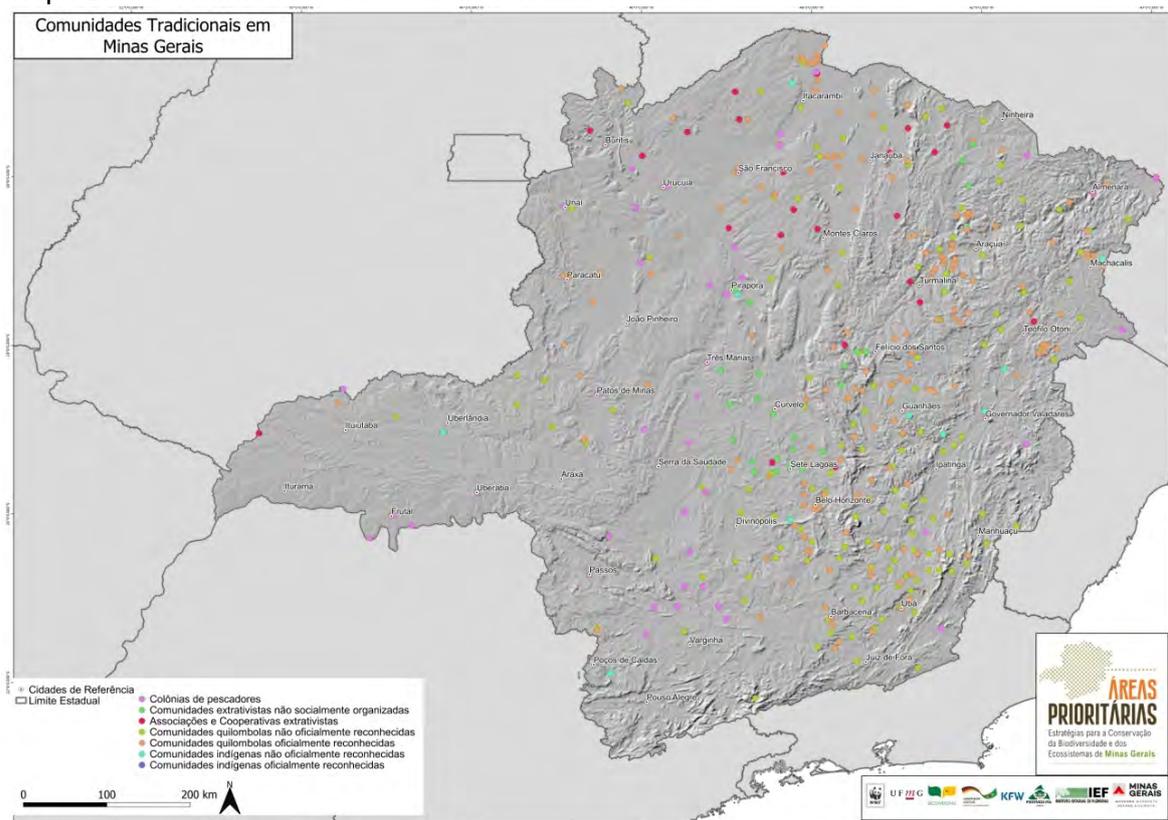
- c. Os dados de localização de colônias de pescadores foram encaminhados pelo próprio IEF a partir de suas bases de dados, registrando 43 colônias. Foram identificadas colônias distribuídas principalmente ao longo do vale do rio São Francisco que contém a pescaria mais expressiva de Minas Gerais.
- d. Os registros de outras comunidades tradicionais extrativistas, organizadas (40) ou não (38) em associações ou cooperativas, como coletores de sempre-vivas, pequi ou baru, geraizeiros, vazanteiros, barraqueiros etc. foram levantadas junto às seguintes fontes:
 - vi. Lista de instituições agraciadas com recurso do Small Grants Programme (SGP), conhecido no Brasil como Programa de Pequenos Projetos Ecosociais (PPP-ECOS), programa de financiamento de projetos comunitários do Fundo Mundial para o Meio Ambiente (GEF) implantado pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) em 125 países e coordenado, no Brasil, pelo Instituto Sociedade População e Natureza – ISPN, 2018;
 - vii. Slow Food Brasil, 2018;
 - viii. Centro de Agricultura Alternativa – CAA, 2018;
 - ix. Base de dados compilada para a tese de Doutorado: Estudo da atividade extrativista do pequi (*Caryocar brasiliense* camb.) em Minas Gerais: bases para o manejo sustentável. Autora: Sarah Alves de Melo Teixeira; Orientadora: Profa. Dra. Maria Auxiliadora Drumond. Programa de Pós-Graduação em Doutorado em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre - Universidade Federal de Minas Gerais, 2019.

Na ausência de dados de localização exata das comunidades listadas de “a” a “d”, acima, busca complementar por suas coordenadas foi feita nas seguintes fontes:

- a. Lista de instituições agraciadas com recursos do SGP/PPP-ECOS – ISPN, 2018;
- b. Lista de comunidades tradicionais agroextrativistas com quem a Associação Amanu desenvolve projetos – Amanu, 2018;

Persistindo a lacuna de coordenadas geográficas para as comunidades, suas localizações foram aproximadas pelo centróide do município. Comunidades que abrangem mais de um município foram espacializadas pelo ponto médio de sua divisa comum. Resultados encontram-se ilustrado no Mapa 17.

Mapa 17 – Comunidades tradicionais em Minas Gerais



Fonte: Elaboração dos autores (2020)

7.2 Modelo de Exportação de Sedimentos

A produção e exportação de sedimentos é um dos principais impactos ambientais a atingir ecossistemas aquáticos e recursos hídricos, afetando qualidade e disponibilidade de habitat e água bruta, bem como a navegabilidade da rede hídrica. No presente trabalho, para se avaliar a produção e retenção de sedimentos nas diferentes áreas do estado, foi utilizado o modelo de Relação de Transferência de Sedimentos (“*Sediment Delivery Ratio*” em inglês) do *software* de modelagem InVEST, versão 3.6 (SHARP et al. 2018). O modelo tem como base a Equação Universal de Perda dos Solos (USLE em inglês; WISCHMEIER; SMITH, 1978) e o trabalho de Borselli *et al.* (2008).

A USLE considera as informações de propriedades do solo, precipitação, topografia e de uso e cobertura da terra para o cálculo da perda anual do solo (A), medida em $t \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$, de acordo com a seguinte equação: $A = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P$, onde R corresponde ao fator de erosividade das chuvas ($MJ \cdot ha^{-1} \cdot mm^{-1} \cdot h^{-1}$); K corresponde à erodibilidade dos solos ($t \cdot MJ^{-1} \cdot ha \cdot (mm \cdot h^{-1})$); LS é o fator de topográfico composto pelo conjunto de comprimento de rampa e grau de declividade (adimensional); C é o fator de cobertura vegetal, que corresponde à relação de perda de solos sob um tipo específico de cobertura e um solo exposto (adimensional); P é o fator de prática conservacionista, que corresponde à relação de perda de solo de uma área sob prática conservacionista ou sob plantio morro abaixo. Para a composição dos parâmetros desse modelo, empregaram-se os seguintes dados:

Fator R. O fator de erosividade da chuva foi avaliado a partir do dado de precipitação anual disponível através do projeto *WorldClim* (camada Bio12; FICK; HIJMANS, 2017) e o software Grass GIS (*GRASS Development Team*, 2017). O mapeamento do *WorldClim* possui uma resolução espacial de 1 km. No caso do presente trabalho, considerou-se que as taxas de precipitação não variaram significativamente em uma escala espacial mais fina do que a obtida.

Fator LS. Para cálculo do fator LS foi utilizado o modelo digital de terreno do *Shuttle Radar Topography Mission* da Nasa (2007). O modelo utilizado possui resolução espacial de 92 metros e todos os mapeamentos foram modificados para corresponder a tal resolução.

Fator K. A erodibilidade do solo, que indica a susceptibilidade das partículas do solo a erodirem e serem carregadas pela chuva, foi obtida através da combinação do Mapa de Solos de Minas Gerais da Feam/Ufla, 2010, disponível na IDE-Sisema, e dados disponíveis na literatura. A busca de artigos, teses e relatórios científicos foi feita através do portal de internet Web of Science (<https://login.webofknowledge.com>), utilizando as palavras-chave:

TS=(*"Universal Soil Loss Equation"* OR *"USLE"* OR *"RUSLE"* OR *"erodibility"* OR *"erosivity"* OR *"cover management factor"* OR *"practice factor"* OR *"erodibilidade"* OR *"erosividade"* "fator de cobertura" OR "fator de uso" OR "fator de práticas conservacionistas") AND (Brazil OR Brasil OR "Minas Gerais"))

Foram avaliados os valores de erodibilidade presentes em todos os artigos, teses e relatórios publicados de janeiro de 2008 a janeiro de 2019. Como parte dos resultados desta pesquisa correspondia a trabalhos de modelagem utilizando dados secundários, os artigos que serviram como referência para os valores de erodibilidade também foram avaliados. Para selecionar os artigos, teses ou relatórios que comporiam os valores finais de erodibilidade, consideraram-se somente trabalhos com os tipos de solo do mapa em questão e com área de estudo dentro do território brasileiro. Quando mais de um trabalho descrevia o valor do fator K para o mesmo tipo de solo, utilizou-se a média dos valores estabelecidos.

Fator C. A mesma metodologia utilizada para pesquisa bibliográfica do fator K foi empregada para o fator de cobertura vegetal, com a busca utilizando as mesmas já citadas palavras-chave. O mapa de uso e cobertura do solo utilizado foi obtido pelo mapeamento do projeto MapBiomias (coleção 3.1, ano-base 2017). Ainda, utilizou-se o mapeamento referente às pastagens degradadas disponível através do projeto Pastagem.org⁶, para discriminação das áreas de pastagem citadas no mapeamento do MapBiomias que correspondiam a pastagens degradadas.

Fator P. Para o fator P, foi estabelecido que somente nos locais com cobertura agrícola (cultivo anual, perene ou semi-perene) são utilizadas práticas conservacionistas do solo como plantio em curvas de nível. Tais práticas são observadas de forma frequente em áreas agrícolas em regiões mais acidentadas do estado de Minas Gerais. Entretanto, o mesmo não ocorre em áreas de pastagens. Portanto, optou-se por estabelecer esse valor de P de acordo com o uso e cobertura da terra (BERTONI; LOMBARDI-NETO 2012). A Tabela 1 apresenta os valores para o fator P.

⁶Disponível em: <https://pastagem.org>, 2017.

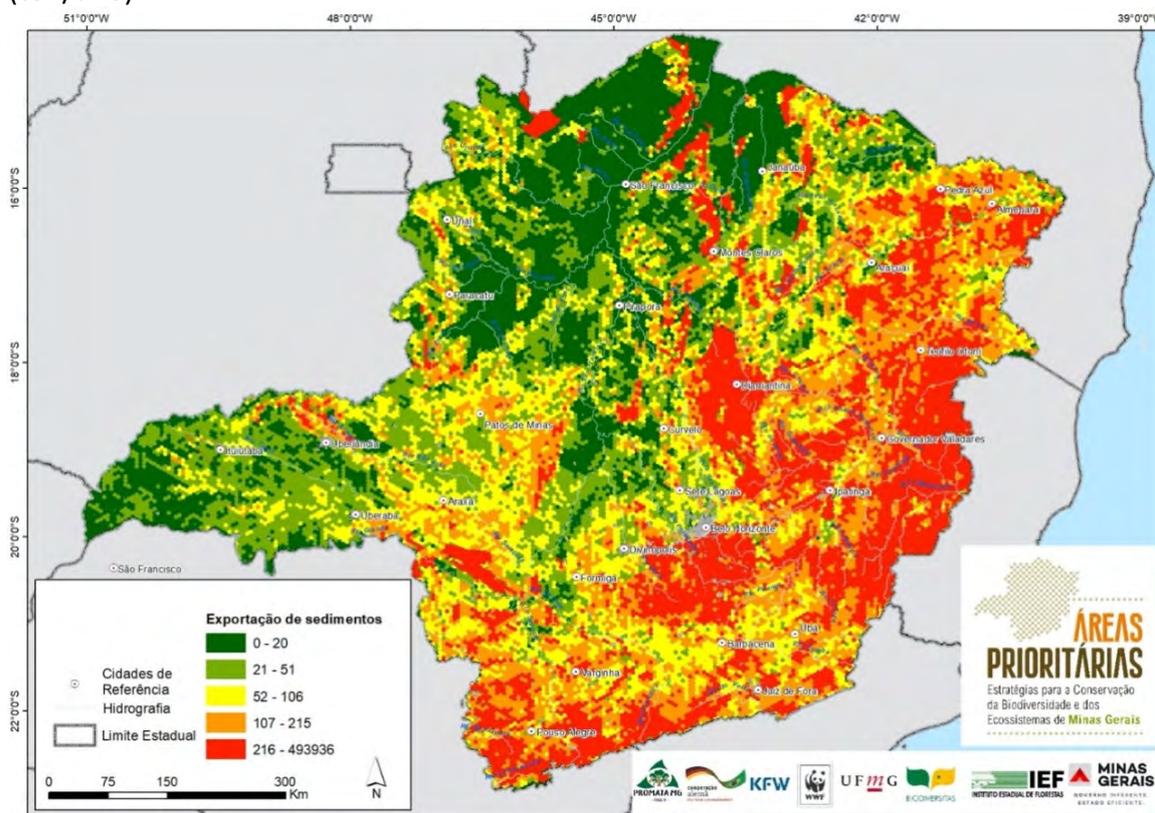
O modelo ainda necessita de um parâmetro de limiar de acumulação de fluxo e dos limites das bacias hidrográficas. Esse limiar corresponde ao número de células a montante que devem fluir até uma célula do mapa para que essa seja considerada parte de um corpo hídrico. Esse valor foi estabelecido após calibração utilizando o Mapa de Hidrografia Ottocodificada de Minas Gerais (IGAM, 2010), disponível na IDE-Sisema. Para geração dos limites das bacias hidrográficas do estado, foi utilizado o modelo digital de terreno já citado.

Após o cálculo da perda anual do solo, o modelo do InVEST prevê que um índice de conectividade hidrológico (IC), que corresponde à ligação entre fontes de sedimentos e respectivos sumidouros. Valores maiores deste índice significam uma maior probabilidade de sedimentos que passam por determinado *pixel* do mapa atingirem o sumidouro. Isso acontece em *pixels* inseridos em áreas com vegetação esparsa – ou seja, com pouca retenção de sedimentos pela cobertura de terra – ou com declividades maiores. Valores menores deste índice estão associados com áreas de vegetação mais densa ou áreas com declividades menores. É a partir desse índice que o modelo calcula a proporção de sedimentos produzidos em um determinado *pixel* que de fato atinge o sumidouro, isto é, a relação de transferência de sedimentos (SDR). Para tal cálculo, os parâmetros de calibração foram mantidos como os mesmos estabelecidos e indicados pelos desenvolvedores do software InVEST.

Em sequência, o modelo multiplica o valor de A (perda anual do solo) e o valor de SDR para obter o valor final, por *pixel*, de sedimentos exportados para os corpos hídricos, em $t \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$. Para o cálculo da retenção de sedimentos, o modelo utiliza um cenário hipotético em que todos os usos e cobertura da terra são convertidos para solo exposto e calcula a diferença entre esse cenário e o cenário de uso e cobertura atual. Por fim, um índice de retenção de sedimentos (SRS) é computado pelo modelo, representando a perda de solo evitada pelo uso atual da terra em comparação com o solo exposto ponderada pelo fator SDR a partir da seguinte equação: $SRS = (R \cdot K \cdot LS(1 - (C \cdot P))) \cdot SDR$

Das várias métricas que foram geradas, foi utilizado o total de sedimentos exportados por *pixel* do mapa que chega aos corpos hídricos, que descreve a relação de transferência de sedimentos. Os valores por *pixel* generalizados para as unidades de planejamento estão mapeados no Mapa 18. Apesar da métrica utilizada ser de toneladas por ano, não se recomenda a utilização dos valores absolutos, em função das limitações do modelo e da impossibilidade de calibrá-lo e validá-lo de forma representativa para todo o estado. Contudo, os valores relativos (*ranking*) representam uma estimativa mais confiável do quanto cada UP pode contribuir com a exportação de sedimentos. Seu uso pode requerer considerações adicionais, por exemplo, quanto à integridade de faixas de vegetação ripária, que protegem os cursos d'água do assoreamento, ou à ocorrência de afloramentos rochosos que apresentam baixa exportação de sedimento mesmo quando sujeitos a condições extremamente favoráveis à erosão.

Mapa 18 – Potencial de exportação de sedimentos por unidade de planejamento (ton/ano)



Fonte: Elaboração dos autores (2020)

8 Priorização das Áreas

Para priorização de áreas propriamente dita, as camadas de UP, alvos, custos e conectividade (estrutura da paisagem) discutidas nas seções acima são analiticamente integradas no software Marxan. O *framework* do processo de priorização é ilustrado na Figura 7.

Figura 7 – Framework de priorização de áreas



Fonte: Elaboração dos autores (2020)

8.1 Preparação das Tabelas de Entrada do Marxan

O Marxan trabalha com três tabelas que descrevem aspectos distintos da área onde será feita a priorização. O objetivo da análise consiste em encontrar o melhor conjunto de UP para proteger adequadamente todos os bens ambientais relevantes, de maneira conectada e ao menor custo ou conflito com os demais usos socioeconômicos da terra e corpos hídricos.

O primeiro conjunto é uma lista de alvos de conservação, que são os aspectos do ambiente que devem ser conservados. Nesta lista é definida a meta de conservação para cada alvo, expressa em hectares, que representa a extensão de área que o sistema deve selecionar para cada alvo de conservação. Somente as áreas de cobertura natural de cada UP foram consideradas no cumprimento das metas, dado o papel crítico da disponibilidade de habitat na persistência dos alvos. Essa tabela encerra ainda o SPF (*species penalty factor*), fator que penaliza configurações espaciais que não cumpram metas, reduzindo sua probabilidade de ocorrência na solução final. Os valores de SPF adotados foram: 1000 para alvos de mananciais e 1 para os demais.

O segundo conjunto é a lista das Unidades de Planejamento, com seus respectivos valores de custo. Quanto mais alto seu custo, menor a chance de sua seleção na priorização de áreas, o que aumenta as chances de sucesso do sistema de áreas selecionadas e reduz seus conflitos com usos alternativos do solo e dos recursos hídricos.

O terceiro é a conectividade da vegetação natural e dos rios, também chamada de peso de borda, que favorece a priorização de áreas agregadas e grandes o bastante para permitir a persistência de seus alvos e a viabilidade logística de sua gestão. Foram usados no cálculo do peso de borda das UP: (a) a proporção de habitat em seu interior; (b) sua

conectividade funcional terrestre; e (c) sua conectividade hídrica (vide Seções 6.1.1, 6.1.2e 6.2). A conectividade é estritamente necessária ao cumprimento dos objetivos das Áreas Prioritárias, pois um conjunto excessivamente pulverizado de áreas, mesmo satisfazendo as metas numéricas de conservação de alvos, não apresentaria habitat contínuo ou funcionalmente conectado suficiente à manutenção dos alvos e impediria sua administração pela extrema dispersão no território.

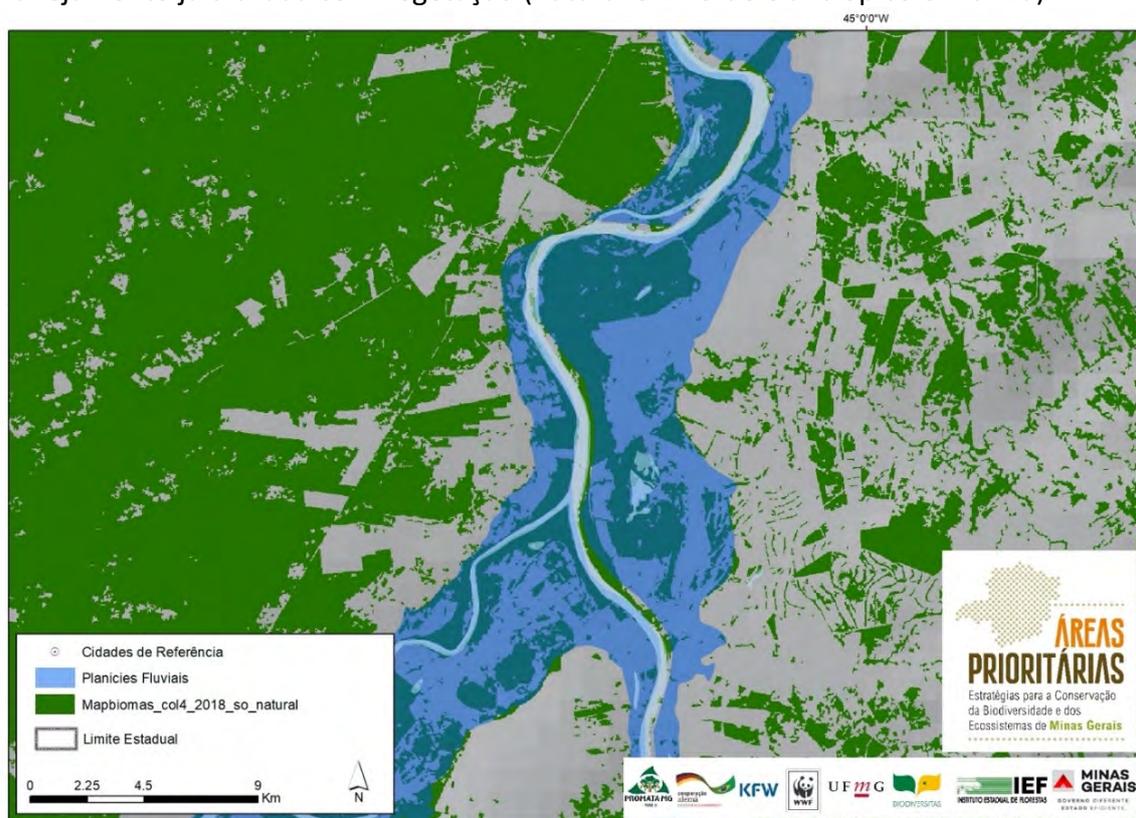
Foram utilizados 2.127 alvos de conservação, dentre espécies de plantas e vertebrados, ecossistemas terrestres e aquáticos e áreas importantes para provisão de recursos hídricos. Para estimar a área disponível em cada UP para cada alvo, foi desenvolvida uma rotina em SIG, que implementa os diversos processamentos necessários de forma encadeada.

Para as espécies-alvo terrestres cuja distribuição foi modelada como descrito na Seção 4.1.3, cada modelo binário final foi cortado para os limites do estado de Minas Gerais, e reamostrado para que os parâmetros do *raster* sejam idênticos aos parâmetros do mapa de vegetação (dimensões do mapa, tamanho do pixel, alinhamento entre pixels). Em seguida, foi cruzado com o mapa de vegetação por meio de álgebra de mapas, e a tabela de atributos recebeu as informações necessárias para posterior combinação entre os dados de todos os alvos, incluindo codificação e cálculo de área. Por fim, a tabela de atributos do *raster* foi exportada. Concluído o processamento, as tabelas de todos os alvos foram combinadas em uma única tabela, contendo os seguintes campos: nome do alvo, código da unidade de planejamento e área em hectares (inteiro).

Método análogo foi empregado para os demais alvos, compreendendo: (a) modelos de distribuição de espécies aquáticas e terrestres mapeadas por coordenadas de registros e buffers de 2 km; (b) modelos de distribuição de ictiofauna de calha (*spanning trees*); (c) modelos de distribuição de ictiofauna de cabeceira (áreas a montante dos sítios de ocorrência); (d) ecossistemas aquáticos e terrestres; (e) regiões de contribuição para mananciais estratégicos; e (f) áreas de alto potencial para recarga hídrica. Seus polígonos de distribuição foram recortados para os limites do estado e convertidos em *rasters*, com os mesmos parâmetros do *raster* de vegetação. O dado obtido foi utilizado como máscara para cortar o *raster* de UP x Vegetação, e a tabela de atributos recebeu as informações necessárias para posterior combinação entre os dados de todos os alvos, incluindo codificação e cálculo de área. Por fim, a tabela de atributos do *raster* foi exportada. Concluído o processamento, as tabelas de todos os alvos foram combinadas em uma única tabela, contendo os seguintes campos: nome do alvo, código da unidade de planejamento e área em hectares (inteiro).

O Mapa 19 ilustra um exemplo de como alvos de ecossistemas (planícies fluviais) se sobrepõem às unidades de planejamento.

Mapa 19 – Sobreposição entre o alvo “planícies fluviais” (azul) e as unidades de planejamento já cruzada com vegetação (natural em verde e antrópico em cinza)



Fonte: Elaboração dos autores (2020)

Devido ao grande volume de dados e à resolução extremamente alta, comparado a outros exercícios semelhantes, é impossível rodar a análise para todas as UP simultaneamente. A limitação é do algoritmo, que demandaria um número inatingível de iterações para convergir a um resultado otimizado. Desta forma, seguindo recomendação do manual de boas práticas do Marxan (ARDRON, J. A., POSSINGHAM ; KLEIN, 2010), a base de dados foi dividida em duas, utilizando-se um critério espacial. Duas abordagens foram testadas, a primeira, mais simples, subdividindo o território em função dos Biomas, sendo um conjunto de bases para a Mata Atlântica e outro para o Cerrado. Nesta abordagem, verificou-se que não era possível otimizar o peso da borda (BLM), fator que influencia a conectividade e agregação espacial das UP selecionadas. Soluções que agrupavam bem os fragmentos de menor tamanho eram extremamente ineficientes em regiões não fragmentadas – selecionavam mais UP do que o necessário, considerando o cumprimento das metas e a integridade e conectividade de habitat nessas regiões –, ao passo que soluções eficientes em áreas não fragmentadas geravam grandes quantidades de Áreas Prioritárias pequenas e isoladas em regiões mais fragmentadas – comprometendo sua capacidade de manter a biodiversidade, mais dependente do trânsito ou uso da matriz de não habitat nessas regiões. Buscou-se então uma nova abordagem, com a subdivisão do território de acordo com a estrutura da paisagem, de modo que um dos conjuntos contemple regiões mais fragmentadas e o outro conjunto, regiões com cobertura da vegetação natural mais contínua. Para isso foram utilizadas

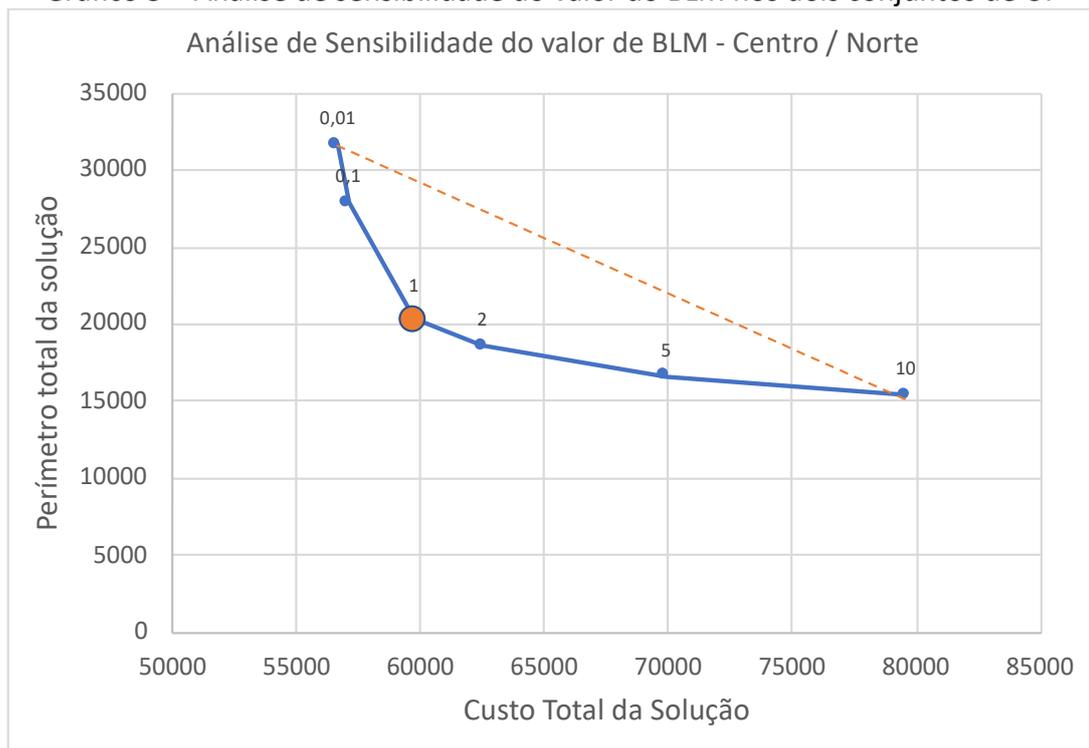
UPGRH para dividir o território em dois. Foi então construída uma base completa para as UP do Norte e região Central do estado e outra base para as demais UP (Triângulo, Sul e Leste), que ficaram, cada uma, com aproximadamente o mesmo volume de dados para serem analisados.

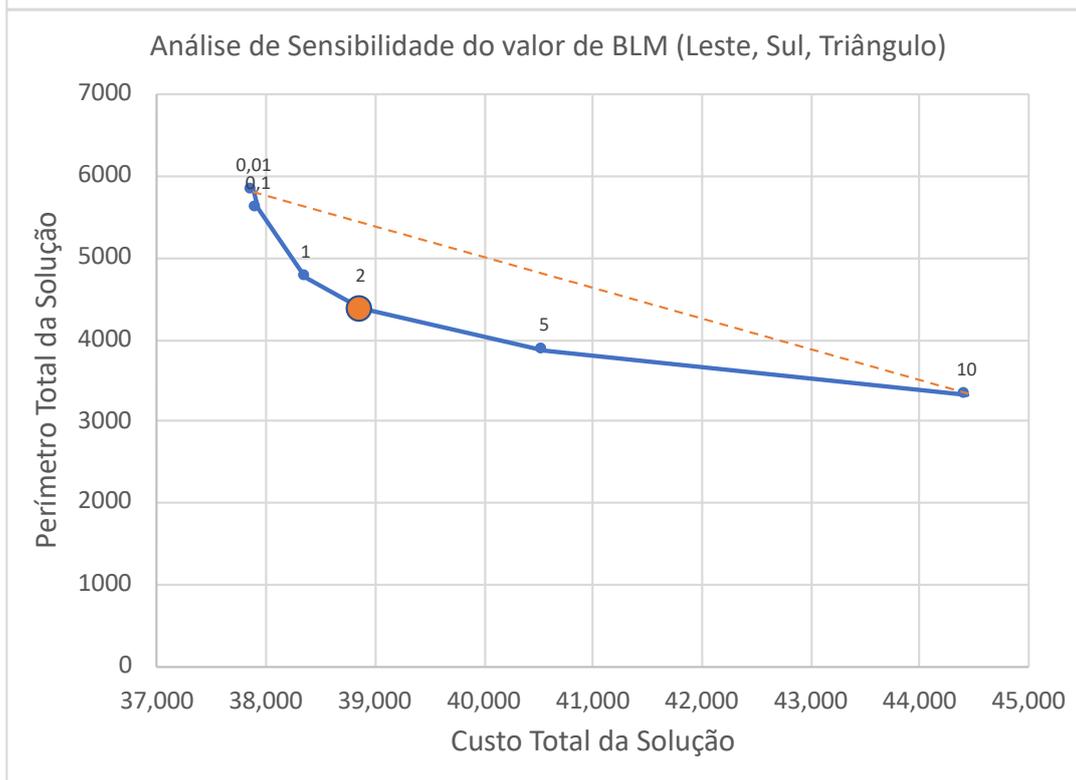
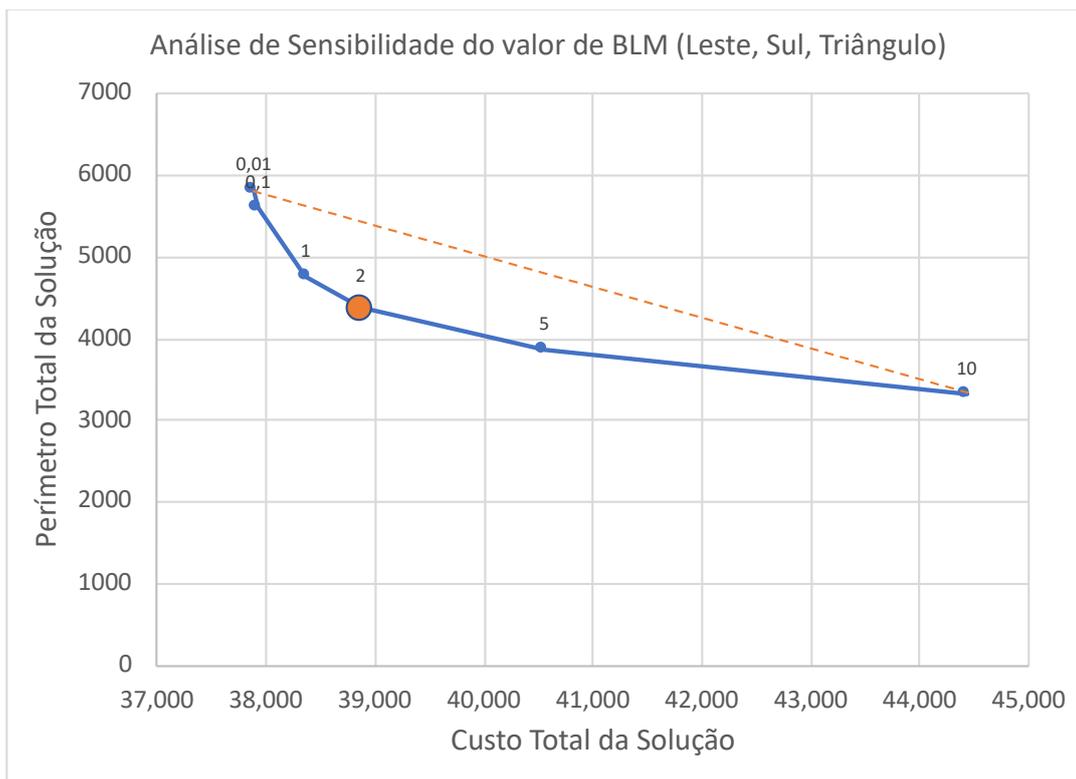
8.2 Análise de Priorização

O Marxan funciona de forma iterativa, de modo que em cada iteração é selecionada uma UP, que é mantida na solução se sua contribuição for positiva ou excluída se sua contribuição for negativa. Alguns parâmetros são variáveis e precisam ser testados para gerar a solução mais adequada aos objetivos do estudo, como o número de rodadas, número de iterações, decaimento da temperatura do *simulated annealing* e o BLM (fator de borda).

Em função do alto número de UP e de alvos, foram realizadas 1 milhão de iterações em cada rodada. Para cada região do estado foram realizadas 10.000 rodadas, aplicando-se o algoritmo *simulated annealing*. Para melhores resultados de conservação, o algoritmo busca agrupar áreas funcionalmente conectadas e, sempre que possível, foram evitadas áreas mais sombreadas a atividades de outros setores como mineração, urbanização, infraestrutura, agropecuária, indústria, geração de energia, entre outros. Já a calibragem do BLM buscou a otimização do peso da borda – concessão ótima entre custo e conectividade – pela análise de sensibilidade que avalia o impacto da variação do BLM no aumento do custo total (seleção de UP mais antropizadas, mas que conectam outras UP) e na redução do perímetro total da solução (redução do grau de fragmentação e isolamento, bem como do efeito de borda nas Áreas Prioritárias). Foram simulados seis cenários mantendo-se todos os demais dados iguais e variando-se apenas o valor do BLM: 0,01; 0,1; 1; 2; 5 e 10. O melhor cenário é aquele em que o ponto se distancia mais da reta definida pelo menor e maior valor de BLM. A partir do resultado desta análise, o valor do BLM foi fixado em 1 para o conjunto de UP da região Central e Norte e em 2 para a região Sul, Leste e Triângulo (GRÁFICO 3).

Gráfico 3 – Análise de sensibilidade do valor do BLM nos dois conjuntos de UP



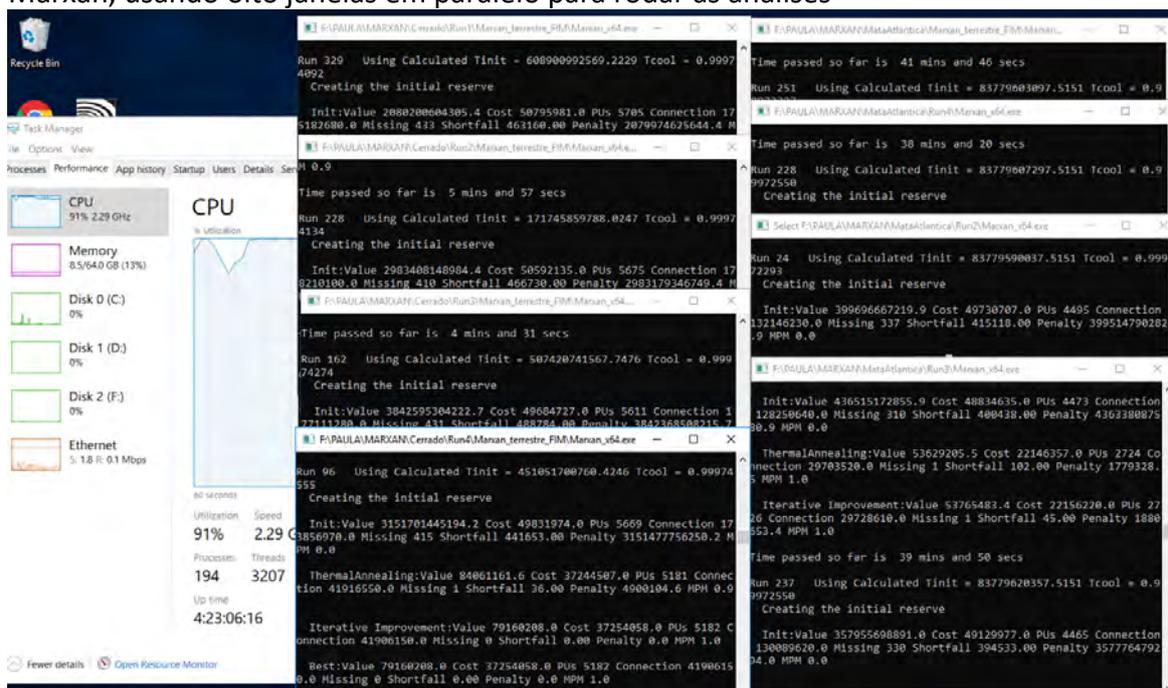


Fonte: Elaboração dos autores (2020)

Nota: O melhor valor de BLM é o ponto mais distante da reta delimitada pelo maior e menor valor. O gráfico superior traz os cenários para região Central e Norte, o gráfico inferior traz os cenários para as regiões Leste, Sul e Triângulo.

A análise de priorização de áreas pelo Marxan gera dois resultados principais chamados de “solução somada” e “melhor solução”. A solução somada representa o grau de insubstituibilidade das unidades de planejamento, na medida em que UP com atributos únicos são selecionadas em todas as rodadas e UP mais redundantes no sistema são selecionadas menos vezes. A melhor solução é o resultado da rodada que obteve o menor custo de conservação e menor custo de borda, cumprindo as metas de conservação. A Figura 8 apresenta captura de tela durante o processamento do software Marxan.

Figura 8 – Captura de tela realizada durante o processamento de priorização de áreas no Marxan, usando oito janelas em paralelo para rodar as análises



Fonte: Elaboração dos autores (2020)

Uma primeira versão do mapa de Áreas Prioritárias foi rodada para ser apresentada e discutida durante a Oficina de Consolidação, com os seguintes parâmetros, representados no Quadro 4:

Quadro 4 – Parâmetros rodada pré-oficina de consolidação

Rodada Pré-Oficina

Unidades de Planejamento (UP)

- hexágonos de aproximadamente 2300 ha
- UCPI com limites preservados
- RPPN > 500 ha com limites preservados
- manchas urbanas excluídas
- reservatórios artificiais >200 ha excluídos

Status:

Áreas pré-selecionadas (reservadas, necessariamente integram a solução):

- unidades de conservação de proteção integral federais e estaduais
- RPPN > 500 ha

- sítios Baze
 - UP com registro de cavernas prioritárias para proteção do patrimônio espeleológico (ICMBio, 2018b)
 - UP com registros de peixes de distribuição restrita (espécies anuais)
- Set inicial (*earmarked* – áreas necessária e primeiramente consideradas pelo software):
- UP em APA
 - UP em APE
 - UP com RPPN < 500 ha
 - Rios de Preservação Permanente

Custo:

- redistribuição dos valores, de modo que UP com custo zero ou negativo foram substituídas por 1000 e valores acima de zero foram somados a 1000.

Alvos e Metas:

- conforme modelos validados ou ajustados

Borda:

- cobertura de vegetação natural
- conectividade funcional
- índice de conectividade hídrica

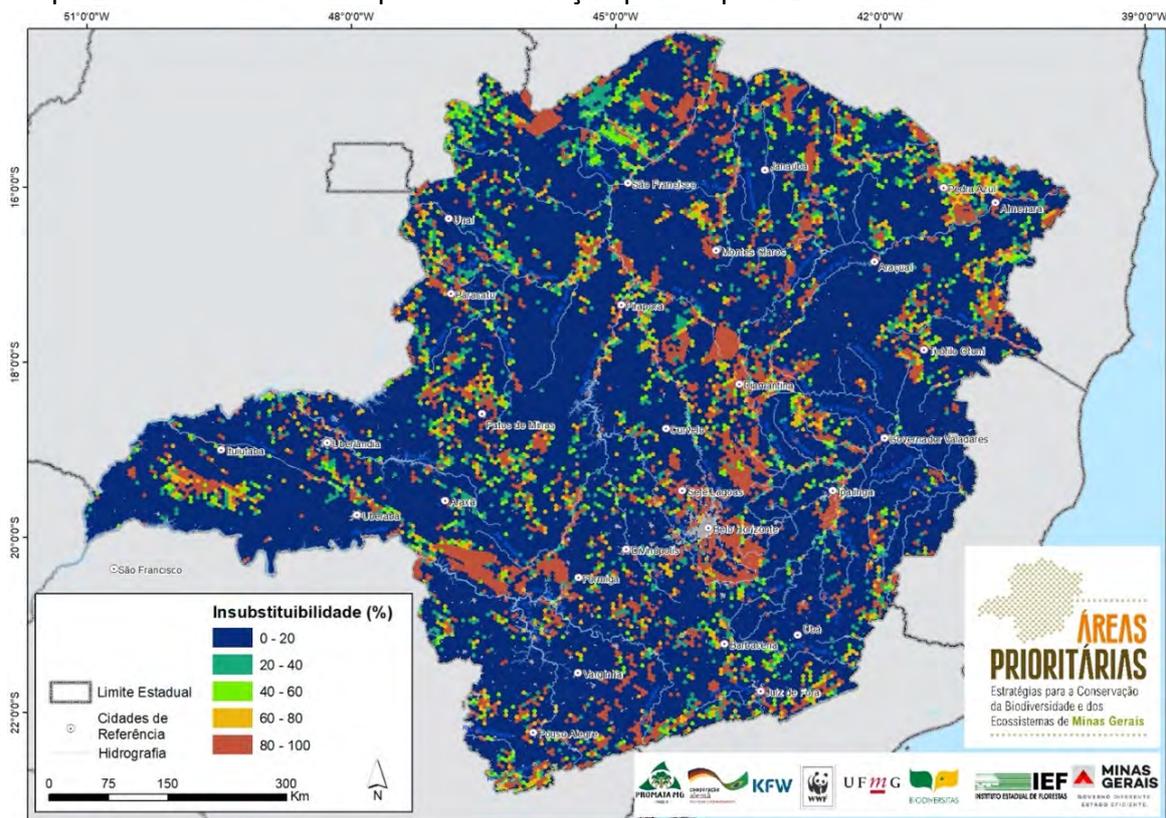
Fonte: Elaboração dos autores (2020)

8.3 Relevância Ecológica

O mapa de importância biológica evidencia as UP onde ocorrem espécies de distribuição restrita, que possuem as metas de conservação proporcionalmente mais altas ou foram pré-selecionadas (vide Seção 4.4). Esse mapa não reflete necessariamente a riqueza de espécies, mas o endemismo, pois existem várias soluções possíveis envolvendo UP com alta riqueza de espécies de ampla distribuição, mas apenas uma ou poucas combinações de UP para alvos de distribuição restrita.

Das 26.590 unidades de planejamento, 13.100 foram selecionadas pelo menos 1 vez nas 10.000 rodadas. Cerca de 8,5% das UP (2.269 unidades) foram selecionadas em 90% ou mais das rodadas e representam as unidades para as quais há menos flexibilidade no cumprimento das metas de conservação, ou seja, não é possível substituí-las por outras unidades. Cerca de 76% das UP tiveram frequência de seleção inferior a 20%, indicando que, apesar de serem importantes para o cumprimento das metas de conservação, podem ser substituídas por outras unidades com atributos iguais ou muito semelhantes. Para essas UP, espera-se que a superfície de custos e a conectividade tenham maior interferência, direcionando a priorização para unidades de menor custo. O Mapa 20 apresenta o resultado espacial da frequência de seleção e o Gráfico 4 mostra a distribuição de frequência dos mesmos valores. Nota-se que a maior parte das UP tem frequência de seleção muito baixa (ou seja, contribuem para o cumprimento das metas, mas podem ser substituídas por outras de características semelhantes) ou muito alta (ou seja, UP insubstituíveis, onde ocorrem espécies microendêmicas, que não podem ser encontradas em outros locais).

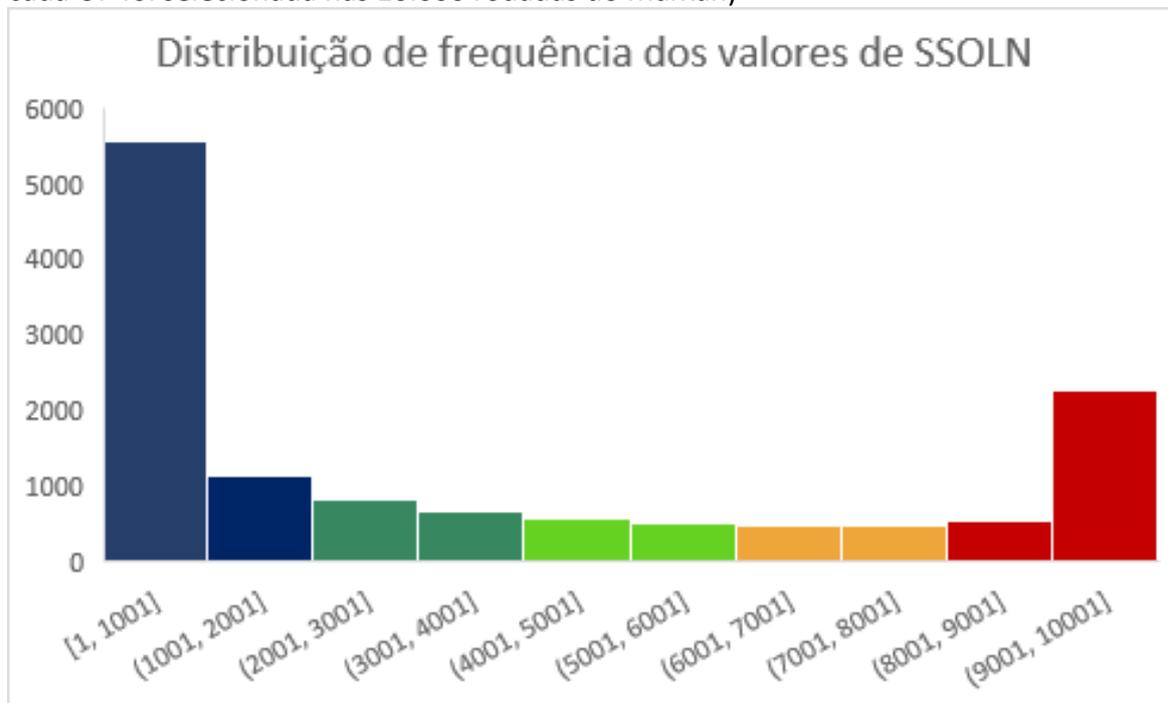
Mapa 20 – Resultado da frequência de seleção por UP para 10.000 rodadas



Fonte: Elaboração dos autores (2020)

Nota: Cores mais quentes representam áreas com mais alta frequência de seleção, ou seja, maior importância biológica

Gráfico 4 – Distribuição de frequência dos valores de SSOLN (número de vezes em que cada UP foi selecionada nas 10.000 rodadas do Marxan)

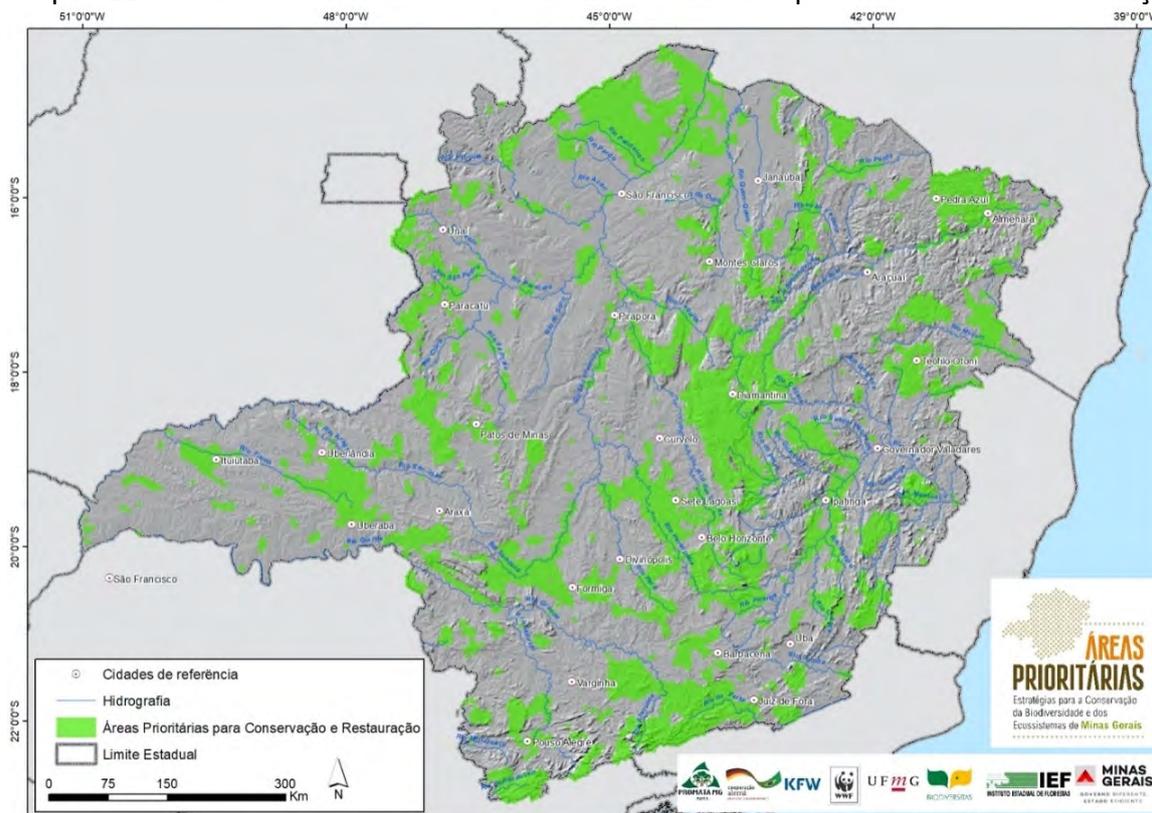


Fonte: Elaboração dos autores (2020)

8.4 Áreas Prioritárias Pré-Oficina

Foram selecionadas 6840 UP, incluindo Unidades de Conservação estaduais e federais, cumprindo 100% das metas de conservação estabelecidas. Foram gerados 265 polígonos contínuos a partir destas UP, com tamanho variando de 633 hectares (sítio Baze Cataguazes) a 1.714.447 hectares (Espinhaço Meridional) (MAPA 21).

Mapa 21 – Áreas Prioritárias Preliminares - versão pré-oficina de consolidação



Fonte: Elaboração dos autores (2020)

8.5 Refinamento da Seleção

8.5.1 Oficina de Consolidação

O painel de especialistas reunido na Oficina de Consolidação avaliou as áreas selecionadas e propôs alterações, principalmente quanto a: a) exclusão de áreas pequenas e isoladas (até 3 UP) ou excessivamente antropizadas; b) inclusão de áreas para aumento de conectividade, inclusão de alvos, ampliação de Áreas Prioritárias, incorporação de fragmentos naturais aparentemente bem conservados e incorporação de regiões altamente vulneráveis; c) validação da metodologia de cruzamento das variáveis de importância ecológica e vulnerabilidade para a obtenção das quatro classes de prioridade das áreas, a saber, Alta, Muito Alta, Extremamente Alta e Especial; e d) tratamento especial dos ecossistemas aquáticos, priorizando sua conectividade longitudinal, de modo a se garantir a representação dos habitats importantes para a conservação das espécies de peixes de calha – para evitar a inflação dos resultados, os especialistas recomendaram que tais trechos fossem representados diretamente pelas calhas dos rios e faixas protetivas, ao invés das UP.

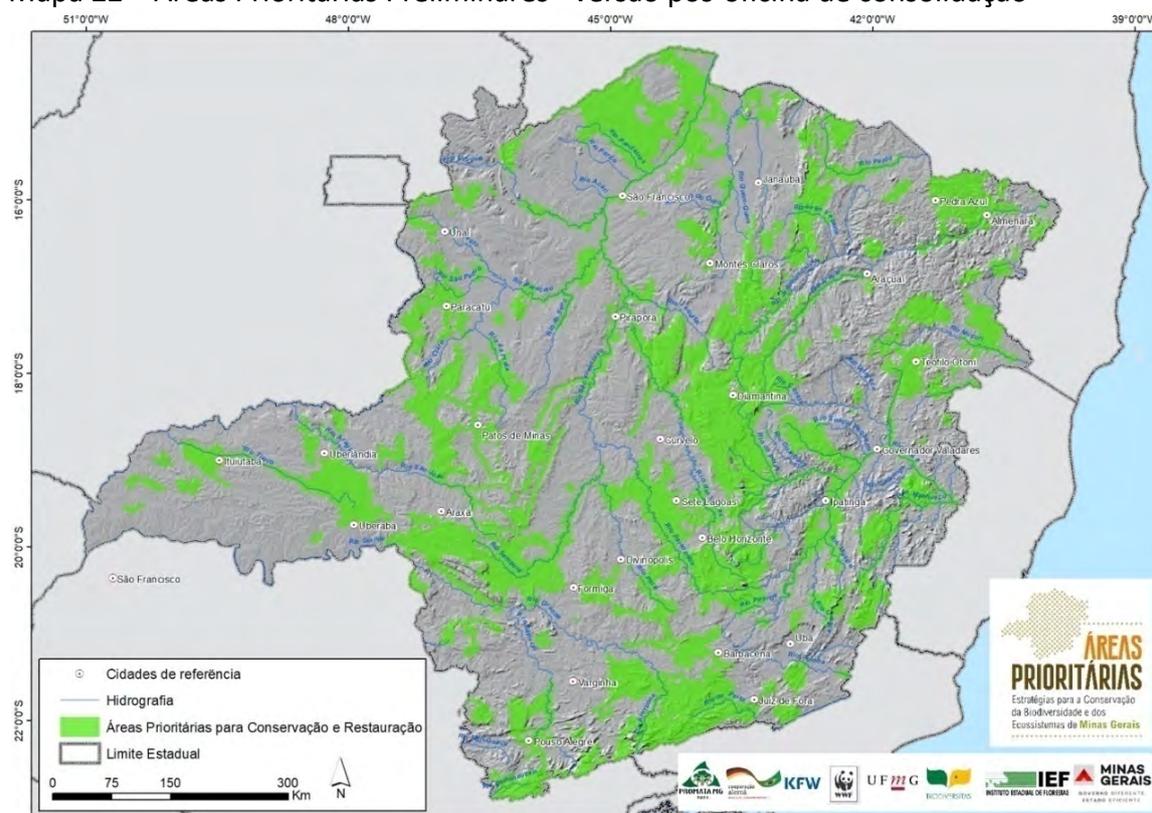
IEF e Consórcio procederam à análise de todas as recomendações, justificativas e dados corroboradores fornecidos pela Oficina e decidiram: a) excluir as áreas pequenas e isoladas ou excessivamente degradadas; b) incluir apenas áreas corroboradas por novos registros de alvos de alta relevância ou que apresentassem alto valor estratégico para a

conexão de Áreas Prioritárias através de paisagens íntegras, sempre da forma mais enxuta possível; c) manter a metodologia de hierarquização validada; e d) adotar as recomendações quanto ao tratamento dos ecossistemas aquáticos.

8.5.2 Áreas Prioritárias pós-oficina

Incorporando-se as decisões da oficina e do processo de consolidação de seus resultados, a principal diferença em relação à versão anterior foi o detalhamento e inclusão de áreas prioritárias aquáticas, destacadas das terrestres, de modo que fosse possível visualizar os trechos de rios mais relevantes para a biodiversidade. O número de UP terrestres selecionadas foi de 6.746, além das 20 áreas aquáticas indicadas (MAPA 22). Foram gerados 161 polígonos contínuos adicionais ao atual sistema de unidades de conservação, sendo 141 terrestres e 20 aquáticas. A área total foi de 18.334.259 hectares, incluindo as unidades de conservação de proteção integral. Considerando apenas as áreas terrestres, o total é de 15.462.600 hectares (incluindo as UC), sendo 7.707.276 naturais, ao passo que as áreas prioritárias aquáticas totalizam 2.871.659 hectares. As justificativas para inclusão de áreas aquáticas estão descritas no Quadro 5. Nesta etapa adotaram-se inicialmente como Áreas Prioritárias aquáticas de calha o corpo hídrico e faixas de 1 km em cada margem, como faixas protetivas.

Mapa 22 – Áreas Prioritárias Preliminares - versão pós-oficina de consolidação



Fonte: Elaboração dos autores (2020)

Quadro 5 – Justificativa para inclusão das Áreas Prioritárias Aquáticas

Rio Tijuco e Quebra Anzol

Encaminhamento:

- Criação de área protegida

Justificativa:

A bacia do rio Paranaíba se encontra severamente pressionada por empreendimentos hidrelétricos e grandes reservatórios (AGOSTINHO et al., 2007), ainda assim, seu curso alto mantém populações de espécies migradoras e sob graus variados de ameaça (MACHADO, DRUMMOND; PAGLIA, 2008), como o jaú (*Zungaro jahu*) criticamente ameaçada no Estado de MG (Deliberação Normativa Copam Nº 147, de 30 de abril de 2010) e o pacu (*Myloplus tiete*) (ÁGUA & TERRA, 2012).

A bacia do rio Quebra-Anzol, Alto Paranaíba, possui importante maciço de vegetação ripária (MARTINS et al., 2018), relevante para a conservação da biodiversidade e manutenção de populações de espécies reofílicas e migradoras, como a curimba (*Prochilodus lineatus*), o dourado (*Salminus brasiliensis*) e o pintado (*Pseudoplatystoma corruscans*), além das espécies ameaçadas *Myloplus tiete*, jaú (*Zungaro jahu*) e surubim (*Steindachneridion scriptum*), todas presentes nesse rio (VONO; LIMA, 2008). Embora exista alto percentual de degradação nas APP dos corpos d'água da bacia do rio Tijuco (VALLE JÚNIOR et al., 2010), que é o principal rio do trecho Baixo do Paranaíba em Minas Gerais, o Tijuco ainda mantém cardumes de espécies migradoras (GODINHO et al., 1991) e é considerado de grande importância para a reprodução de peixes da região (COBRAPE, 2011), podendo atuar como rota migratória alternativa a trechos fragmentados por barramentos (PÉREZ, 2014).

Alto rio São Francisco

Encaminhamento:

- Restauração
- Manutenção e incremento da conectividade - rios livres

Justificativa:

A parte superior do alto rio São Francisco que flui da sua nascente geográfica, o rio Samburá, e da sua nascente histórica (o próprio rio São Francisco) no Parque Nacional da Serra da Canastra (SILVA et al. 2003), até a transição com o reservatório da UHE Três Marias é a única região de calha do rio São Francisco cujo pulso de inundação não é regulado por barramentos. O trecho inclui também a totalidade dos seus afluentes, como os rios Santo Antônio, Ajuda, Ribeirão dos Almeidas, Sujo, Patos, São Miguel, Bambuí e Pará.

Esse trecho é também rota de migração reprodutiva de diversas espécies de peixes de grande porte e valor comercial para a população da região (GODINHO; GODINHO 2003), a maioria deles migradores de longa distância (LOPES et al., 2018A; SATO; GODINHO, 2003) com extensas áreas de vida, que incluem os sítios de alimentação, sítios de desova e os berçários (LOPES et al., 2018B). Sabe-se que há uma população viável de grandes migradores *Prochilodus costatus* que depende essencialmente de

todo o trecho lótico remanescente acima do reservatório de Três Marias (LOPES et al., 2018A e B; LOPES et al., 2019)

Alguns desses migradores e outras espécies de menor porte encontram-se ameaçadas de extinção, como *Bagropsis reinhardti* (MMA, 2014), *Brycon nattereri* (COPAM, 2010; MMA, 2014; CASTRO, 2012), *Brycon orthotaenia* (MMA, 2014; IUCN, 2021), *Conorhynchos conirostris* (COPAM, 2010; MMA, 2014), *Harttia leiopleura* (COPAM, 2010), *H. novalimensis* (COPAM, 2010), *H. torrenticula* (COPAM, 2010), *Lophiosilurus alexandri* (MMA, 2014), *Neoplecostomus franciscoensis* (COPAM, 2010; MMA, 2014) e *Rhamdiopsis microcephala* (COPAM, 2010), o que reforça a alta relevância deste trecho, incluindo os afluentes listados.

O trecho é, ainda, altamente vulnerável devido à elevada demanda de água para irrigação, bem como ao crescimento de atividades de agropecuária, indústrias e poluição oriunda de grandes áreas urbanas como o município de Divinópolis (DOMINGOS et al., 2013). Esse aumento das pressões ambientais ocorre enquanto a biodiversidade não é completamente conhecida, como mostra a descrição recente, feita em 2021, de duas novas espécies do gênero *Hypostomus* para esse trecho da bacia (PENIDO et al., 2021). Tais atividades têm diminuído significativamente as faixas de vegetação ripária natural, aumentado o processo de erosão, e ocupando planícies de inundação que servem como berçários para populações de espécies migradoras (SATO; GODINHO, 2003).

Tributários do rio das Velhas

Encaminhamento:

- Restauração
- Manutenção e incremento da conectividade - rios livres

Justificativa:

Em uma bacia sob elevado grau de impacto ambiental, como a do rio das Velhas, a presença de tributários bem conservados ajuda na manutenção de espécies importantes. Eles apresentam uma elevada riqueza de espécies nativas, com o registro de mais de 75% das espécies da bacia do rio das Velhas (135 spp.), sendo 34% delas encontradas exclusivamente neles (ALVES; POMPEU, 2005; ALVES; LEAL, 2010), considerados afluentes de maior riqueza do rio São Francisco (ALVES; LEAL, 2010; SALVADOR et al., 2020). Esses rios apresentam, ainda, importância para as espécies migradoras da bacia, com cardumes de dourado (*Salminus franciscanus*), matrinxã (*Brycon orthothenia*), piaus (*Leporinus spp.*) e curimatãs (*Prochilodus spp.*) (ALVES; POMPEU, 2002; ALONSO et al., 2020) Há registro de espécies ameaçadas nessas bacias, como o bagre (*Bagropsis reinhardti*) (ALVES; POMPEU, 2010), *Brycon nattereri* (ALVES; LEAL, 2010; ICMBio, 2018) e *Brycon orthotaenia* (MMA, 2014; ALONSO et al., 2020; IUCN, 2021).

Rio São Francisco entre Três Marias e Pirapora

Encaminhamento:

- Restauração
- Manutenção e incremento da conectividade - rios livres

Justificativa:

Esse trecho é considerado de importância muito alta para conservação de peixes, uma vez que é utilizado por espécies migradoras e de interesse para a pesca como rota migratória e local de desova (GODINHO; KYNARD, 2006; GODINHO, KYNARD; GODINHO, 2007; ANDRADE NETO, 2008; GOMES et al., 2020). Nele também é encontrada uma importante população de pirá, espécie ameaçada de extinção (GOMES et al., 2020). Os rápidos de Pirapora são o trecho de corredeira mais longo e significativo da calha do São Francisco, abrigando espécies reofilicas altamente dependentes desses habitats e endêmicas (GOMES et al., 2020).

Megalancistrus barrae é uma espécie endêmica do rio São Francisco, cuja ocorrência se estende por toda a calha do rio principal, desde seu trecho alto, até o baixo (SALVADOR et al. 2015). A espécie também é encontrada em alguns afluentes, como os rios Pará, Paracatu e Carinhanha (SALVADOR et al., 2015, 2020). Apesar de amplamente distribuída, ela apresenta uma distribuição disjunta, ocorrendo em manchas ao longo da bacia (SALVADOR et al., 2015). No estado de Minas Gerais, a espécie é conhecida para seis localidades (SALVADOR et al., 2015), sendo uma de suas ocorrências, um pedral no trecho entre Três Marias e Pirapora (SALVADOR et al., 2015).

Outras espécies endêmicas da bacia e com registro para a área são *Archolaemus orientalis* e *Brachyhypopomus menezesi* (VARI et al., 2012; CRAMPTON et al., 2016). A ocorrência conhecida de *A. orientalis* se restringe a duas localidades, sendo uma para o rio São Francisco na região de Pirapora e outra para o rio do Sono, em Buritizeiro, MG (VARI et al., 2012). Por ser um registro antigo, a localidade do São Francisco é vaga, se restringindo ao município de Pirapora no ano de sua coleta (1907). Ela é categorizada como deficiente em dados (DD) pelo ICMBio (2018) pois, apesar de naturalmente rara e ter sido descrita recentemente, é possível que sua distribuição esteja subestimada por ser facilmente confundida com espécies do gênero *Eigenmannia* (*E. microstoma* e *E. besouro*), Já *B. menezesi* é amplamente distribuída na bacia, ocorrendo nos trechos alto e médio (CRAMPTON et al., 2016). Apesar de amplamente distribuída, é considerada uma espécie rara, sendo conhecidas cinco localidades de ocorrência da espécie. Uma dessas localidades é a lagoa do Tacho em Pirapora (CRAMPTON et al., 2016).

Rio Abaeté

Encaminhamento:

- Restauração
- Manutenção e incremento da conectividade - rios livres

Justificativa:

O rio Abaeté, localizado no segmento inferior do Alto rio São Francisco, é um afluente expressivo que não possui nenhuma usina hidrelétrica instalada em toda sua extensão e funciona como um atenuador dos efeitos da regulação da usina Hidrelétrica de Três Marias, localizada na calha do rio principal (CASARIM et al., 2018). O encontro de suas

águas com as do rio São Francisco, é o grande responsável por alteração nos valores de temperatura, transparência e variações na vazão (pulso de inundação), afetando, assim, a distribuição de espécies de peixes e as condições a jusante da confluência desses dois rios (CASARIM et al., 2018).

Afluente de altíssima importância para a manutenção dos estoques pesqueiros do rio São Francisco a jusante da UHE Três Marias (SATO et al., 2005). Ele é considerado um sítio reprodutivo para espécies de interesse da pesca comercial da região de Três Marias como o dourado (*Salminus franciscanus*) (ANDRADE NETO, 2008), o pintado (*Pseudoplatystoma corruscans*) (GODINHO; KYNARD; GODINHO; 2007), o piau-verdadeiro (*Megaleporinus obtusidens*) (Vieira et al, 2013) as curimbas (*Prochilodus spp.*) (GODINHO ;KYNARD, 2006; CASARIM et al., 2018), uma das espécies de peixes mais importante comercialmente para a pesca profissional e de lazer na região (FRANCO; PETRERE, 2001; GODINHO et al., 2003). Na bacia também há registros de espécies ameaçadas, como o pirá (*Conorhynchos conirostris*) (CASARIM et al., 2018; MACHADO; DRUMMOND; PAGLIA, 2008; COPAM, 2010; MMA, 2014).

Rio Pomba

Encaminhamento:

- Área prioritária geral

Justificativa:

Último trecho lótico livre em Minas Gerais que possui conexão com o ambiente marinho. Fundamental no que diz respeito à permanência das populações de espécies marinhas, ameaçadas e na reprodução de espécies migradoras, visto o estado de conservação atual da bacia do rio Paraíba do Sul (VIEIRA; RODRIGUES, 2010). Presença de espécies migradoras, como a piabanha (*Brycon insignis*), os piaus (*Leporinus spp.*) e a curimatá (*Prochilodus vimboides*), espécies marinhas, como o peixe-flor (*Awaous tajasica*) e espécies ameaçadas, como a piabanha (*Brycon insignis*), o cascudo-preto (*Pogonopoma parahybae*), o surubim-do-paraíba (*Steindachneridion parahybae*), o cascudo-laje (*Delturus parahybae*), e a curimatá (*Prochilodus vimboides*) (MACHADO; DRUMMOND; PAGLIA, 2008; VIEIRA; RODRIGUES, 2010).

Rio Carinhanha

Encaminhamento:

- Criação de área protegida
- Pesquisa, monitoramento e conservação de espécies ameaçadas
- Manutenção e incremento da conectividade - rios livres

Justificativa:

O rio Carinhanha pode ser considerado o afluente do rio São Francisco com maior grau de preservação de sua bacia. Nele foram registradas espécies ameaçadas de extinção, como o bagre (*Bagropsis reinhardti*) e o pacamã (*Lophiosilurus alexandrii*), bem como cardumes de espécies migradoras, como o dourado (*Salminus franciscanus*), as curimbas (*Prochilodus spp.*) e o piau-verdadeiro (*Megaleporinus obtusidens*) (SALVADOR et al., 2020).

Rio das Mortes

Encaminhamento:

- Restauração

Justificativa:

Nesse rio ainda existe uma população relictual de jaú (*Zungaro jahu*), uma espécie criticamente ameaçada no Estado de MG (Deliberação Normativa Copam Nº 147, de 30 de abril de 2010), e o trecho ainda pode se configurar como uma área de reprodução dessas populações. Além disso, o trecho apresenta importância para manutenção dos estoques de espécies migradoras e alta riqueza e abundância de espécies, podendo servir como rota migratória alternativa e sítios de reprodução e crescimento para peixes do rio Grande que tiveram suas populações fragmentadas por barramentos (ALVES; SILVA; GODINHO, 2007; SUZUKI; ZAMBALDI; POMPEU, 2013). Nele foram registradas espécies migradoras, como o dourado (*Salminus brasiliensis*), a tabarana (*Salminus hilarii*), a curimatã (*Prochilodus lineatus*) (SARAIVA; POMPEU, 2016; Sete, 2003), e os piaus (*Megaleporinus obtusidens*, *Leporinus friderici*) (SETE, 2003), bem como a pirapitinga (*Brycon nattereri*), espécie considerada ameaçada de extinção (COPAM, 2010; MMA, 2014).

Rio Capivari

Encaminhamento:

- Restauração

Justificativa:

Na bacia do alto rio Grande, baseado na vegetação remanescente que abrange a bacia do rio Capivari, já foi proposta a criação de uma unidade de conservação por Lima et al., 2011. Em 2013, Suzuki e colaboradores identificaram áreas de desova e criadouros naturais na bacia do Capivari reafirmando a importância de conservação desse rio para a manutenção das espécies de peixes. A presença desse trecho lótico da bacia do alto rio Grande, entre os empreendimentos hidrelétricos, serve como rota alternativa à reprodução dos peixes migradores (SUZUKI et al., 2013). Dessa forma, a presença de lagoas marginais e o registro de espécies ameaçadas de extinção, como a pirapitinga (*Brycon nattereri*) (POMPEU et al., 2009) faz desse rio, um trecho prioritário à conservação.

Veredas do ribeirão Areias e rio Tabatinga

Encaminhamento:

- Criação de área protegida
- Pesquisa, monitoramento e conservação de espécies ameaçadas
- Restauração

Justificativa:

Essa região apresenta solos hidromórficos e vegetação típica de veredas, com gramíneas entremeadas de buritis (*Mauritia flexuosa*) e arbustos (TEIXEIRA et al., 2020). Nessas veredas são registradas espécies únicas, como o peixe-anual criticamente ameaçado (*Simpsonichthys espinhacensis*) (BRESSANE; NIELSEN; PESSALI; DUTRA, 2017)

e o saguiri (*Cyphocharax jagunco*) (DUTRA et al., 2016), e de distribuição restrita para a bacia (*Hyphessobrycon spp.*, *Rhamdiopsis sp.*, *Corydoras sp.*, *Aspidoras sp.*) (TEIXEIRA et al., 2020). Esses ambientes únicos têm sido convertidos em áreas de agropecuária e silvicultura, com o conseqüente desmatamento, construção de pequenos barramentos, captação de água e queimada, demandando sua proteção e restauração.

Rio Paracatu e rio do Sono

Encaminhamento:

- Restauração

Justificativa:

Na bacia do Paracatu há registros de espécies ameaçadas, como o pacamã (*Lophiosilurus alexandrii*) e o pirá (*Conorhynchos conirostris*) (GODINHO; POMPEU, 2003), que apresenta uma das maiores populações conhecidas dessa espécie. Também são registrados o dourado (*Salminus franciscanus*), o pintado (*Pseudoplatystoma corruscans*), o curimatá (*Prochilodus spp.*) e o piau-verdadeiro (*Megaleporinus obtusidens*) (BELEI et al., 2016). Os rios Paracatu e Sono são de elevada importância para a manutenção dos estoques pesqueiros no São Francisco, uma vez que o trecho baixo desses rios apresenta uma grande planície de inundação e inúmeras lagoas marginais, consideradas áreas de recrutamento de espécies migradoras. O rio Paracatu e seu afluente rio do Sono apresentam alta vulnerabilidade pela pressão de impactos antrópicos tais como agropecuária e atividades minerárias, demandando esforço não só de conservação, mas de restauração.

Rio São Francisco entre Pirapora e o limite estadual

Encaminhamento:

- Restauração

Justificativa:

Esse é considerado o principal trecho lótico na bacia do rio São Francisco. Seu trecho livre de barramento ultrapassa 1000 km, indo desde a UHE Três Marias, até o lago da UHE Sobradinho (BA). Nesse trecho encontra-se uma grande planície de inundação, que se conecta com as planícies da parte baixa de grandes afluentes, e contém inúmeras lagoas marginais (GODINHO; GODINHO, 2003). Por esse motivo é considerado de extrema importância para a manutenção de espécies migradoras e de interesse comercial, como matrinxã (*Brycon orthotaenia*), dourado (*Salminus franciscanus*), tabarana (*Salminus hilarii*), piau (*Leporinus spp.*), curimatás (*Prochilodus costatus*, *Prochilodus argenteus*) e pintado (*Pseudoplatystoma corruscans*) ([Sato and Godinho, 2003](#); GODINHO, KYNARD; GODINHO, 2007). Nesse trecho também há registro de espécies ameaçadas, como o pirá (*Conorhynchos conirostris*), e o pacamã (*Lophiosilurus alexandri*) (GODINHO; BRITO; GODINHO, 2003).

Rio das Velhas

Encaminhamento:

- Restauração

- Manutenção e incremento da conectividade - rios livres

Justificativa:

A combinação de esgoto e resíduo industrial tornou o Rio das Velhas o rio mais poluído do estado de Minas Gerais (POMPEU et al., 2005). Entretanto, com a ampliação no tratamento de esgoto em cidades da região metropolitana de Belo Horizonte e a consequente melhoria na qualidade da água do rio das Velhas, já foi possível observar um expressivo aumento da riqueza de espécies em sua calha.

Apesar de drenar parte da região metropolitana de Belo Horizonte, o rio das Velhas apresenta elevada riqueza de espécies nativas (135 spp.) em relação ao total conhecido para o rio São Francisco. Assim com outros grandes afluentes do trecho médio, o rio das Velhas mantém alta conectividade com o rio São Francisco (ausência de barreiras naturais ou artificiais intransponíveis), o que possibilita a migração reprodutiva de algumas espécies (GODINHO; KYNARD, 2006; GODINHO; KYNARD; GODINHO, 2007). Além disso, há registro de espécies ameaçadas, como bagre (*Bagropsis reinhardti*) (ICMBIO, 2018), pacamã (*Lophiosilurus alexandri*) (JUNQUEIRA et al., 2012), matrinxã (*Brycon nattereri*) (ALVES; POMPEU, 2005).

Rio Paraopeba

Encaminhamento:

- Restauração de áreas

Justificativa:

O trecho do rio Paraopeba compreendido entre a barragem da UTE Igarapé e o reservatório de Três Marias foi considerado como área prioritária para conservação da ictiofauna em DRUMMOND et al. 2005. Essa inclusão se deveu à grande abundância de espécies migradoras e ao registro de espécies ameaçadas, incluindo populações de bagre (*Bagropsis reinhardti*) (GESTÃO AMBIENTAL, 2013; ARCADIS, 2020b) e pacamã (*Lophiosilurus alexandri*) (ARCADIS, 2020a). Esse cenário se manteve nos anos subsequentes, com o registro de grandes cardumes de curimatãs (*Prochilodus spp.*), e registros frequentes de dourados (*Salminus franciscanus*) e pintados (*Pseudoplatystoma corruscans*) e de uma elevada riqueza de espécies (~100) (ALVES; LEAL 2010; ARCADIS, 2020a e 2020b). A bacia já se encontrava vulnerável, uma vez que suas cabeceiras possuem múltiplos complexos minerários e seu trecho médio corta a região metropolitana de Belo Horizonte. Com a construção da UHE Retiro Baixo, em seu baixo curso, essa vulnerabilidade se tornou ainda maior, uma vez que isolou o restante da bacia. Ainda assim, as espécies supracitadas eram registradas com frequência na bacia. Porém, o rompimento em 2019 da barragem de rejeitos de minério de ferro, B1, em Brumadinho, lançou uma série de dúvidas sobre a manutenção dessa área como prioritária para conservação (SALVADOR et al. 2020). A opção pela manutenção desse trecho baixo, a jusante da UHE Retiro Baixo, justifica-se pelo fato deste trecho ter sido pouco afetado pelo desastre de 2019 e demandar restauração, e por manter estoques de espécies de piracema, como as curimatãs (*Prochilodus spp.*), dourados (*S. franciscanus*) e pintados (*P. corruscans*).

Rio Aiuruoca e Alto rio Grande

Encaminhamento:

- Manutenção e incremento da conectividade - rios livres

Justificativa:

Trecho lótico dos rios Aiuruoca e alto rio Grande até o reservatório da UHE Camargos. Presença de espécies migradoras como o dourado (*Salminus brasiliensis*) a tabarana (*Salminus hilarii*), a curimatá (*Prochilodus lineatus*), piau verdadeiro (*Megaleporinus obtusidens*), piau três pintas (*Leporinus frederici*) e pirapitinga (*Brycon nattereri*), espécie também ameaçada de extinção em nível estadual e nacional (POMPEU et al., 2009; CASARIM; BUENO; POMPEU, 2012). A Pirapitinga ocorre em rios pequenos com águas frias e fluxos intensos, leitos pedregosos, cachoeiras e matas ripárias conservadas (POMPEU et al. 2009; CASARIM; BUENO; POMPEU, 2012). Devido a tais características de distribuição o *Brycon nattereri* é naturalmente pouco abundante e altamente sensível às alterações da integridade do rio e suas matas ciliares. Este trecho de rio livre é relevante no que diz respeito à biologia reprodutiva das espécies migradoras e à manutenção das populações de espécies ameaçadas, uma vez que elas possuem distribuição geográfica restrita e sensível a qualquer barramento que venha fragmentar suas áreas de ocupação.

O rio Aiuruoca com 133 lagoas marginais identificadas e o rio Grande, a montante de Camargos, com 91, são áreas extremamente importantes para conservação, uma vez que atuam como locais de desova e de desenvolvimento de larvas de espécies migradoras (SUZUKI; ZAMBALDI; POMPEU, 2013). A presença desse afluente sem barramentos em seu curso, é, ainda, estratégica para a bacia do rio Grande, uma vez que pode atuar como uma via alternativa de reprodução a montante de Camargos (SUZUKI; ZAMBALDI; POMPEU, 2013).

Rio Sapucaí

Encaminhamento:

- Restauração

Justificativa:

Trecho lótico à montante do reservatório da UHE Furnas. Presença de espécies migradoras como o dourado (*Salminus brasiliensis*) a tabarana (*Salminus hilarii*), a curimatá (*Prochilodus lineatus*), piau verdadeiro (*Megaleporinus obtusidens*), piau três pintas (*Leporinus frederici*) e registros recentes de jaú (*Zungaro jau*) (NICATEC, 2019). Este trecho de rio livre é relevante à biologia reprodutiva das espécies e apresenta lagoas marginais críticas para seu recrutamento (NICATEC, 2019).

Rio Piranga

Encaminhamento:

- Restauração

- Manutenção e incremento da conectividade - rios livres

Justificativa:

Trecho lótico entre as confluências dos rios Xopotó e Carmo. Presença de espécies migradoras como a curimba (*Prochilodus vimboides*), piau branco (*Megaleporinus conirostris*), piau vermelho (*Leporinus copelandii*) e as espécies ameaçadas (*Prochilodus vimboides*, *Steindachneridion doceanum*, *Brycon opalinus*) (VIEIRA, 2010; MACHADO et al, 2008). Trecho de rio livre relevante no que diz respeito à biologia reprodutiva das

espécies e à manutenção das populações das espécies ameaçadas.

Baixo rio Manhuaçu

Encaminhamento:

- Restauração

Justificativa:

Trecho lótico entre as confluências da PCH Cachoeirão e a confluência com o rio Doce. Presença de espécies migradoras como a curimba (*Prochilodus vimboides*), piau branco (*Megaleporinus conirostris*), piau vermelho (*Leporinus copelandii*) e as espécies ameaçadas (*Prochilodus vimboides*, *Steindachneridion doceanum*) (MARQUES et al., 2013). Trecho lótico relevante no que diz respeito à biologia reprodutiva das espécies e à manutenção das populações das espécies ameaçadas. O trecho baixo do rio José Pedro, importante afluente do rio Manhuaçu, abrange todas as características descritas acima, à exceção da presença do surubim do doce (*Steindachneridion doceanum*).

Rio Mucuri

Encaminhamento:

- Restauração

Justificativa:

Trecho lótico entre as PCH Santa Clara, no limite do estado, e Mucuri. Presença de espécies migradoras como a piabanha (*Brycon ferox*), espécies de piaus (*Leporinus spp.*) e as ameaçadas vermelha (*Brycon vermelha*) e curimbatá (*Prochilodus vimboides*) (POMPEU; MARTINEZ, 2006). Este trecho é relevante no que diz respeito à biologia reprodutiva das espécies migradoras e à manutenção de populações de espécies ameaçadas.

Alto rio Jequitinhonha

Encaminhamento:

- Criação de área protegidas
- Pesquisa, monitoramento e conservação de espécies ameaçadas

Justificativa:

Trecho lótico dos rios Itacambiruçu e Jequitinhonha à montante do reservatório da UHE Irapé; rio Araçuaí completo, da cabeceira até a confluência com o Jequitinhonha. Presença de espécies migradoras como a curimbatá (*Prochilodus hartti*), piaus (*Megaleporinus garmani*, *Leporinus elongatus*, *Leporinus steindachneri*) e a piabanha (*Brycon howesi*). Presença de espécies ameaçadas como o bagre (*Rhamdia jequitinhonha*), a piabanha (*Brycon howesi*) e o surubim do jequitinhonha (*Steindachneridion amblyurum*) (ANDRADE NETO, 2010; PUGEDO et al., 2016; ANDRADE, 2018). Este trecho de rio livre é fundamental no que diz respeito à biologia reprodutiva das espécies migradoras e à manutenção das populações das espécies ameaçadas (SILVA et al., 2020).

Alto Rio Pardo

Encaminhamento:

- Pesquisa, monitoramento e conservação de espécies ameaçadas

Justificativa:

Trecho lótico à montante da UHE Machado Mineiro. Presença de espécies migradoras curimatá (*Prochilodus hartti*), pias (*Megaleporinus garmani*, *Leporinus elongatus*, *Leporinus steindachneri*) e a piabanha ameaçada (*Brycon vonoi*) (MEIRELES, 2014). Este trecho de rio livre é relevante no que diz respeito à biologia reprodutiva das espécies migradoras e à manutenção das populações das espécies ameaçadas.

Alto Rio Santo Antônio

Encaminhamento:

- Criação de áreas protegidas
- Área prioritária para pesquisa, monitoramento e conservação de espécies ameaçadas

Justificativa:

Trecho lótico à montante da UHE Salto Grande, exceto a sub-bacia do rio do Tanque. Presença de espécies migradoras curimatá (*Prochilodus vimboides*), piau branco (*Megaleporinus conirostris*), piau vermelho (*Leporinus copelandii*), pirapitinga (*Brycon opalinus*), andirá (*Hemichilus wheatlandii*). Presença de espécies ameaçadas como a pirapitinga (*Brycon opalinus*), andirá (*Hemichilus wheatlandii*), curimatá (*Prochilodus vimboides*), surubim do doce (*Stendachneridion doceanum*), timburé (*Hypomasticus thayeri*), e o cascudinho (*Pareiorhaphis vetula*). Este trecho de rio livre é relevante no que diz respeito à biologia reprodutiva das espécies migradoras e à manutenção das populações das espécies ameaçadas (VIEIRA, 2006).

Médio rio Doce

Encaminhamento:

- Restauração

Justificativa:

Trecho lótico do rio Doce, entre a UHE Risoleta Neves e a confluência com o Suaçuí Grande; incluindo o trecho baixo dos rios Santo Antônio, Corrente Grande, Suaçuí Grande e ribeirão do Bugre, com as suas respectivas planícies de inundação. Presença de espécies migradoras como a curimba (*Prochilodus vimboides*), piau branco (*Megaleporinus conirostris*), piau vermelho (*Leporinus copelandii*) e a piabanha (*Brycon dulcis*). Presença de espécies ameaçadas (*Brycon dulcis*, *Prochilodus vimboides*). Este trecho de rio livre é relevante no que diz respeito à biologia reprodutiva das espécies migradoras e na manutenção das populações das espécies ameaçadas (VIEIRA, 2010).

Outros rios com menos informações disponíveis

Tributários do Baixo Rio Grande: Áreas de lacunas de conhecimento > prioridades de pesquisa

Rio Urucuia: Áreas de lacunas de conhecimento > prioridades de pesquisa

Rio Verde Grande: Áreas de lacunas de conhecimento > prioridades de pesquisa

Rio Pampa: Áreas de lacunas de conhecimento > prioridades de pesquisa

Bacia do Rio Suaçuí: Áreas de lacunas de conhecimento > prioridades de pesquisa

Fonte: Elaboração dos autores (2020)

8.5.3 Ampla Consulta online de Consolidação

Com o objetivo de ampliação da participação da sociedade no processo, o mapa resultante da consolidação acima foi apresentado em uma ampla consulta *online*, aberta a todos os interessados. Os participantes puderam indicar a inclusão ou exclusão de Unidades de Planejamento, justificar suas recomendações e apresentar dados espacializados que as corroborassem – foram obtidas 57 respostas. As contribuições foram detalhadamente avaliadas pelo IEF e Consórcio quanto à validade de suas justificativas e qualidade dos dados de suporte.

Os seguintes critérios foram empregados para aceite de recomendações de inclusão de áreas nessa etapa: a) áreas com novos registros confirmados de espécies raras, de distribuição restrita ou ameaçadas de extinção e com habitat (inferido pela cobertura natural) para sua persistência; ou b) áreas que comprovadamente abrigassem ecossistemas raros ou singulares no contexto regional ou estadual. Não houve recomendações que satisfizessem ao critério “b”, de modo que apenas novas áreas de ocorrência confirmada de espécies de interesse da conservação foram incluídas.

Todas as recomendações de exclusão de áreas corroboradas por dados espacialmente explícito foram usadas no ajuste do custo das UP e nas árvores de decisões empregadas no aprimoramento das Áreas Prioritárias, como detalhado abaixo.

8.5.4 Aprimoramento das Áreas Prioritárias

As análises anteriores, bem como a avaliação da configuração da paisagem nas áreas selecionadas revelaram dois pontos centrais para o aperfeiçoamento das Áreas Prioritárias em busca de um produto ótimo:

- a. Eficiência: detectou-se a ocorrência de volume relativamente alto de áreas antropizadas que contribuem matematicamente para o cumprimento das metas, mas cujo valor real como habitat não justifica sua priorização no contexto estadual. Essas áreas distorcem a solução, pois incham as áreas prioritárias e competem com outras, de maior qualidade, pela alocação de recursos levando a sua dispersão em áreas inferiores. Adicionalmente, elas aumentam os custos da solução, pois representam maior grau de sombreamento com usos consolidados da terra e corpos d'água, quando a matriz de não habitat não oferece conectividade real.
- b. Efetividade: detectou-se a ocorrência de algumas regiões de altíssima qualidade (quantidade e conectividade de habitat) com alto potencial para funcionamento como refúgio ou fonte para Áreas Prioritárias vizinhas que não haviam sido incluídas.

Assim, para o aperfeiçoamento do mapa, os parâmetros analíticos foram recalibrados e os critérios de pós-seleção redesenhados. Os novos parâmetros para a priorização final foram definidos visando um conjunto de objetivos:

- a. Garantir o cumprimento das metas;

- b. Manter a estabilidade do resultado e aproveitar o acúmulo de contribuições dos diferentes atores sociais que participaram do processo, desde que sem perda na qualidade da solução;
- c. Evitar áreas de alto conflito com outros setores (incluindo as indicadas na consulta online de consolidação);
- d. Minimizar a seleção de áreas antropizadas;
- e. Ampliar a representação das áreas mais íntegras na solução;
- f. Contemplar plenamente as áreas de altíssima importância ecológica (incluindo as indicadas na consulta online de consolidação);
- g. Dar continuidade a políticas de conservação em andamento;
- h. Suavizar as mudanças no ordenamento do território introduzidas pelo novo mapa, desde que sem perda na qualidade da solução.

Para aumentar a eficiência da solução, evitando-se a seleção de UP que contribuam para a conectividade, mas pouco para o cumprimento das metas e persistência dos alvos, empregou-se a sequência de processamentos listados abaixo e detalhados em seguida:

- a. Rodada final do Marxan - Etapa 1: análise de insubstituibilidade, considerando apenas o cumprimento das metas e minimização do custo e não o peso de borda (QUADRO 6);
- b. Aplicação de árvore de decisão para seleção das UP mais insubstituíveis a partir do resultado da Etapa 1;
- c. Rodada final do Marxan - Etapa 2: análise de seleção de áreas com parâmetros ajustados a partir dos resultados dos passos anteriores, sobretudo quanto à insubstituibilidade das UP;
- d. Aplicação de árvore de decisão para seleção das UP de altíssima relevância dentre as UP selecionadas na Etapa 2;
- e. Rodada final do Marxan - Etapa 3: análise de seleção de áreas para agregação do resultado, checagem do cumprimento de metas e repescagem de alvos cujas metas não foram cumpridas;
- f. Aplicação de árvore de decisão para ajuste final das Áreas Prioritárias.

Quadro 6 – Parâmetros da Priorização Final Etapa 1

Rodada Final Etapa 1
<p>Unidades de Planejamento (UP)</p> <ul style="list-style-type: none"> - hexágonos de aproximadamente 2300 hectares - UCPI com limites preservados - RPPN > 500 ha com limites preservados - manchas urbanas excluídas, combinando-se a base do IBGE e Embrapa - reservatórios artificiais reincorporados à base de UP
<p>Status:</p> <p><u>Áreas pré-selecionadas (reservadas, necessariamente integram a solução):</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - unidades de conservação de proteção integral federais e estaduais - RPPN >500 hectares - sítios Baze

- UP com registro de cavernas prioritárias para proteção do patrimônio espeleológico (ICMBio, 2018b)

- UP com registros de peixes de distribuição restrita (espécies anuais)

Set inicial (*earmarked*– áreas necessária e primeiramente consideradas pelo software):

- UP em APA

- UP em APE

- UP com RPPN < 500hectares

- **Rios de Preservação Permanente**

Custo:

- redistribuição dos valores, de modo que UP com custo zero ou negativo foram substituídas por 1.000 e valores acima de zero foram somados a 1.000. UP identificadas ao longo do processo de consulta como de alto conflito com outros setores tiveram seu custo aumentado em 10.000.

Alvos e Metas:

- conforme modelos validados ou ajustados

- redução das metas de veredas em 50%

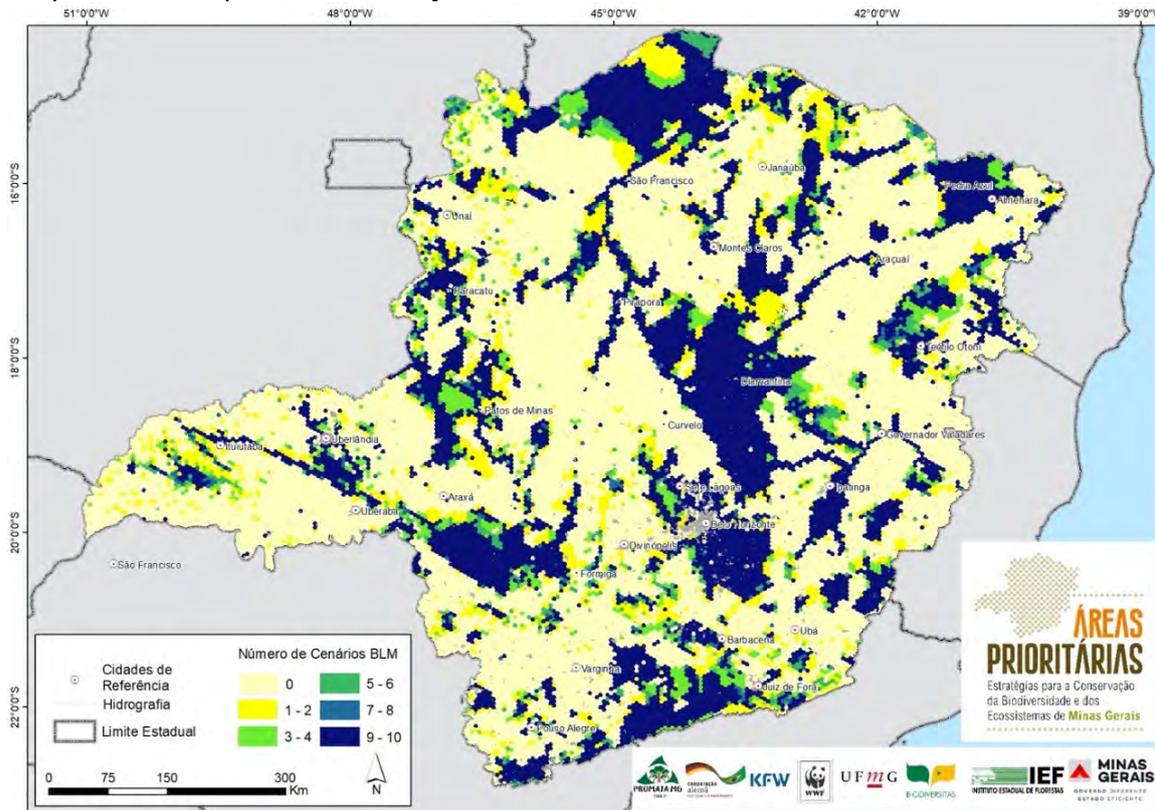
Borda:

- não incluída na análise de insubstituibilidade

Fonte: Elaboração dos autores (2020)

Para evitar uma superestimativa do valor de conservação de UP em função apenas do seu potencial para conectividade, foi desenvolvido um novo teste de sensibilidade para variações no valor do BLM. Foram rodados 10 cenários com o mesmo conjunto de dados variando-se apenas o BLM. Cada UP foi qualificada quanto ao número de cenários nos quais ela foi selecionada, de modo que UP selecionadas em todos os cenários são as mais importantes para cumprimento das metas; UP selecionadas apenas em cenários com valores mais altos de BLM são agregadas para aumentar a conectividade da solução, mesmo que sua contribuição para o cumprimento das metas seja mais baixo; UP selecionadas apenas em cenários com valores mais baixos de BLM são opções mais eficientes (solução mais enxuta), porém geram soluções muito fragmentadas, que devem ser evitadas porque comprometem a funcionalidade biológica das áreas e dificultam sua implementação e gestão (MAPA 23). O resultado do teste de sensibilidade foi utilizado posteriormente, durante a fase de pós-seleção, ver Seção 8.6, como um critério para manutenção ou exclusão de UP selecionadas nas rodadas de seleção.

Mapa 23 – Frequência de seleção das UP nos diferentes cenários de valores de BLM



Fonte: Elaboração dos autores (2020)

Nota: Cores mais quentes representam UP selecionadas em um menor número de cenários. Em azul escuro, as UP consistentemente selecionadas, independente do valor de BLM atribuído.

Na Etapa 2, foi avaliada a solução somada (SSOLN) da Etapa 1, que indica quantas vezes cada UP foi selecionada nas 10.000 rodadas. UP selecionadas mais de 8.000 vezes foram incorporadas às áreas pré-selecionadas na Etapa 2, em função de sua alta insubstituibilidade (QUADRO 7).

Uma nova análise de seleção foi rodada com os seguintes parâmetros, que refletem os objetivos discutidos acima:

Quadro 7 - Parâmetros Rodada Final Etapa 2

Rodada Final Etapa 2

Unidades de Planejamento (UP)

- mantidos os parâmetros da etapa 1

Status:

Áreas pré-selecionadas (áreas reservadas que necessariamente integram a solução):

- unidades de conservação de proteção integral federais e estaduais
- RPPN > 500 hectares
- sítios Baze
- UP com registro de cavernas prioritárias para proteção do patrimônio espeleológico (ICMBio, 2018b)
- UP com registros de peixes de distribuição restrita (espécies anuais)
- UP insubstituíveis (SSOLN > 8000)
- trechos de rios com registro de peixes de calha

- UP de baixo conflito selecionadas na Rodada Pré-oficina
- Áreas indicadas na consulta

Set inicial (*earmarked*– áreas obrigatória e primeiramente avaliadas pelo software):

- UP em APA
- UP em APE
- UP com RPPN < 500 hectares
- Rios de Preservação Permanente
- UP em Áreas Prioritárias versão 2005
- UP contendo área com proposta de criação de Unidade de Conservação
- UP contendo Geossistemas Ferruginosos

Custo:

- mantidos os parâmetros da etapa 1

Alvos e Metas:

- mantidos os parâmetros da etapa 1

Borda:

- cobertura de vegetação natural (quantidade de habitat)
- conectividade funcional
- índice de conectividade hídrica

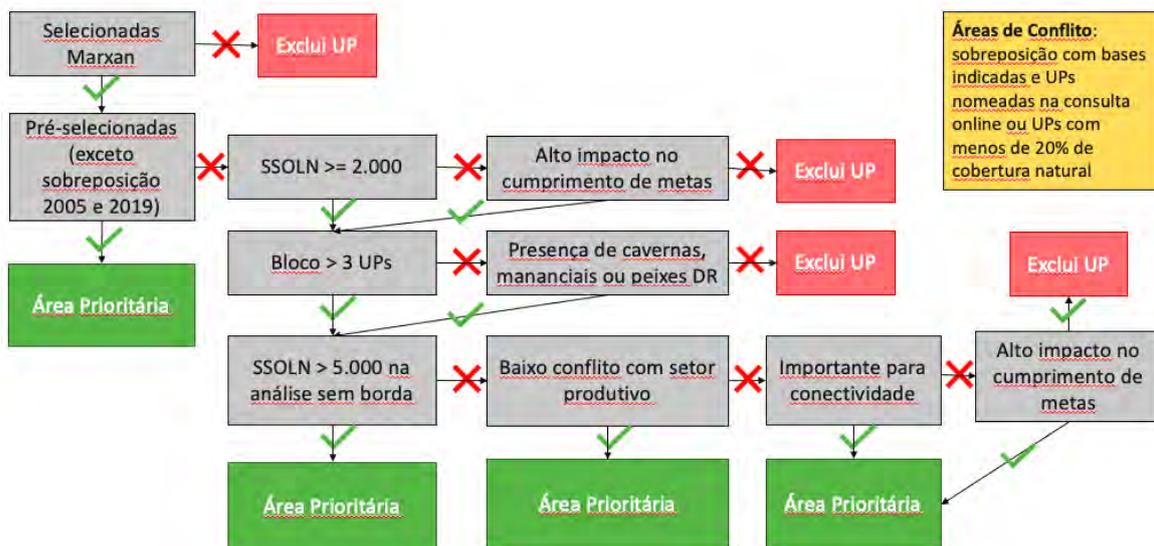
Fonte: Elaboração dos autores (2020)

A partir do resultado desta rodada, cada uma das UP selecionadas foram avaliadas quanto à sua contribuição para o cumprimento das metas e efetiva persistência dos alvos (funcionalidade). Para tanto, buscou-se:

- a. Reduzir o número de pequenas áreas prioritárias isoladas (três ou menos UP);
- b. Reduzir áreas que complementam matematicamente o cumprimento da meta com uma proporção muito baixa de sua área, mas cuja estrutura de paisagem não contribui verdadeiramente para a persistência das espécies-alvo por falta de habitat, reduzindo a eficiência e aumentando o custo da solução.
- c. Resguardar áreas de alta relevância ecológica para a manutenção dos alvos, considerando-se: insubstituibilidade e alvos de valor excepcional, como mananciais estratégicos, cavernas prioritárias em grau máximo (ICMBIO, 2018B), sítios Baze e peixes de distribuição restrita (espécies anuais); conectividade; e cumprimento das metas.

Para evitar que UP relevantes fossem perdidas neste processo, o mesmo conjunto de dados foi submetido a outra rodada de priorização, fixando como pré-selecionadas as UP resultantes da aplicação da árvore de decisão da Figura 9. Essa nova rodada tende a buscar cumprir as metas em UP mais agregadas àquelas já selecionadas e busca novas UP apenas para cumprir as metas dos alvos que não foram totalmente atendidos no resultado da árvore de decisão (reescapagem de alvos). O Quadro 8 apresenta os parâmetros utilizados.

Figura 9 – Árvore de decisão elaborada para avaliar a manutenção ou não das UP selecionadas entre as áreas prioritárias



Fonte: Elaboração dos autores (2020)

Quadro 8 - Parâmetros Rodada Final Etapa 3

Rodada Final Etapa 3
<p>Unidades de Planejamento (UP)</p> <ul style="list-style-type: none"> - mantidos os parâmetros das etapas 1 e 2
<p>Status:</p> <p><u>Áreas pré-selecionadas (reservadas):</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - unidades de conservação de proteção integral federais e estaduais - RPPN >500 hectares - sítios Baze - UP com registro de cavernas prioritárias para proteção do patrimônio espeleológico (ICMBio, 2018b) - UP com registros de peixes de distribuição restrita (espécies anuais) - UP insubstituíveis (SSOLN >8000) <p><u>Set inicial (earmarked):</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - mantidos os parâmetros da etapa 2
<p>Custo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - mantidos os parâmetros das etapas 1 e 2
<p>Alvos e Metas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - mantidos os parâmetros das etapas 1 e 2
<p>Borda:</p> <ul style="list-style-type: none"> - mantidos os parâmetros da etapa 2

Fonte: Elaboração dos autores (2020)

O resultado da Rodada Final 3 adicionou poucas UP à solução anterior, que foram avaliadas individualmente para decisão sobre sua permanência, considerando-se os requisitos de persistência de cada um de seus alvos e a configuração da paisagem (disponibilidade, qualidade e conectividade de habitat).

Adicionalmente, UP de altíssima integridade, >90% de cobertura natural, que não foram selecionadas por essa rodada, foram individualmente avaliadas e selecionadas conforme sua relevância para: a) a persistência de alvos em Áreas Prioritárias vizinhas, funcionando como refúgios ou fontes de biodiversidade para elas; b) conexão de Áreas Prioritárias por corredores de habitat altamente íntegros; e c) persistência de habitats altamente conservados e seu papel como opção futura para a conservação da biodiversidade, num contexto de contínua perda líquida de habitat.

As Áreas Prioritárias selecionadas foram, ainda, criteriosamente agrupadas ou ligadas em áreas contínuas para a otimização de sua conectividade em função da vizinhança entre elas, selecionando-se sempre o conjunto de UP mais enxuto, melhor conservado e de menor custo possível.

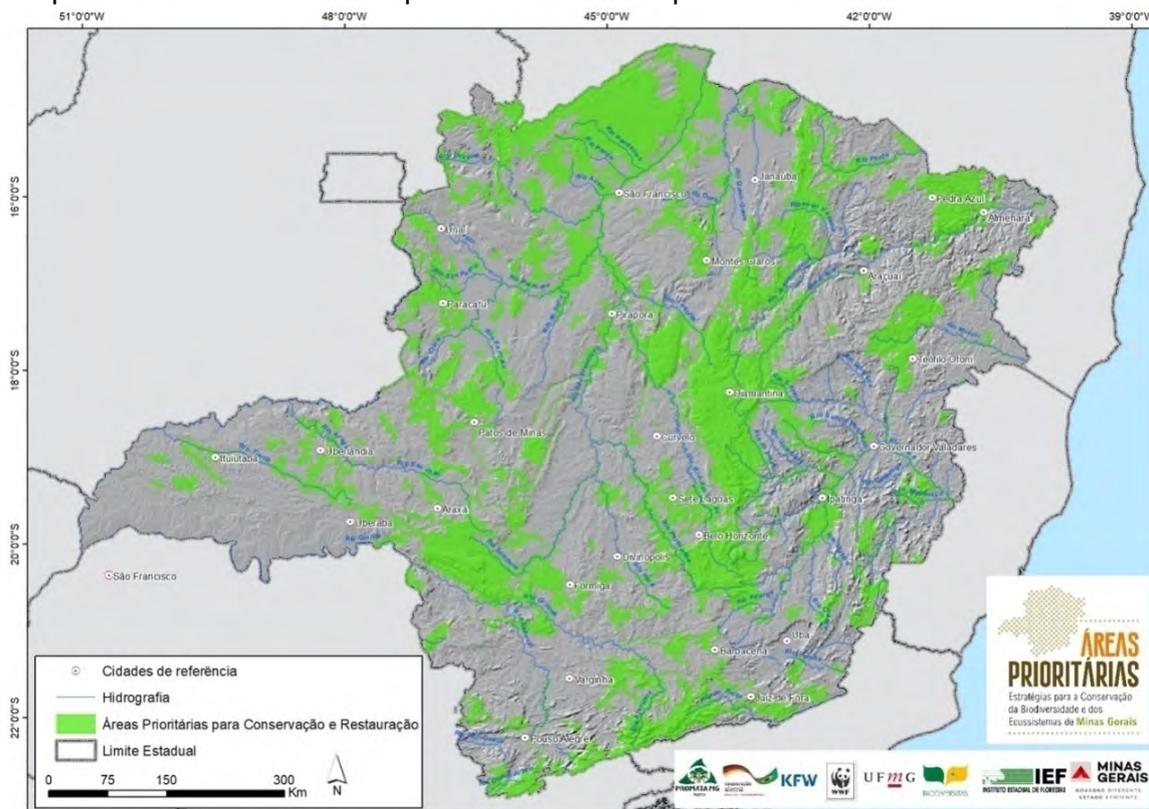
A largura das Áreas Prioritárias aquáticas de calha foi reduzida ao corpo d'água prioritário e faixa de 200 m em cada margem ou APP ripária prevista em lei, a que for mais larga, com base na literatura (DALA-CORTE et al., 2020).

O resultado final, portanto, otimizou a seleção, incrementou a seleção de UP de valor mais alto para a persistência da biodiversidade ao mesmo tempo em que reduziu ao máximo possível os conflitos com as atividades econômicas e enxugou ao máximo a extensão antropizada de Áreas Prioritárias.

8.6 Áreas Prioritárias Aprimoradas

As Áreas Prioritárias aprimoradas, Mapa 24, englobam 7.142 UP. Sua área total, incluindo UC de Proteção Integral, é de 16.756.372 hectares, sendo 16.207.673 hectares terrestres, dos quais 9.627.444 são cobertos por vegetação natural. A extensão das Áreas Prioritárias aquáticas é de 548.699 hectares. A proporção do território selecionada como prioritária para conservação é de cerca de 29%, sendo 2% em unidades de conservação de proteção integral e 27% de áreas complementares. Analisando-se as UP selecionadas (ou seja, não se incluindo as áreas ao longo dos rios), as áreas prioritárias ocupam pouco menos de 28% do território disponível para seleção (que exclui as manchas urbanas) e contemplam 43% das áreas naturais do estado.

Mapa 24 – Áreas Prioritárias Aprimoradas - versão pós consulta online



Fonte: Elaboração dos autores (2020)

Analisando-se a cobertura do solo e a distribuição de áreas protegidas previstas pela legislação florestal vigente, nota-se que as Áreas Prioritárias concentram uma proporção maior de Reservas Legais, APP e APP naturais que o resto do estado (TABELA 3). Os dados do CAR-IEF quanto às extensões de Reservas Legais nas Áreas Prioritárias, contudo, correspondem apenas às áreas já declaradas por proprietários rurais. O cadastro ainda não foi concluído e tais áreas não foram avaliadas ou validadas pelo órgão ambiental, de modo que suas extensões e arranjo espacial estão sujeitas a alterações. Ainda assim, elas ilustram a ordem de grandeza aproximada das áreas já comprometidas com a conservação em terras privadas, em cumprimento à legislação de florestas e biodiversidade

Tabela 3 – Perfil das Áreas Prioritárias em relação a área, cobertura (natural / antrópica) e cumprimento do código florestal

Áreas Prioritárias - perfil geral	
Número de UP	7142 (26,86%)
Área total	16.207.602 ha (27,91%)
Área natural (MapBiomias col 4 - 2018)	9.627.444 ha (43,07%)
Área antrópica (MapBiomias col 4 - 2018)	6.618.150 ha (18,76%)
Área coberta por água (MapBiomias col 4 - 2018)	83.753 ha (15,68%)
Extensão de Reservas Legais (CAR - IEF)	2.279.574 ha (31,26%)
Extensão de APP (FBDS - Apoio CAR)	1.614.900 ha (29,81%)
Extensão de APP naturais (FBDS - Apoio CAR)	950.822 ha (38,90%)

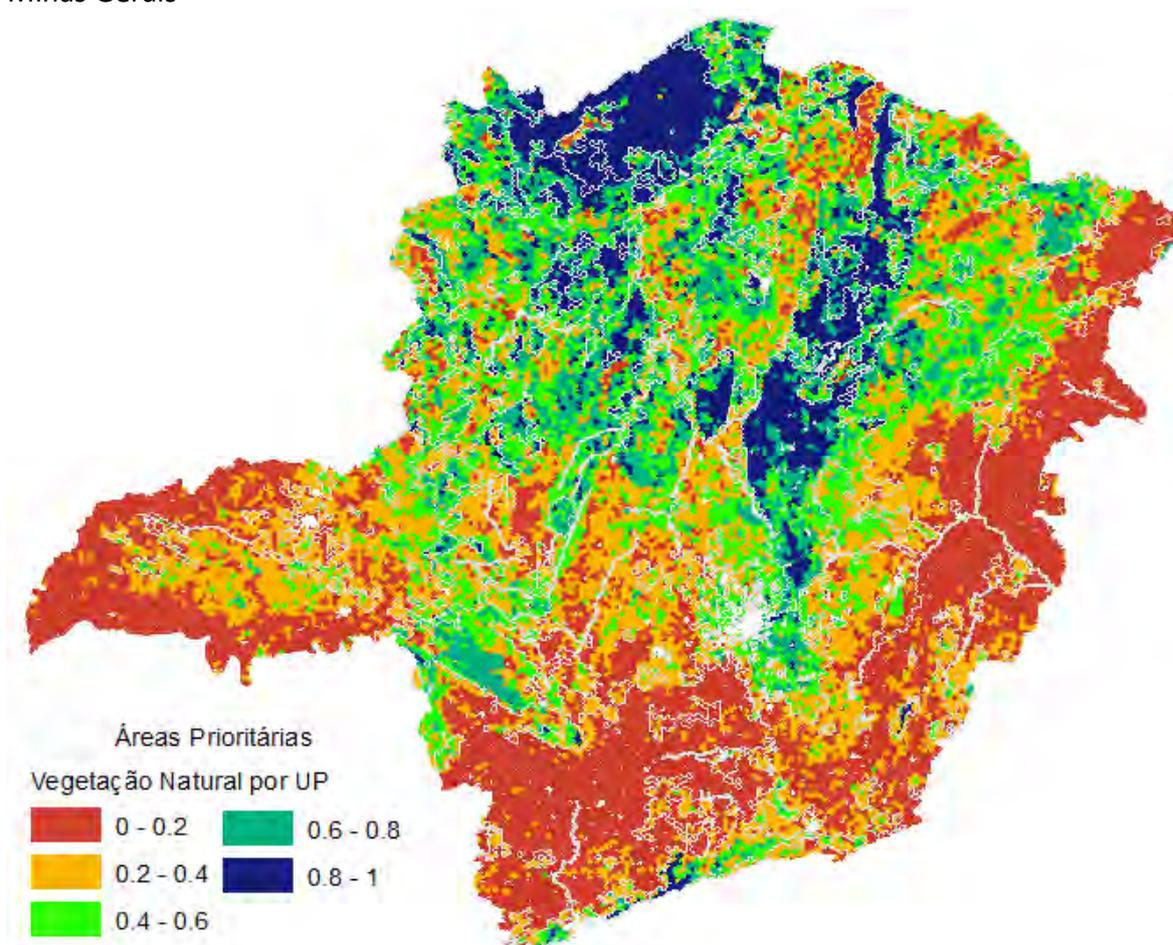
Extensão de APP degradadas (FBDS - Apoio CAR)	664.078 ha (22,34%)
---	---------------------

Fonte: Elaboração dos autores (2020)

Nota: Os valores entre parênteses representam a proporção em relação ao total do estado.

Mais significativamente, houve aumento expressivo na proporção de vegetação natural, que era de 48,1% na versão pré-oficina, 49,8% na versão pós-oficina e alcançou 59,4% na versão aprimorada. As UP selecionadas variam em proporção de cobertura natural, mas é possível observar que UP com maior cobertura de vegetação natural são proporcionalmente mais frequentes dentre as UP selecionadas, se comparadas ao total de UP do estado, indicando que a análise favoreceu a seleção de UP mais íntegras, em função de sua maior relevância ecológica e maior potencial de contribuir para o cumprimento das metas de conservação e persistência dos alvos. Observa-se, contudo, que uma quantidade não desprezível de UP com baixa cobertura foi selecionada para cumprimento das metas, o que evidencia a necessidade de restauração de pelo menos parte dessas áreas, para que cumpram seu papel ecológico na sobrevivência dos alvos da melhor forma possível (MAPA 25 e GRÁFICO 5).

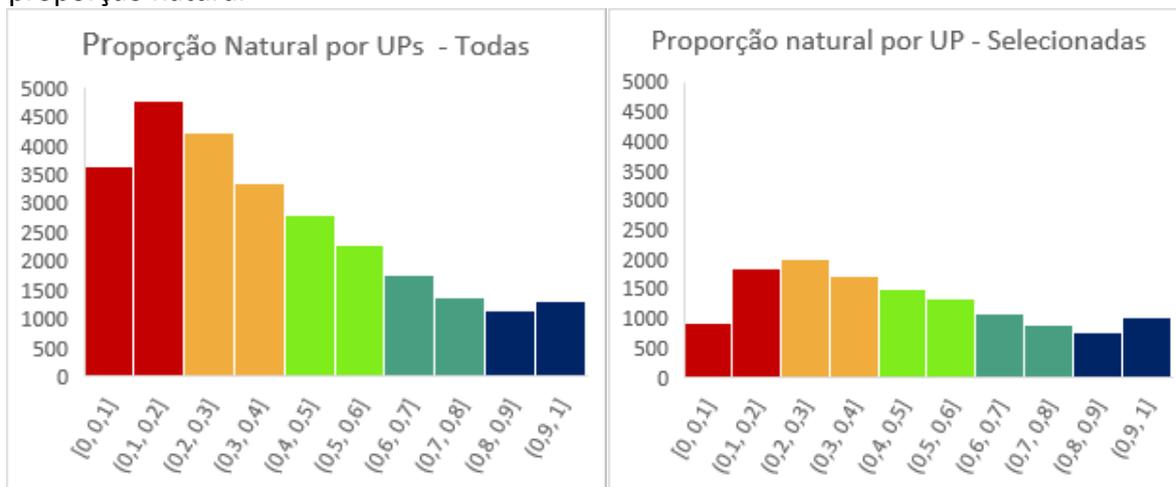
Mapa 25 – Proporção de vegetação natural por unidade de planejamento no estado de Minas Gerais



Fonte: Elaboração dos autores (2020)

Nota: Cores mais quentes representam regiões mais desmatadas.

Gráfico 5 – Distribuição de frequência de unidade de planejamento por classe de proporção natural

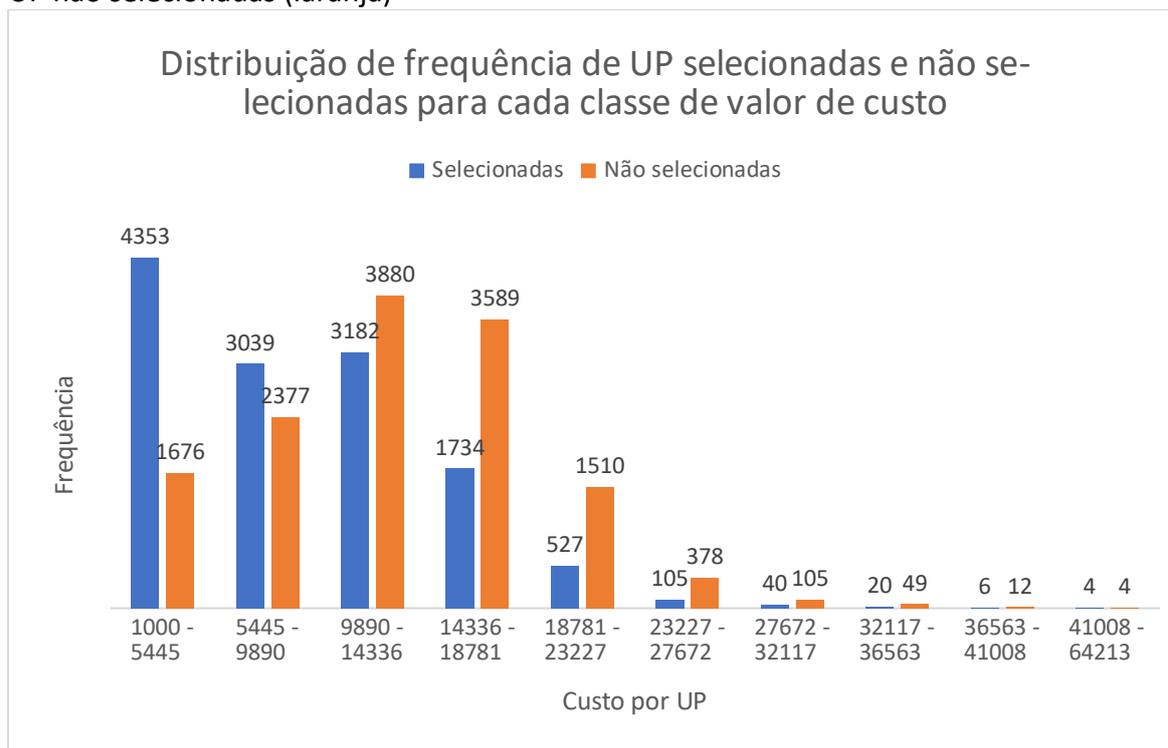


Fonte: Elaboração dos autores (2020)

Nota: À esquerda, o conjunto de todas as UP em Minas Gerais e à direita apenas as UP selecionadas nas Áreas Prioritárias.

Da mesma forma, quando se avalia a distribuição dos valores de custo entre UP selecionadas e não-selecionadas, é possível observar que as áreas prioritárias são compostas por uma proporção maior de UP de baixo custo e uma proporção menor de UP de alto custo (GRÁFICO 6). Este padrão descreve a concessão entre o princípio da eficiência, que leva à seleção do menor conjunto de UP com o menor custo possível, desde que as metas sejam cumpridas, com o princípio da insubstituibilidade, que leva à seleção eventual de UP de alto custo para cumprimento de metas de espécies microendêmicas, ecossistemas especiais ou serviços ecossistêmicos muito localizados.

Gráfico 6 – Distribuição de frequência de valores de custo entre UP selecionadas (azul) e UP não selecionadas (laranja)



Fonte: Elaboração dos autores (2020)

Apesar dos ganhos expressivos em eficiência, integridade de habitat e redução de custos na versão final das Áreas Prioritárias, é inevitável que algumas áreas antropizadas permaneçam em seu interior. A integridade dos contornos das UP priorizadas, contudo, é necessária à validade científica e cartográfica do PSCRMG, à gestão adequada das Áreas Prioritárias e à persistência dos alvos de conservação ao longo do tempo. Não é viável manipular a escala dos mapas para refinar sua resolução ou remover suas áreas antropizadas para a redução ainda maior de seus custos de gestão, pois:

- a. A dimensão das UP (~2.300 ha) dá às Áreas Prioritárias uma resolução análoga à de um mapeamento em escala de 1:1.000.000. Isso é determinado pela resolução espacial dos dados de biodiversidade disponíveis, um produto tanto das características reais das espécies quanto do estado da arte do conhecimento sobre sua distribuição e ocorrência. É tecnicamente inviável refinar essa resolução, pela adoção de recortes de mapeamentos de cobertura do solo, por exemplo, pois isso resultaria na perda da verossimilhança dos mapas (sua capacidade de representar a realidade e sua acurácia) e na sua consequente invalidação como instrumento de planejamento público. Não há um inventário de presença e ausência de espécies no estado que permita a adoção de escalas comparáveis às tipicamente empregadas nas classificações de usos do solo e sua obtenção não é presentemente possível.
- b. Áreas antropizadas são usadas pela biodiversidade. Dado o grau de supressão, fragmentação e degradação dos ambientes naturais em Minas Gerais, as

- populações da grande maioria das espécies não podem mais sobreviver isoladamente nos remanescentes naturais. Os organismos precisam transitar entre os remanescentes para manter metapopulações viáveis, o que exige atravessar e até mesmo obter recursos na matriz de não-habitat, que necessariamente faz parte de suas áreas de vida.
- c. Parte das áreas críticas para recarga hídrica subterrânea e proteção de mananciais de abastecimento público também já se encontra ocupada por atividades econômicas. Tais áreas mantêm sua relevância, contudo, pois, dada sua localização, seu uso e gestão influenciam significativamente a provisão de recursos hídricos no estado.
 - d. A forma de uso das áreas antropizadas influencia significativamente os remanescentes de ambientes naturais avizinados, como fragmentos de vegetação e corpos d'água, já que impactos ambientais se propagam delas ao interior dos remanescentes, podendo definir se sua biodiversidade, recursos hídricos e demais bens ambientais persistem ou não ao longo do tempo.
 - e. A manutenção e o incremento das funções ecológicas das UP, incluindo suas áreas antropizadas e naturais (conforme alíneas “b”, “c” e “d”, acima), depende, portanto, da boa gestão das atividades produtivas em seu interior, o que impõe ao poder público reconhecer sua prioridade, inclusive, para fins de incentivo econômico à sustentabilidade, como Pagamento por Serviços Ambientais, fomento florestal e extensão rural de cunho ambiental.
 - f. A conservação das espécies e a segurança hídrica no estado exigem, ainda, a restauração de algumas de suas áreas antropizadas e há grande passivo de áreas legalmente obrigadas à restauração em Minas Gerais.
 - g. O uso de fragmentos de vegetação como recorte de Áreas Prioritárias é inadequado por seu dinamismo excessivo no tempo. Áreas em processo de regeneração teriam de ser adicionadas e áreas desmatadas removidas, continuamente, o que comprometeria o uso dos mapas como instrumento de planejamento territorial de médio e longo prazo.

8.7 Hierarquização das Áreas Prioritárias

As Áreas Prioritárias foram caracterizadas quanto a sua vulnerabilidade e relevância ecológica para construção do ranking de prioridade. Para isso, foram calculadas cinco métricas para cada área prioritária: (1) média do custo nas UP que compõem a área prioritária; (2) valor máximo do custo nas UP que compõem a área prioritária; (3) média da insubstituibilidade nas UP que compõem a área prioritária; (4) valor máximo da insubstituibilidade nas UP que compõem a área prioritária; (5) número de espécies-alvo na área prioritária. A partir destes valores foram calculadas as medianas para cada uma das métricas. Valores acima da mediana simultaneamente nas métricas (1) e (2) determinam áreas prioritárias de vulnerabilidade muito alta; às demais áreas prioritárias foi atribuída vulnerabilidade alta. Valores acima da mediana simultaneamente nas métricas (3) e (4) e pelo menos 25 alvos de conservação determinaram áreas prioritárias de relevância muito alta; às demais áreas prioritárias foi atribuída relevância alta. Para as calhas de rios foram utilizados os critérios de insubstituibilidade e de custo,

porém com as medianas recalculadas apenas para estas áreas, dadas as suas particularidades de configuração espacial – calhas de rios de relevância muito alta com frequência estão cercadas de ambientes terrestres pouco relevantes que distorceriam sua classificação, se incorporados ao cálculo. Todas as áreas foram individualmente revisadas e ajustadas para que ecossistemas singulares no contexto regional, sinergias extraordinárias entre impactos ambientais e outras particularidades fossem adequadamente refletidos na hierarquização de relevância e vulnerabilidade. As duas variáveis foram integradas em um ranking de acordo com o Quadro 9.

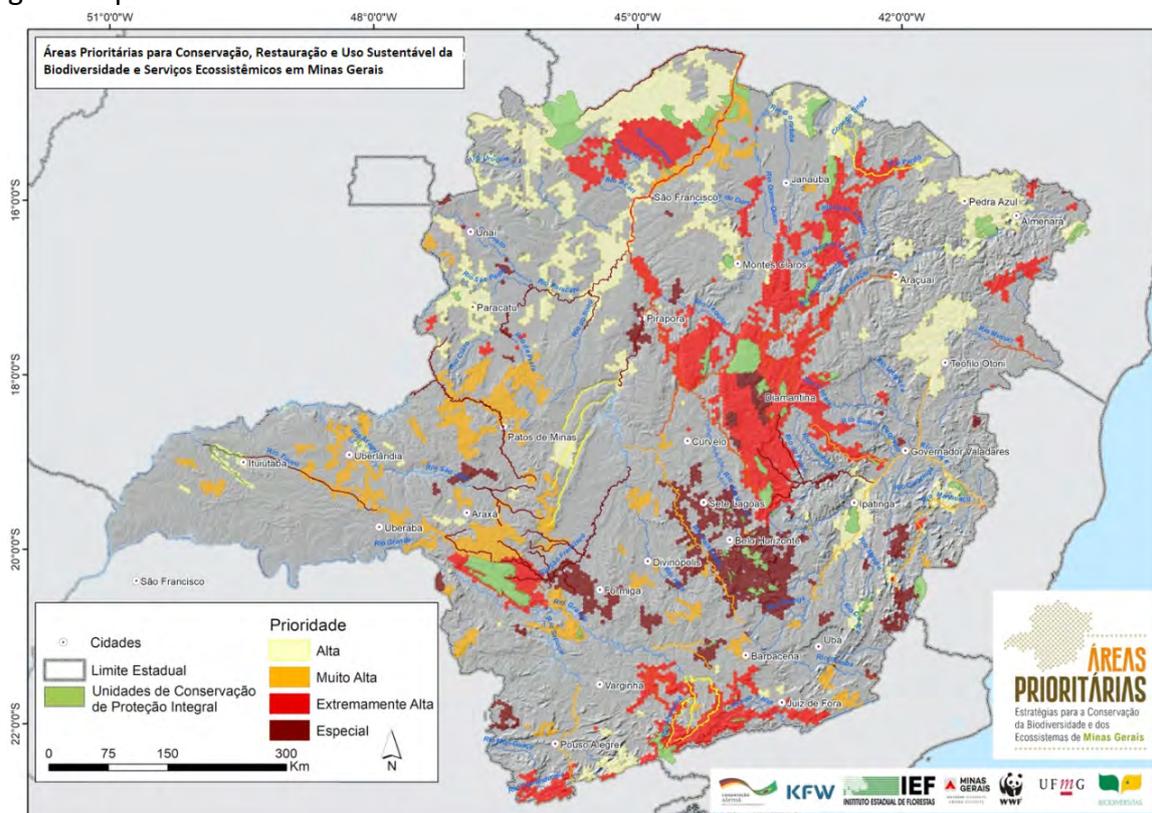
Quadro 9 - Atribuição das classes no ranking de prioridade a partir da relevância e custo de conservação das áreas prioritárias

	Relevância alta	Relevância muito alta
Vulnerabilidade muito alta	prioridade muito alta	área especial
Vulnerabilidade alta	prioridade alta	prioridade extremamente alta

Fonte: Elaboração dos autores (2020)

Foram geradas 230 áreas prioritárias adicionais às unidades de conservação de proteção integral, sendo a classe "alta" a que teve o maior número absoluto de áreas e a classe "extremamente alta" a que teve maior extensão, cobrindo 5,5 Mha (MAPA 26; TABELA 4).

Mapa 26 - Áreas prioritárias para conservação, restauração e uso sustentável da biodiversidade e serviços ecossistêmicos em Minas Gerais, classificadas de acordo com o grau de prioridade



Fonte: Elaboração dos autores (2020)

Tabela 4 – Número de áreas de extensão das áreas prioritárias de acordo com o grau de prioridade

	Número de áreas	Extensão (hectares)
Alta	75	4.914.681
Muito Alta	50	2.686.004
Extremamente Alta	50	5.548.002
Especial	55	2.402.313

Fonte: Elaboração dos autores (2020)

9 Mapas Temáticos de Áreas Prioritárias para Orientação de Políticas Setoriais

A boa gestão das Áreas Prioritárias exige, além de sua identificação e hierarquização, o direcionamento de políticas adequadas a suas características. Similarmente, a efetividade das políticas ambientais e o retorno que geram em qualidade ambiental dependem de sua concentração nas áreas em que são mais necessárias ou impactantes.

Assim, um conjunto de análises aprofundadas das características das Áreas Prioritárias, considerando seus alvos, custos, estrutura de paisagem e qualificadores ao nível de suas Unidades de Planejamento – o que permite desenhar políticas sensíveis à heterogeneidade interna às Áreas Prioritárias em uma resolução espacial bem mais fina – foi empregado na obtenção dos mapas detalhados nas seções abaixo.

O número de UP terrestres e a área selecionadas para cada mapa setorial variou de 21% a 52% das áreas prioritárias, em função de suas características (TABELA 5).

Tabela 5 - Número de UP e área total selecionada em cada mapa setorial construído a partir da seleção de UP

Customização	Num UP	Área total
Biodiversidade Aquática	1071 (15,01%)	3.012.735 ha (18,59%)
Restauração	1894 (26,52%)	4.036.424 ha (24,90%)
Adaptação à Crise Climática	3653 (51,15%)	8.549.263 ha (52,75%)
Conservação da Oferta hídrica	2878 (40,30%)	6.927.313 ha (42,74%)
Conservação de Mananciais	1505 (21,07%)	3.412.050 ha (21,05%)
Ampliação da Rede de Áreas Protegidas	2284 (31,98%)	4.737.228 ha (29,23%)
Total Áreas Prioritárias	7142	16.207.602 ha

Fonte: Elaboração dos autores (2020)

Os dados do CAR-IEF quanto às extensões de Reservas Legais nos diferentes mapas de políticas setoriais, constantes de suas respectivas tabelas de perfil de Áreas Prioritárias, nas seções abaixo, correspondem apenas às áreas já declaradas por proprietários rurais. O cadastro, contudo, ainda não foi concluído e tais áreas não foram avaliadas ou validadas pelo órgão ambiental, de modo que suas extensões e arranjo espacial estão sujeitas a alterações. Ainda assim, elas ilustram a ordem de grandeza aproximada das áreas já comprometidas com a conservação em terras privadas nas Áreas Prioritárias, em cumprimento à legislação de florestas e biodiversidade.

9.1 Áreas Prioritárias para Conservação, Restauração e Uso Sustentável da Biodiversidade Aquática em Minas Gerais

Mapa indicando as áreas mais relevantes para a conservação, restauração e uso sustentável da biodiversidade aquática em Minas Gerais (MAPA 27), considerando: a) espécies de peixes de calha, de cabeceira e de distribuição excepcionalmente restrita, como peixes anuais; b) classes de ecossistemas aquáticos – planícies fluviolacustres, lagoas marginais e veredas; c) trechos de Rios de Preservação Permanente; d) trechos de rios em que se desenrolam processos ecológicos singulares ou necessários à persistência de espécies no contexto regional ou estadual (QUADRO 5).

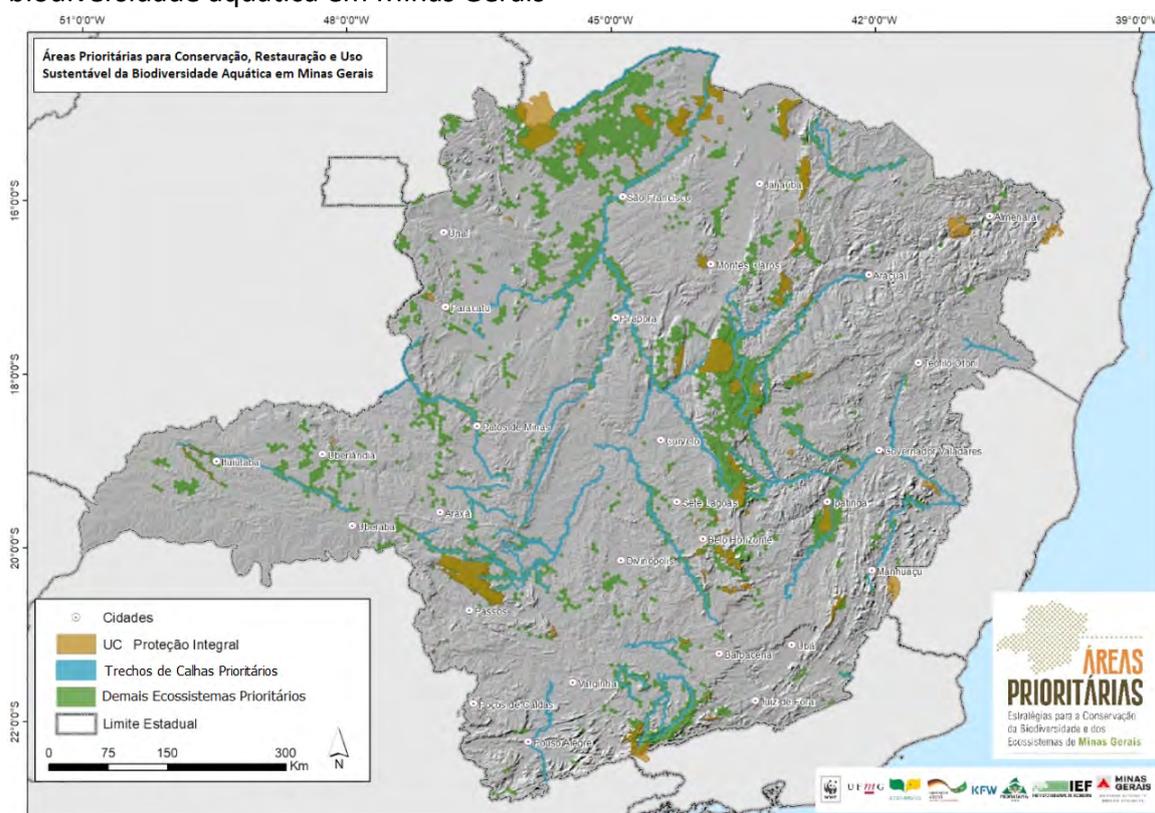
Direciona, em conjunto com os demais mapas temáticos as políticas de: proteção, conservação e restauração de habitats aquáticos, incluindo feições hidrogeomorfológicas, faixas ripárias protetivas, qualidade da água e vazões ecológicas; o ordenamento e gestão da pesca, incluindo seu zoneamento e fiscalização, bem como medidas reposição de estoques pesqueiros; a pesquisa aplicada à conservação de espécies aquáticas; e a manutenção ou melhoria da conectividade ou extensão de trechos lóticos para a conservação de espécies e estoques pesqueiros – política de rios livres.

Metodologia de processamento: A partir do shape de UP com atributos completos, as áreas para conservação da biodiversidade aquática foram obtidas aplicando-se a seguinte query: ("Px_DR"=1 OR "Px_riacho" =1 OR "Px_calha" =1 OR "RPP"=1 OR "PlanFluv" =1 OR "Veredas" =1 OR "Lagoas" =1) AND "Prior " =1)

Os trechos de rios selecionados pelo painel de especialistas em ictiofauna do IEF e Consórcio foram inseridos manualmente (QUADRO 5).

O Quadro 10 apresenta o perfil das áreas em relação a área, cobertura (natural / antrópica) e cumprimento da legislação de florestas e biodiversidade.

Mapa 27 – Áreas prioritárias para conservação, restauração e uso sustentável da biodiversidade aquática em Minas Gerais



Fonte: Elaboração dos autores (2020)

Quadro 10 - Perfil das Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade Aquática em relação a área, cobertura (natural / antrópica) e cumprimento da legislação de florestas e biodiversidade

Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade Aquática - perfil geral	
Número de UP	1071
Área total	3.012.735 ha
Área natural (MapBiomias col 4 - 2018)	2.252.797 ha
Área antrópica (MapBiomias col 4 - 2018)	840.583 ha
Área coberta por água (MapBiomias col 4 - 2018)	10.069 ha
Extensão de Reservas Legais (CAR - IEF)	400.016 ha
Extensão de APP (FBDS - Apoio CAR)	649.226 ha
Extensão de APP naturais (FBDS - Apoio CAR)	302.389 ha
Extensão de APP degradadas (FBDS - Apoio CAR)	87.450 Ha

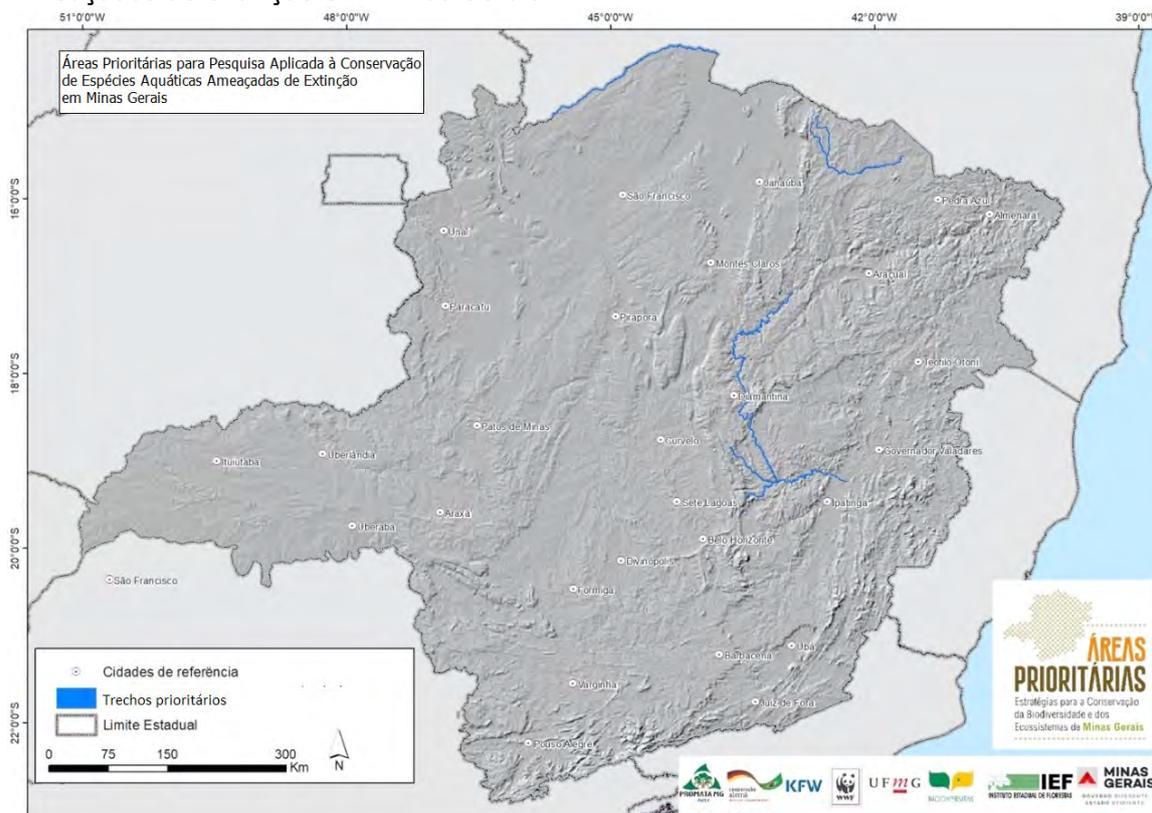
Fonte: Elaboração dos autores (2020); Nota: Os valores contemplam apenas as áreas definidas pelas UP.

9.2 Áreas Prioritárias para Pesquisa para Conservação de Espécies Aquáticas Ameaçadas em Minas Gerais

Rios prioritários para pesquisa aplicada à conservação de espécies aquáticas indicados pelo painel de especialistas em ictiofauna do Projeto a partir dos dados de ocorrência e distribuição de espécies-alvo, do atual conhecimento científico sobre sua biologia e da distribuição de pressões ambientais (MAPA 28).

Foram selecionados pelo painel de especialistas em ictiofauna do IEF e Consórcio foram inseridos manualmente (QUADRO 5).

Mapa 28 – Áreas prioritárias para pesquisa Aplicada à Conservação de Espécies Aquáticas Ameaçadas de extinção em Minas Gerais

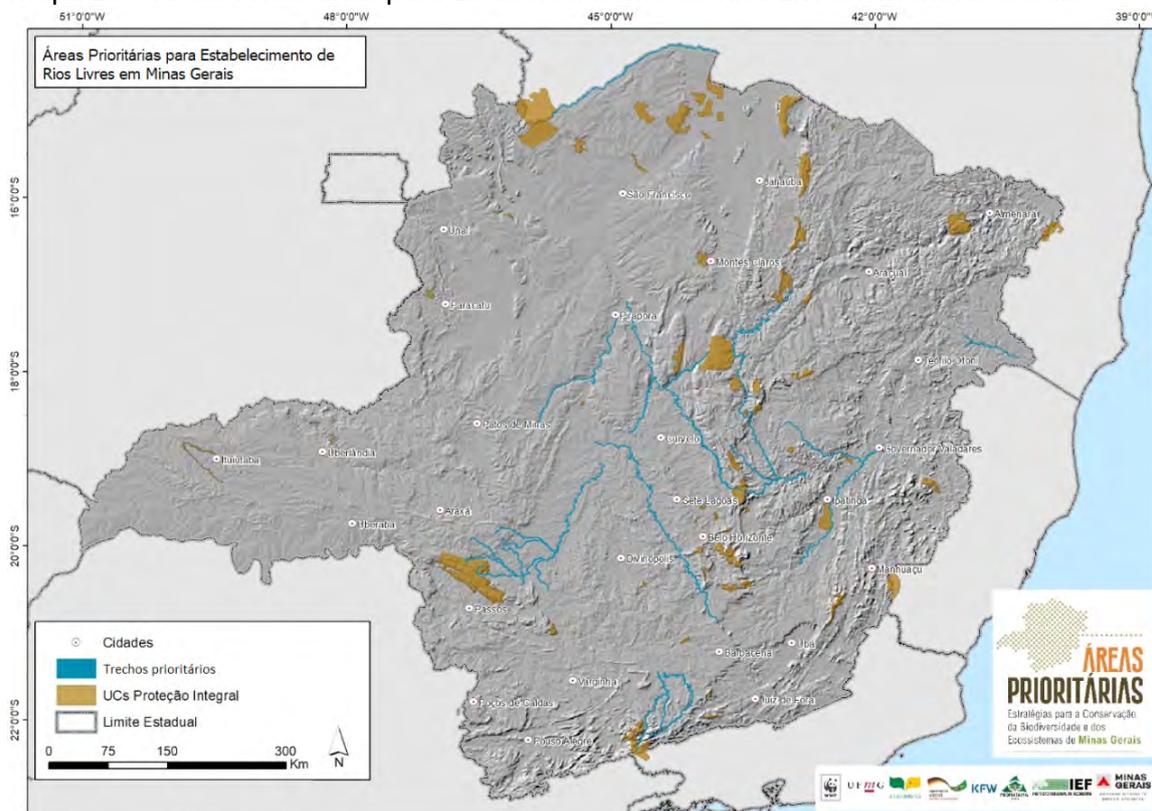


Fonte: Elaboração dos autores (2020)

9.3 Áreas Prioritárias para Estabelecimento de Rios Livres em Minas Gerais

Mapa indicando os trechos de rios prioritários para a manutenção e incremento da conectividade de habitat para a ictiofauna de calha e orientação da criação de uma política de rios livres em Minas Gerais. Foram indicados pelo painel de especialistas em ictiofauna do IEF e Consórcio, Quadro 5, com base no Índice de Conectividade Hídrica, Mapa 16, e em função de sua extrema relevância para: a) manutenção de fenômenos migratórios reprodutivos e recrutamento de novos indivíduos; b) manutenção da área de vida das espécies lóticis; c) manutenção de processos ecológicos raros ou ameaçados como os pulsos de inundação natural; d) manutenção do fluxo gênico e conservação das espécies, sobretudo ameaçadas de extinção; e e) reposição dos estoques pesqueiros. Cabe notar que, no contexto de fragmentação de habitats aquáticos e regularização de sua vazão em Minas Gerais, os trechos prioritizados são os últimos remanescentes livres significativos no estado, funcionando, portanto, como refúgios para essas espécies e processos ecológicos (MAPA 29).

Mapa 29 – Áreas Prioritárias para Estabelecimento de Rios Livres em Minas Gerais

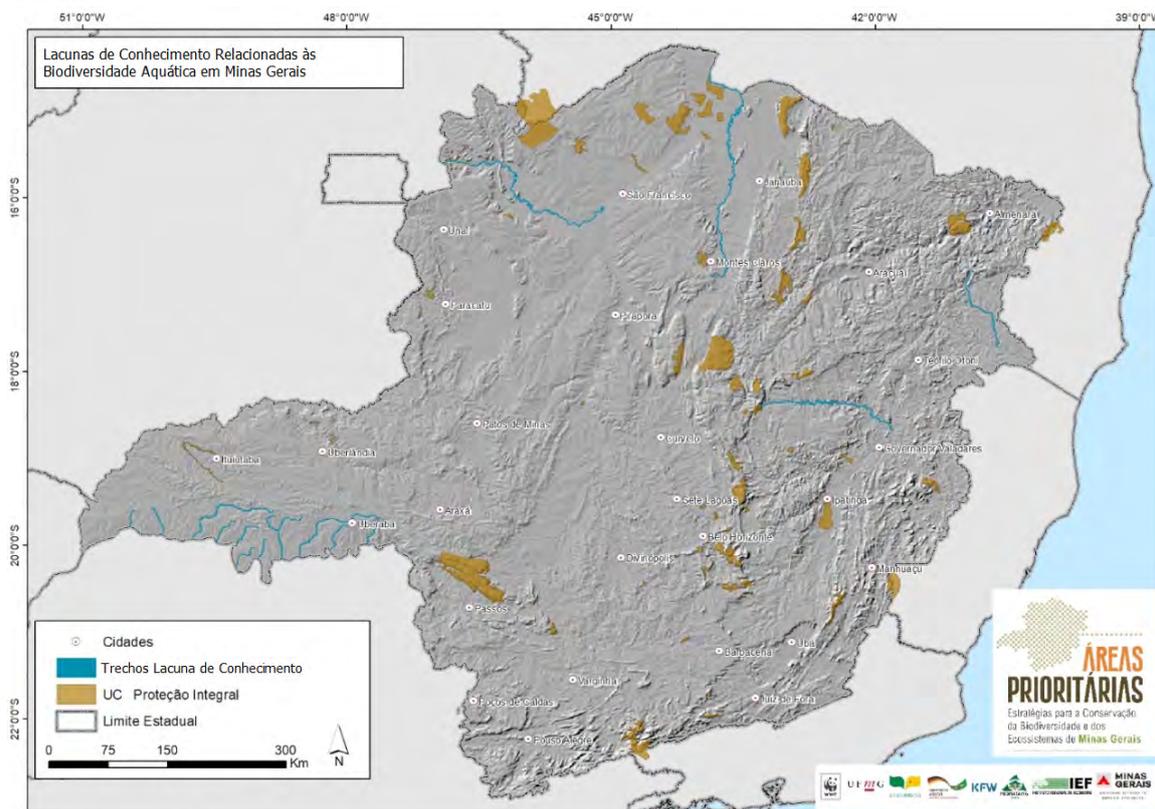


Fonte: Elaboração dos autores (2020)

9.4 Áreas de Lacunas de Conhecimento Prioritárias para o Estudo da Biodiversidade Aquática em Minas Gerais

Rios que não puderam ser adequadamente caracterizados e incluídos na análise de priorização pela falta de informações biológicas foram identificados e priorizados pelo painel de especialistas em ictiofauna, Quadro 5, para novos inventários (MAPA 30).

Mapa 30 – Lacunas de conhecimento relacionados às Biodiversidade Aquática em Minas Gerais

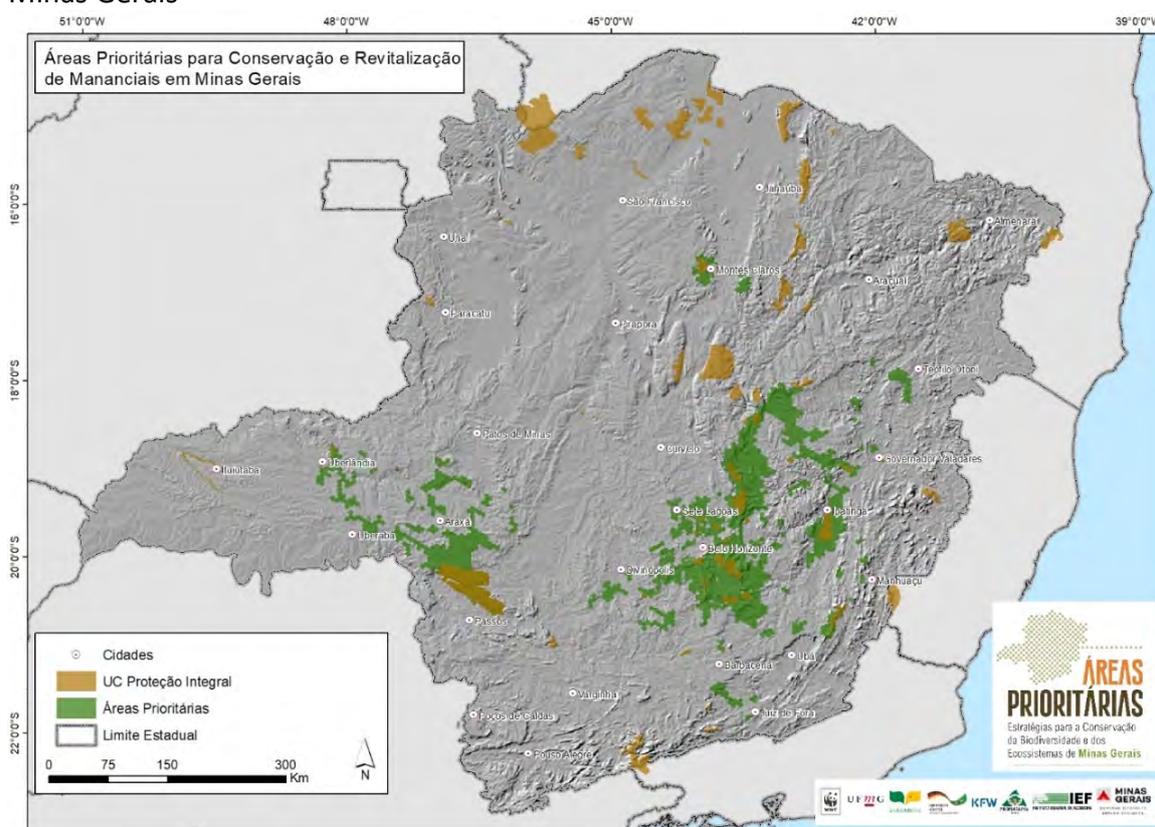


Fonte: Elaboração dos autores (2020)

9.5 Áreas Prioritárias para Conservação e Revitalização de Mananciais em Minas Gerais

Mapa destacando as áreas prioritárias para a conservação de áreas de contribuição de mananciais que abastecem adensamentos urbanos de 200 mil habitantes ou mais (MAPA 31). Visa nortear a conservação, restauração, ou no mínimo, manejo adequado dessas áreas para minimização de processos erosivos e carreamento de sedimentos ou poluentes até os mananciais.

Mapa 31 – Áreas prioritárias para conservação e revitalização de mananciais no Estado de Minas Gerais



Fonte: Elaboração dos autores (2020)

A seleção das áreas de drenagem como alvo, e não dos mananciais em si, se explica por sua influência preponderante sobre a qualidade e quantidade de água, em observância ao princípio da revitalização de bacias a partir da cabeceira e em direção à foz. O limiar de 200 mil habitantes foi empregado por representar alto grau de pressão sobre os mananciais e por maximizar a população beneficiada pelos esforços de conservação, que, inevitavelmente, precisam ser concentrados, dadas as limitações de recursos e extensão do território.

O mapeamento do alvo adotou metodologia semelhante a estudo realizado no estado do Rio de Janeiro por [kemoto e Napoleão \(2018\)](#):

- a. Foram identificados os adensamentos populacionais com 200 mil habitantes ou mais a partir do Censo 2010-IBGE (a Região Metropolitana de Belo Horizonte foi considerada em sua integridade);
- b. Todas as captações de abastecimento público que alimentam esses adensamentos foram levantadas nas bases de dados da ANA e Igam (CNARH 40 e base de outorgas estaduais), bem como da Copasa/Copanor (levantamento até 2019) - os pontos de captação foram triados, corrigidos e especializados pelas equipes do Igam e do Consórcio com base em portarias de outorga, processos administrativos de outorga, imagens de satélite e conhecimento de campo;
- c. Para cada ponto de captação foi delimitada uma região de manancial, definida como o conjunto de pixels a seu montante, utilizando-se a ferramenta "watersheds" do ArcGIS e a base de "direção de fluxo", derivada do Modelo Digital de Terreno do SRTM (USGS, 2015).
- d. As regiões de manancial delimitadas foram utilizadas como alvos de conservação individuais, de modo a garantir que as áreas prioritárias contemplem as regiões mais importantes para a garantia do abastecimento de água para uso doméstico nas grandes cidades do estado.

Metodologia de processamento: A partir do shape de UP com atributos completos, as Áreas Prioritárias para Conservação e Revitalização de Mananciais foram obtidas pela Query: "Mananciais"=1 AND "Prior"=1

O Quadro 11 apresenta o perfil das áreas em relação a área, cobertura (natural / antrópica) e cumprimento da legislação de florestas e biodiversidade.

Quadro 11 - Perfil das Áreas Prioritárias para Conservação e Revitalização de Mananciais em relação a área, cobertura (natural / antrópica) e cumprimento da legislação de florestas e biodiversidade

Áreas prioritárias para conservação de mananciais - perfil geral	
Número de UP	1505
Área total	3412.050 ha
Área natural (MapBiomias col 4 - 2018)	1.643.763 ha
Área antrópica (MapBiomias col 4 - 2018)	1.804.593 ha
Área coberta por água (MapBiomias col 4 - 2018)	18.799 ha
Extensão de Reservas Legais (CAR - IEF)	447.115 ha
Extensão de APP (FBDS - Apoio CAR)	458.988 ha
Extensão de APP naturais (FBDS - Apoio CAR)	264.909 ha
Extensão de APP degradadas (FBDS - Apoio CAR)	194.079 ha

Fonte: Elaboração dos autores (2020)

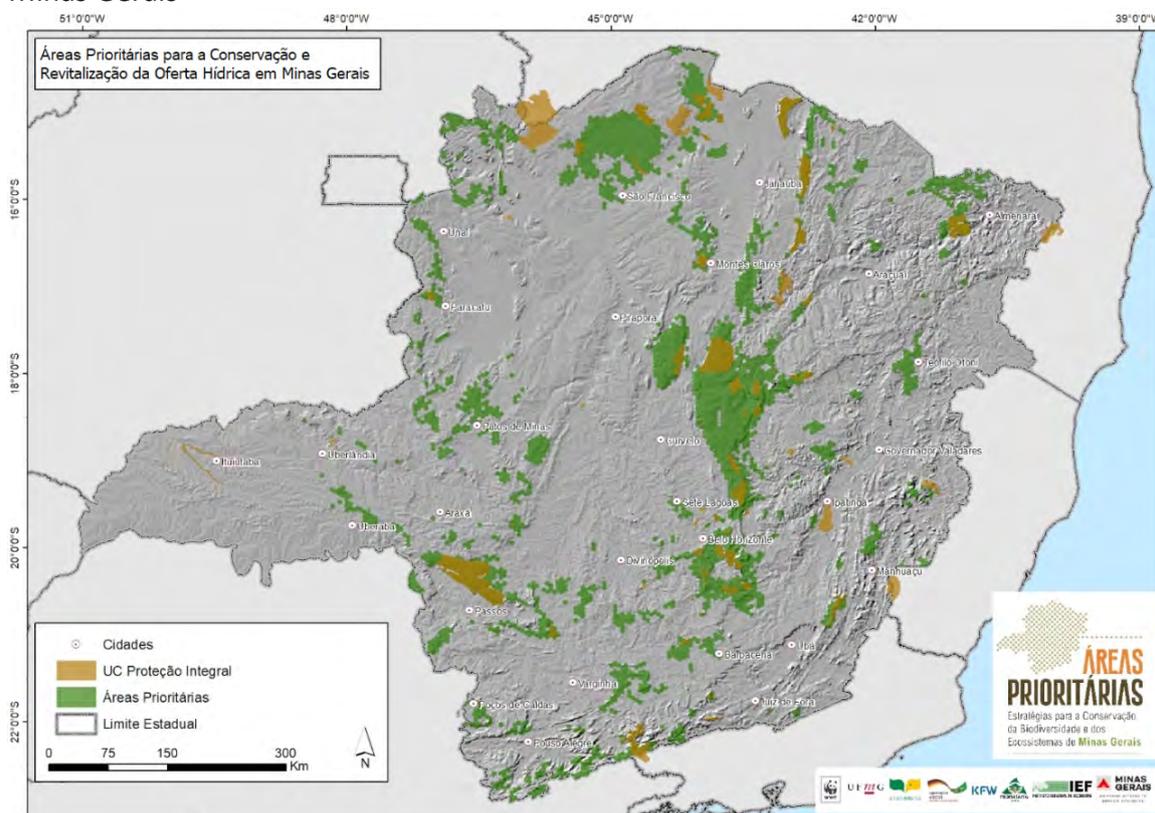
Nota: Os valores contemplam apenas as áreas definidas pelas UP.

9.6 Áreas Prioritárias para Conservação e Revitalização da Oferta Hídrica em Minas Gerais

Mapa destacando as áreas prioritárias para manutenção e incremento da recarga hídrica no estado (MAPA 32). Abrange o subconjunto de Áreas Prioritárias cujas feições

geomorfológicas e geológicas são mais favoráveis à infiltração de água em cada bacia, contribuindo assim para a disponibilidade hídrica durante os períodos de estiagem. Visa orientar a conservação, a restauração e as boas práticas no manejo dessas áreas, com vistas ao reabastecimento de aquíferos subterrâneos durante as chuvas e à minimização do escoamento superficial e da exportação de sedimentos.

Mapa 32 – Áreas Prioritárias para Conservação e Revitalização da Oferta Hídrica em Minas Gerais



Fonte: Elaboração dos autores (2020)

Como descrito na Seção 4.2, empregaram-se como alvos de conservação, feições do meio físico que desempenham papéis tanto na manutenção da biodiversidade quanto na recarga hídrica, a saber: regiões de teto orográfico, acima de 900 m e acima de 1200 m de altitude, chapadões e tabuleiros. A regionalização desses alvos por bacia, garantiu, ainda, sua representação nas Áreas Prioritárias em todas as regiões do estado.

Paralelamente, identificaram-se as áreas de maior potencial de contribuição para a recarga hídrica em Minas Gerais (FIGURA 9), a partir de: (a) identificação das litologias mais altamente fraturadas e porosas; (b) identificação de áreas entre 900 m e 1200 m e acima de 1200 m de altitude – excepcionalmente, para a UPGRH “Afluentes mineiros dos rios Mogi Guaçu e Pardo”, usaram-se apenas as terras acima de 1200 m pela altitude da região, largamente acima de 900 m; (c) cruzamento entre “a” e “b” em cada UPGRH; e (d) inclusão de chapadões e tabuleiros, que também contribuem significativamente para recarga hídrica pela profundidade de seus solos, principalmente nas UPGRH que não possuem rochas de alto fraturamento e alta porosidade. Tais áreas foram, então,

inseridas na priorização como alvos individuais, o que garantiu a seleção de áreas com alto potencial de provisão de água em todas as UPGRH.

A partir do shape de UP com atributos completos, as UP prioritárias para recarga hídrica foram obtidas pela Query: “Recarga”=1 AND “Prior”=1

O Quadro 12 apresenta o perfil das áreas em relação a área, cobertura (natural / antrópica) e cumprimento da legislação de florestas e biodiversidade.

Quadro 12 – Perfil das Áreas Prioritárias para Conservação e Revitalização da Oferta Hídrica em relação a área, cobertura (natural / antrópica) e cumprimento da legislação de florestas e biodiversidade

Áreas prioritárias para conservação e revitalização da oferta hídrica - perfil geral	
Número de UP	2878
Área total	6.927.313 ha
Área natural (MapBiomias col 4 - 2018)	4.499.988 ha
Área antrópica (MapBiomias col 4 - 2018)	2.504.505 ha
Área coberta por água (MapBiomias col 4 - 2018)	19.732 ha
Extensão de Reservas Legais (CAR - IEF)	945.096 ha
Extensão de APP (FBDS - Apoio CAR)	715.017 ha
Extensão de APP naturais (FBDS - Apoio CAR)	463.114 ha
Extensão de APP degradadas (FBDS - Apoio CAR)	251.903 ha

Fonte: Elaboração dos autores (2020)

Nota: Os valores contemplam apenas as áreas definidas pelas UP.

9.7 Áreas Prioritárias para Restauração de Ecossistemas Aquáticos e Terrestres em Minas Gerais

Subconjunto das Áreas Prioritárias em que a restauração é mais necessária e alcançará os melhores resultados ecológicos para a biodiversidade e os recursos hídricos. Para tanto, foram selecionadas UP e trechos de rios que atendiam aos seguintes critérios:

- a. UP com 30 a 50% de vegetação natural, insubstituibilidade maior ou igual a 8000 (selecionadas em 80% ou mais das iterações de priorização de áreas) e pelo menos 5 alvos registrados.

Justificativa:

- i. A alta insubstituibilidade e o número mínimo de alvos asseguram a concentração de esforços de restauração – sempre um processo custoso que dispõe de recursos limitados e, por vezes, conflituoso com interesses divergentes – nas UP de maior relevância ecológica.
- ii. Já os limiares de cobertura natural se explicam, pois conforme detalhado nas Seções 6.1.1 e 6.1.3, a estrutura da paisagem influencia significativamente as chances de sucesso dos esforços de restauração de áreas. Abaixo de 30% de cobertura, a escassez de fragmentos fonte para a colonização natural das áreas prejudica severamente a chuva de sementes, o recrutamento de novos indivíduos, a sucessão ecológica e a expansão e conexão dos fragmentos de vegetação natural. Já acima de 50% de cobertura natural, não há necessidade expressiva de

restauração, pois a paisagem ainda se encontra íntegra, conectada e rica em espécies. Assim, o intervalo 30-50% de cobertura natural apresenta as melhores margens de retorno, por esforço de restauração — para a diversidade biológica e a integridade da cobertura natural.

- b. UP com 50% ou menos de vegetação natural com registro de:
- drenagem de manancial que abasteça adensamento populacional de 200.000 habitantes ou mais; ou
 - alto potencial para recarga hídrica; ou
 - espécies-alvo de peixes de riacho; ou
 - espécies-alvo de peixes de distribuição restrita (espécies anuais); ou
 - sítio Baze; ou
 - mais de 30% das APP degradadas e carga potencial de sedimentos > 1000 toneladas/ano; ou
 - corredor Sossego-Caratinga

Justificativa: Apesar das considerações acima sobre a estrutura da paisagem, alguns alvos especiais demandam esforço de restauração, mesmo quando a área se encontra antropizada além do limiar inferior de 30%. Nesses casos justifica-se o direcionamento de esforços de restauração pontuais e direcionados especificamente a sítios de menor extensão e altíssima relevância no interior das UP pelas razões descritas abaixo:

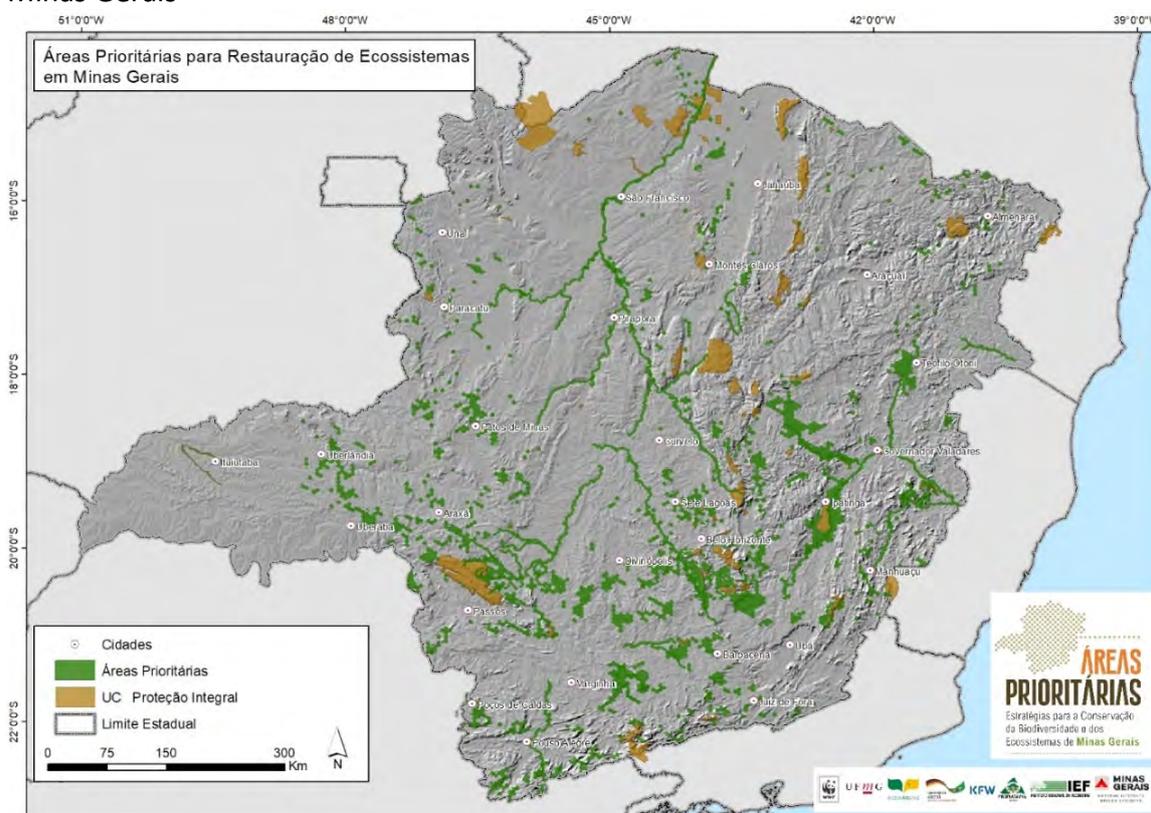
- x. Áreas prioritárias para a conservação de mananciais de abastecimento público, recarga hídrica e peixes de riachos (frequentemente de distribuição restrita) convergem nas regiões de cabeceira e apresentam grandes sinergias entre si configurando sítios de relevância estratégica extraordinária para a conservação de espécies e recursos hídricos. Em geral, demandam apenas a restauração de APP, sobretudo ripárias, que representam áreas menores e cuja recomposição já é obrigatória, o que ajuda a reduzir seus custos de implantação.
- xi. As espécies-alvo de peixes de distribuição restrita (espécies anuais) são um grupo de excepcional prioridade para a conservação por sua distribuição extremamente restrita e sua susceptibilidade singular à extinção – são altamente visados pelo tráfico de biodiversidade e ocorrem em pequenas poças ou lagoas, tipicamente intermitentes, em relevos tipicamente acessíveis e de exploração econômica fácil, que, se suprimidas ou degradadas, resultam facilmente em perdas populacionais catastróficas ou extinção imediata de espécies inteiras. Em geral, demandam apenas a restauração de APP ripárias, que representam áreas menores e cuja recomposição já é obrigatória, o que ajuda a reduzir seus custos de implantação.
- xii. Similarmente, Sítios Baze são locais oficialmente reconhecidos como os últimos refúgios de espécies ameaçadas de extinção, ou seja, áreas de relevância ecológica absoluta (100% insubstituíveis), que em geral demandarão esforço de restauração focados especificamente na ampliação e conexão dos habitats remanescentes dessas espécies, independentemente da condição geral da UP.
- xiii. Já as áreas com menos de 30% de APP remanescentes e que exportam mais de uma tonelada de sedimento ao ano respondem expressivamente pelo

- assoreamento dos rios de Minas Gerais, prejudicando severamente a biodiversidade aquática e os recursos hídricos. Em geral, demandam apenas a restauração de APP ripárias, que representam áreas menores e cuja recomposição já é obrigatória, o que ajuda a reduzir seus custos de implantação.
- xiv. As áreas do corredor Caratinga–Sossego são necessárias à manutenção da conectividade do único corredor de habitat legalmente reconhecido em Minas Gerais, o que demanda esforço especial para a manutenção e recomposição sua integridade. A restauração de UP abaixo de 30% de cobertura natural no corredor pode ser concentrada em APP ripárias que conectem os fragmentos remanescentes, mantendo um grau mínimo de conectividade funcional.
- c. Trechos de rios prioritários (e suas faixas ripárias de 200 m) de grande relevância para a biodiversidade aquática ou estoques pesqueiros e alto grau de degradação do corpo d'água, individualmente selecionados e delimitados pelo painel de especialistas em ictiofauna do Consórcio e pelo IEF, complementarmente às análises anteriores (QUADRO 5).

Metodologia de processamento: A partir do shape de UP com atributos, as áreas para restauração foram obtidas aplicando-se a seguinte query: "Prior " = 1 AND (((("rivulidae" =1 OR "px_riacho" =1 OR "Mananciais" = 1 OR "Tipo" = 'Sitio_Baze' OR "Corr_SoCar" =1 OR("sedimento" > 1000 AND "APP_degr_p" >0.3) OR ("Recarga" >=1)) AND "Prop_nat" <=0.5) OR("Prop_nat" >= 0.3 AND "Prop_nat" <= 0.5 AND "SSOLN_ins" >= 8000 AND "num_alvos" >= 5)). Os trechos de rios selecionados pelo painel de especialistas em ictiofauna do Consórcio e pelo IEF foram inseridos manualmente.

Os polígonos de áreas prioritárias para restauração cobrem um total de 4.036.424 hectares, dos quais 2.736.608 hectares possuem cobertura antrópica. De acordo com o levantamento feito pela FBDS (Projeto Apoio ao CAR), existem 262.353 hectares de APP degradadas dentro das áreas prioritárias para restauração, que demandariam ação mais urgente (MAPA 33). O Quadro 13 apresenta o perfil das áreas em relação a área, cobertura (natural / antrópica) e cumprimento da legislação de florestas e biodiversidade.

Mapa 33– Áreas prioritárias para restauração de ecossistemas terrestres e aquáticos em Minas Gerais



Fonte: Elaboração dos autores (2020)

Quadro 13 - Perfil das Áreas Prioritárias para Restauração em relação a área, cobertura (natural e antrópica) e cumprimento da legislação de florestas e biodiversidade

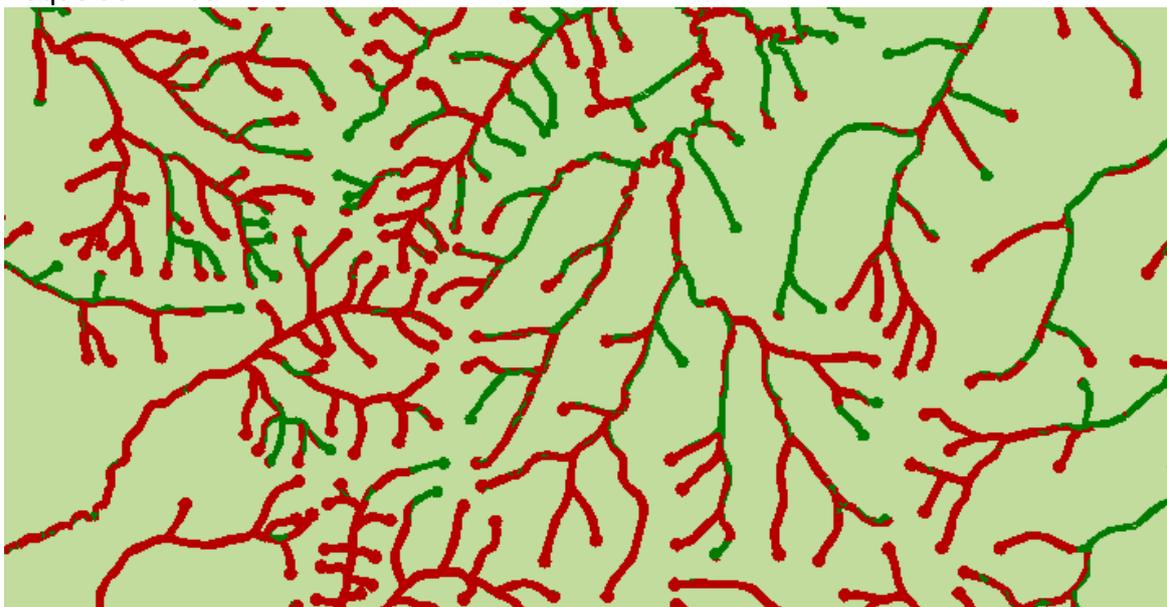
Áreas prioritárias para restauração - perfil geral	
Número de UP	1894
Área total	4.036.424 ha
Área natural (MapBiomias col 4 - 2018)	1.292.926 ha
Área antrópica (MapBiomias col 4 - 2018)	2.736.608 ha
Área coberta por água (MapBiomias col 4 - 2018)	27.616 ha
Extensão de Reservas Legais (CAR - IEF)	469.150 ha
Extensão de APP (FBDS - Apoio CAR)	469.150 ha
Extensão de APP naturais (FBDS - Apoio CAR)	206.797 ha
Extensão de APP degradadas (FBDS - Apoio CAR)	262.353 ha

Fonte: Elaboração dos autores (2020)

Nota: Os valores contemplam apenas as áreas definidas pelas UP.

Destaca-se a necessidade de restauração de Áreas de Preservação Permanente em todas as unidades de planejamento, como pode ser observado na Figura 10, que mostra a grande proporção de APP degradadas (vermelho). O mesmo padrão é observado para boa parte do estado, indicando a urgência de restauração de APP para recuperação de habitats, aumento da conectividade e conservação de recursos hídricos.

Figura 10 – APP naturais (verde) e degradadas (vermelho) em região do município de São Roque de Minas



Fonte: Elaboração dos autores (2020)

Cabe frisar, ainda, que o direcionamento de ações de restauração dentro das UP prioritárias para a restauração, principalmente aquelas que visam alvos mais pontuais em seu interior, como discutido acima, pode ser subsidiado, ainda, pelo banco de dados do Projeto que oferece múltiplas bases espaciais de estrutura da paisagem de resolução mais refinada, incluindo:

- a. APP degradadas em resolução de 5 m (FBDS, 2013);
- b. Fragmentos de vegetação nativa em resolução de 30 m (Mapbiomas, ano-base 2018);
- c. Mapeamento de potencial de regeneração natural em resolução de 30 m, vide Seção 6.1.3, que oferece grande potencial para nortear decisões de alocação local de recursos, pois a indução da regeneração natural é o mecanismo mais barato de restauração de áreas e tende a ser o mais efetivo por seguir uma sequência cronológica natural de estabelecimento das espécies (sucessão ecológica) que resulta em uma maior diversidade ao longo do tempo, comparada a intervenções mais artificiais como o plantio direto.

9.8 Áreas Prioritárias para Ampliação da Rede de Áreas Protegidas em Minas Gerais

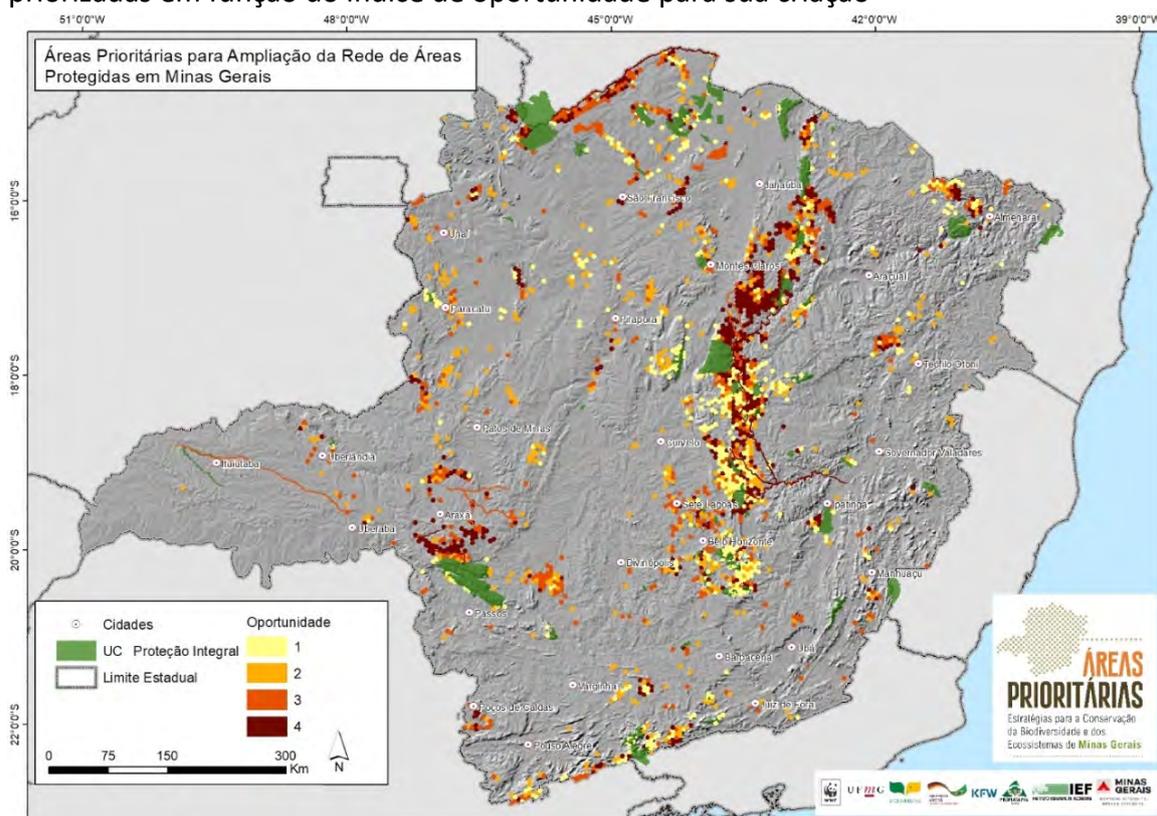
Os mapas identificam as áreas mais críticas para a expansão do atual sistema de áreas protegidas de modo a torná-lo ecologicamente representativo, efetivo e socialmente reconhecido. Para tanto, selecionaram-se UP prioritárias complementares às UC existentes que atendessem aos seguintes critérios:

- a. Presença de sítios Baze: sítios oficialmente reconhecidos como os últimos refúgios de espécies criticamente ameaçadas de extinção, ou seja, áreas de relevância ecológica absoluta, totalmente insubstituíveis;
- b. Presença de espécies-alvo de peixes de distribuição restrita (espécies anuais): espécies de excepcional prioridade para a conservação por sua distribuição extremamente restrita e sua susceptibilidade singular à extinção – são altamente visados pelo tráfico de biodiversidade e ocorrem em pequenas poças ou lagoas, tipicamente intermitentes, em relevos tipicamente acessíveis e de exploração econômica fácil, que, se suprimidas ou degradadas, resultam facilmente em perdas populacionais catastróficas ou extinção imediata de espécies inteiras.
- c. Insubstituibilidade de 100%: garante a representação de áreas de importância ecológica absoluta;
- d. Insubstituibilidade entre 90% e 100%, desde que a cobertura de vegetação natural seja maior do que 50% da UP: garante a representação de áreas de importância ecológica extremamente alta que oferecem habitat de alta qualidade (integridade e conectividade da paisagem) para a persistência dos alvos;
- e. Estudos de criação de UC em andamento pelo IEF: garante a inclusão de Áreas Prioritárias já consideradas pelo órgão ambiental como propícias à criação de UC, dando continuidade às políticas de proteção de áreas em andamento;
- f. Rios de Preservação Permanente e pelo menos 50% de vegetação natural: visa a efetivação de instrumentos legais de conservação de recursos hídricos e biodiversidade aquática já instituídos, em áreas que oferecem habitat de alta qualidade (integridade e conectividade da paisagem) para a persistência dos alvos;
- g. Cavernas reconhecidas como prioritárias em grau máximo pelo mapeamento do (ICMBIO, 2018b): garante a representação dos elementos mais críticos do patrimônio espeleológico do estado.
- h. Trechos de rios prioritários (e suas faixas ripárias de 200 m) bem conservados que contenham espécies, habitats ou processos ecológicos aquáticos raros ou de excepcional importância, individualmente selecionados e delimitados pelo painel de especialistas em ictiofauna do Consórcio e pelo IEF, complementarmente às análises anteriores (QUADRO 5).

Após a seleção das UP, aplicaram-se a elas dois rankings distintos de prioridade, originando dois mapas que representam aspectos complementares da política de criação de áreas protegidas: a oportunidade e a urgência. O primeiro mapa traz um (1) Índice de Oportunidade, em que quanto mais alta a relevância ecológica e mais baixos os custos ou conflitos para a conservação, maior o valor da UP, ou seja, ele indica as áreas mais

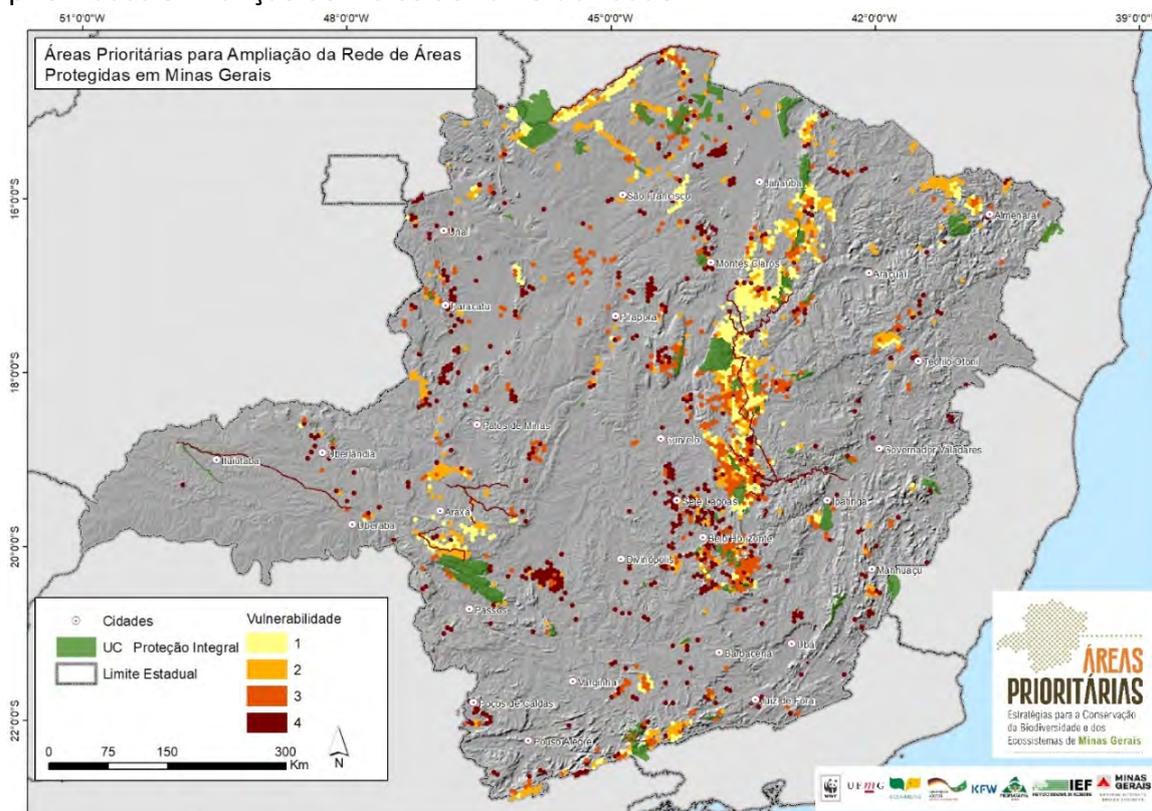
relevantes e com maiores chances de sucessos para a criação e implantação de áreas protegidas (diferença entre valores de importância ecológica e de custo). (MAPA 34) O segundo traz um (2) Índice de Vulnerabilidade, em que quanto mais alta a relevância ecológica e mais severas as pressões ambientais, mais alto o valor da UP, ou seja, ele identifica as UP mais relevantes e mais ameaçadas (soma dos valores de importância ecológica e de custo) (MAPA 35).

Mapa 34 - Áreas prioritárias para ampliação da rede de áreas protegidas em Minas Gerais, priorizadas em função do índice de oportunidade para sua criação



Fonte: Elaboração dos autores (2020)

Mapa 35 - Áreas prioritárias para ampliação da rede de áreas protegidas em Minas Gerais, priorizadas em função do índice de vulnerabilidade



Fonte: Elaboração dos autores (2020)

Dessa forma, os mapas orientam conjuntamente o cumprimento da Meta 11 de Aichi (Convenção da Diversidade Biológica), direcionando não apenas os esforços de criação de UC de Proteção Integral, um elemento fundamental da política de conservação, mas de UC de categorias de Uso Sustentável compatíveis com as características das áreas, como RPPN. Direciona, ainda, a aplicação de outros dispositivos protetivos, como a conservação ou compensação de áreas a que as atividades econômicas são obrigadas, o fomento e o incentivo econômico à conservação de áreas e os instrumentos de conservação voluntária, como a servidão ambiental.

Os mapas não substituem estudos de campo em escala mais fina que continuam sendo necessários à definição exata dos contornos de novas UC, mas o banco de dados do PSCRMG oferece múltiplas bases espaciais mais precisas de alvos de conservação, pressões ambientais, estrutura da paisagem e usos tradicionais da biodiversidade que podem subsidiar tais estudos e decisões.

Tampouco representam impedimento à criação de áreas protegidas fora das áreas indicadas, quando demonstrada a necessidade e oportunidade para tal, inclusive para a proteção de belezas cênicas específicas ou do patrimônio arqueológico, feições que não foram explicitamente mapeadas nas Áreas Prioritárias. Também não representam por si só restrição de uso ou instrumento legal de proteção do território.

Metodologia de processamento: A partir do shape de UP com atributos, as áreas para ampliação da rede de áreas protegidas foram obtidas aplicando-se a seguinte query:

"Prior " = 1 AND ("Tipo" = ' ' OR "Tipo" = 'Sitio_Baze') AND (("Est_CriaUC" =1 OR "Px-DR" =1 OR ("RPP"=1 AND "Prop_nat" >= 0.5) OR "cav_prio" = 1 OR "Tipo" = 'Sitio_Baze' OR "SSOLN_ins" =10000) OR ("SSOLN_ins" >=9000 AND "SSOLN_ins" <10000 AND "Prop_nat" >=0.5)).

Os trechos de rios selecionados pelo painel de especialistas em ictiofauna do Consórcio e pelo IEF foram inseridos manualmente.

Ranking: Para calcular a vulnerabilidade, foi aplicada a equação “Custo_fim” + 4* “Imp_ecol”; para calcular a oportunidade, foi aplicada a equação “Custo_fim”- 4* “Imp_ecol”

O Quadro 14 apresenta o perfil das áreas em relação a área, cobertura (natural / antrópica) e cumprimento da legislação de florestas e biodiversidade.

Quadro 14 – Perfil das Áreas Prioritárias para Ampliação da Rede de Áreas Protegidas em relação a área, cobertura (natural / antrópica) e cumprimento da legislação de florestas e biodiversidade

Áreas prioritárias para ampliação da rede de áreas protegidas - perfil geral	
Número de UP	2284
Área total	4.737.228 ha
Área natural (MapBiomias col 4 - 2018)	3.026.150 ha
Área antrópica (MapBiomias col 4 - 2018)	1.686.513 ha
Área coberta por água (MapBiomias col 4 - 2018)	22.313 ha
Extensão de Reservas Legais (CAR - IEF)	648.521 ha
Extensão de APP (FBDS - Apoio CAR)	504.769 ha
Extensão de APP naturais (FBDS - Apoio CAR)	316.695 ha
Extensão de APP degradadas (FBDS - Apoio CAR)	188.074 ha

Fonte: Elaboração dos autores (2020)

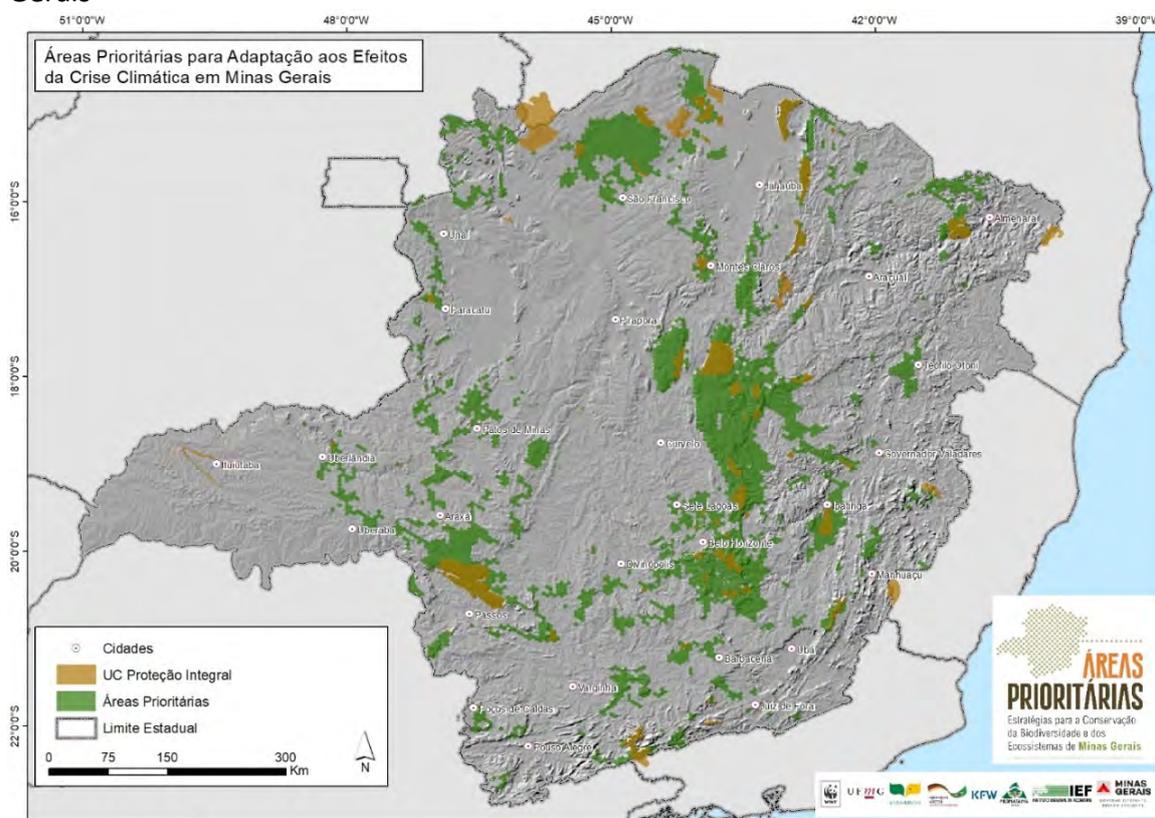
Nota: Os valores contemplam apenas as áreas definidas pelas UP.

9.9 Áreas Prioritárias para Adaptação aos Efeitos da Crise Climática em Minas Gerais

Mapa identificando áreas críticas para a adaptação aos efeitos da crise climática, considerando áreas estratégicas para provisão de recursos hídricos, propensão regional a estiagens e vulnerabilidade local a escassez hídrica que possa resultar em restrição ao abastecimento humano (MAPA 36). Ao espacializar as áreas com maior potencial de influência sobre recarga hídrica e abastecimento público que são mais vulneráveis às mudanças climáticas, visa orientar as ações de conservação ou restauração que contribuam para a promoção da resiliência de ecossistemas e populações em localidades especialmente vulneráveis. Para tanto foram desenvolvidas as seguintes etapas:

- a. Identificação das bacias (UPGRH) do estado que drenam áreas com climas sob maior risco de estiagem: seleção das classes climáticas em que não há excedentes hídricos do mapa de tipos climáticos (sistema de classificação de Thornwaite empregado no Zoneamento Ecológico Econômico – IEF/Ufla, 2008), ou seja, o semi-árido e a zona subúmida seca, e cruzamento com a superfície de UPGRH (SEMAD/IEF/IGAM, 2010).
- b. Identificação das bacias (UPGRH) do estado que drenam municípios mais vulneráveis a eventos de escassez hídrica: seleção de municípios cujo Índice Mineiro de Vulnerabilidade às Mudanças Climáticas – IMVC/Feam (2015) é superior a 0,6 e cruzamento com a superfície de UPGRH (SEMAD/IEF/IGAM, 2010).
- c. Seleção das Unidades de Planejamento que interceptem: alguma das UPGRH identificadas nas etapas 1 e 2, acima, e Áreas Prioritárias para Conservação e Revitalização de Mananciais de Minas Gerais (PSCRMG/IEF, 2020) ou Áreas Prioritárias para Conservação e Revitalização da Oferta Hídrica de Minas Gerais (PSCRMG/IEF, 2020).

Mapa 36– Áreas prioritárias para Adaptação aos efeitos da crise climática em Minas Gerais



Fonte: Elaboração dos autores (2020)

Metodologia de processamento: A partir do shape de UP com Atributos Completos, as áreas para restauração foram obtidas aplicando-se a seguinte query: "Prior" = 1 AND (("BaciasIVMC" =1 AND "Recarga" >= 1) OR ("Bacias_est" = 1 AND "Recarga" >= 1) OR "Mananciais" =1)

O Quadro 15 apresenta o perfil das áreas em relação a área, cobertura (natural / antrópica) e cumprimento da legislação de florestas e biodiversidade.

Quadro 15 - Perfil das Áreas Prioritárias para Adaptação aos Efeitos da Crise Climática em relação a área, cobertura (natural / antrópica) e cumprimento da legislação de florestas e biodiversidade

Áreas prioritárias para adaptação aos efeitos da crise climática - perfil geral	
Número de UP	3653
Área total	8.549.263 ha
Área natural (MapBiomias col 4 - 2018)	5.175.005 ha
Área antrópica (MapBiomias col 4 - 2018)	3.445.193 ha
Área coberta por água (MapBiomias col 4 - 2018)	34.635 ha
Extensão de Reservas Legais (CAR - IEF)	1.171.378 ha
Extensão de APP (FBDS - Apoio CAR)	922.069 ha
Extensão de APP naturais (FBDS - Apoio CAR)	568.889 ha
Extensão de APP degradadas (FBDS - Apoio CAR)	353.180 ha

Fonte: Elaboração dos autores (2020)

Nota: Os valores contemplam apenas as áreas definidas pelas UP

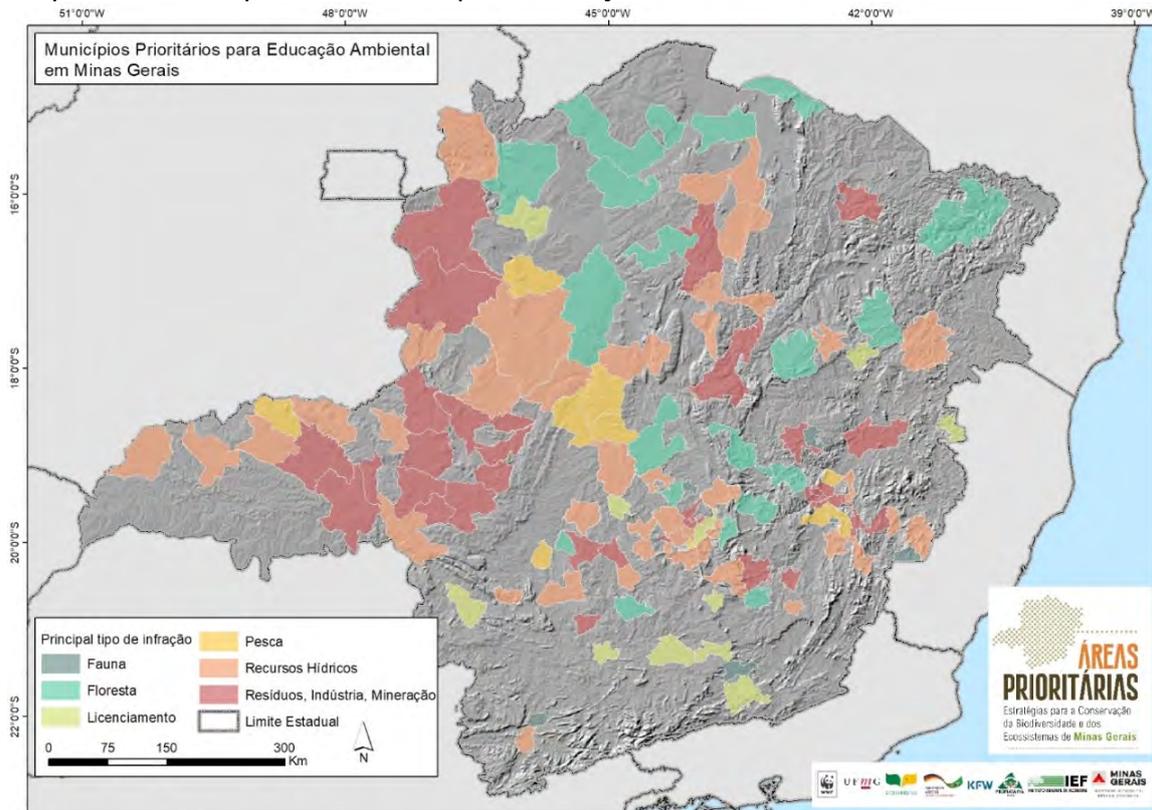
9.10 Áreas Prioritárias para Educação Ambiental em Minas Gerais

O mapa indica os municípios onde são necessários maiores investimentos em educação ambiental em função da relevância ecológica dos territórios e das pressões ambientais incidentes, identificadas a partir da ocorrência de infrações ambientais separadas por tipologia: (i) recursos hídricos, (ii) resíduos, atividades industriais e minerárias, (iii) pesca, (iv) fauna terrestre, (v) desmatamento ilegal e (vi) licenciamento.

O mapa usa o Município como unidades espacial no lugar das UP, pois ele é a unidade natural de diagnóstico, implantação e avaliação dos resultados de políticas educativas. O uso do montante de infrações segregadas por tipologia visa dimensionar a intensidade e recorrência de violações ambientais no território e direcionar os esforços de educação ambiental tematicamente, conforme as tipologias mais críticas em cada território.

Metodologia de processamento: Os municípios e tipologias dos autos de infração ambiental estaduais lavrados pela Semad ou pela Polícia Militar de Meio Ambiente foram levantados nas bases de dados da própria Secretaria. Foram selecionados os 50 municípios com maior número de autos de infração em cada tipologia: Fauna; Desmatamento; Licenciamento; Recursos Hídricos; Pesca; e Resíduos, Indústria e Mineração. A partir desta lista foram selecionados aqueles que apresentam sobreposição total ou parcial com Áreas Prioritárias terrestres ou aquáticas. Foi então construído um ranking para cada tipologia, padronizando o número de autos de infração para uma distribuição de 0–100, de modo que o município que apresentou o maior número de infrações obteve o valor 100 e os demais foram escalonados para baixo. Os valores foram consolidados em um índice único, que soma todos os rankings por município. Por fim, a partir dos rankings, foi identificada a tipologia principal para cada município (MAPA 37).

Mapa 37 – Municípios Prioritários para Educação Ambiental em Minas Gerais



Fonte: Elaboração dos autores (2020)

9.11 Unidades de Conservação Estaduais Prioritárias para Consolidação em Minas Gerais

O Mapa para orientação para a consolidação das Unidades de Conservação Estaduais teve como base os dados do RAPPAM - Rapid Assessment and Priorization of Protected Area Management, cuja avaliação de efetividade de gestão foi realizada em 2016 pelo Instituto Estadual de Florestas em parceria com o WWF – Brasil. As UC foram ranqueadas quanto à criticidade (abrangência, grau e permanência do dano no ambiente) das pressões e ameaças em seu interior e à efetividade de sua gestão. São levados em consideração aspectos como: espécies invasoras, caça, pesca, incêndios, desmatamento e uso e conversão do solo; infraestrutura e recursos humanos e financeiros; e ferramentas de planejamento, decisão pesquisa e comunicação. A aplicação do cruzamento das quatro categorias de índices foi implementada conforme Quadro 16 e os resultados estão mapeados (MAPA 38 e 39). O mapa é um subsídio às análises do IEF e não tem a ambição de esgotar ou enrijecer a priorização de UC para implantação, posto que não há dados uniformemente disponíveis para todas elas e o Rappam não é o único instrumento de avaliação de gestão de UC em uso no estado.

Quadro 16 - Pesos definidos para os índices que compõem a priorização de UC para consolidação

Índices	Vulnerabilidade	Muito baixa	Baixa	Média	Alta
Efetividade	alta	P4	P4	P4	P1
	média	P4	P4	P3	P2
	baixa	P3	P3	P2	P1
	muito baixa	P2	P2	P1	P1

Fonte: Elaboração dos autores (2020)

Legenda:

P1 - Prioridade para a consolidação 1 (vermelho):

- 1a - UC com efetividade abaixo de 25% e vulnerabilidade igual ou superior a 76% ou
- 1b - UC com efetividade entre 26-50% e vulnerabilidade entre 51 e 75%.

P2 - Prioridade para a consolidação 2 (laranja):

- 2 a - UC com efetividade igual ou abaixo de 25 % e vulnerabilidade igual ou abaixo de 50%
- 2b - UC com efetividade entre 26 e 50% e vulnerabilidade entre 51 e 75%
- 2c - UC com efetividade entre 51 e 75% e vulnerabilidade acima de 76%

P3 - Prioridade para a consolidação 3 (amarelo):

- 3a - UC com efetividade entre 26 e 50% e vulnerabilidade entre 0 e 50%.
- 3b - UC com efetividade entre 51 e 75% e vulnerabilidade ente 51 e 75%.
- 3c - UC com efetividade igual ou superior a 76% e vulnerabilidade igual ou superior a 76%.

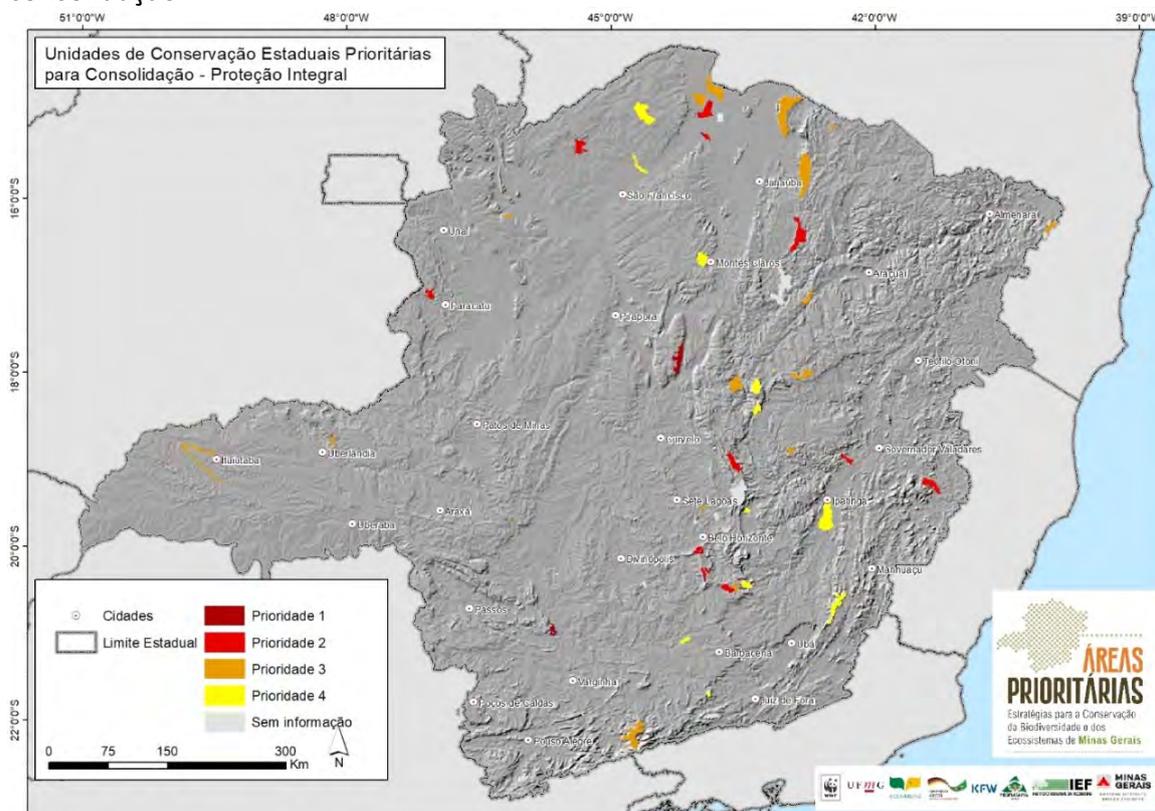
P4 - Prioridade para a consolidação 4 (amarelo claro):

- 4a - UC com efetividade igual ou superior a 51% e vulnerabilidade igual ou inferior a 50%.
- 4b - UC com efetividade igual ou superior a 76% e vulnerabilidade entre 51 e 75%

Como algumas UC não foram avaliadas pelo Rappam, as mesmas foram identificadas em cinza e constam na legenda como não avaliadas.

Considerando as ações de consolidação demandado por cada categoria de UC, e para melhor orientar o órgão gestor, as Unidades de Conservação foram divididas entre os grupos (i) Áreas de Proteção Ambiental e (ii) demais categorias, os quais foram representados em mapas diferenciados.

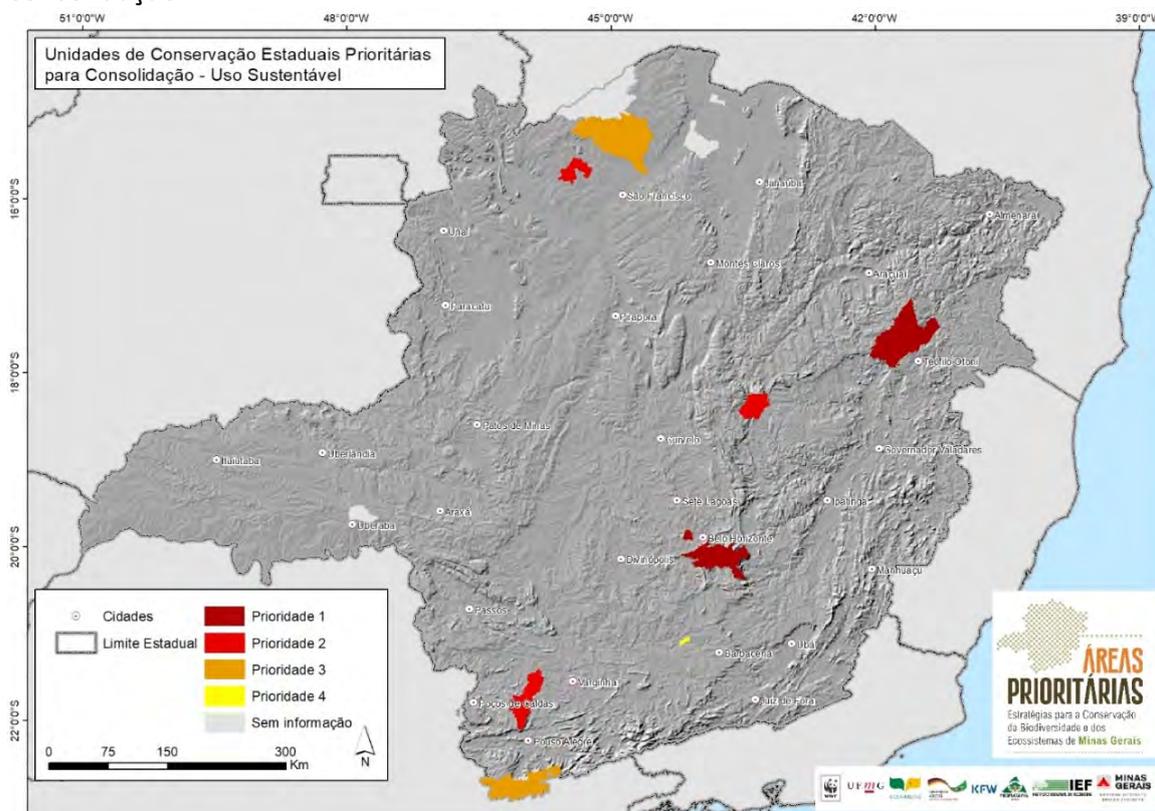
Mapa 38 - Unidades de conservação estaduais de proteção integral prioritárias para consolidação



Fonte: Elaboração dos autores (2020)

Nota: Cores mais quentes representam prioridade mais alta

Mapa 39 – Unidades de conservação estaduais de uso sustentável prioritárias para consolidação



Fonte: Elaboração dos autores (2020)

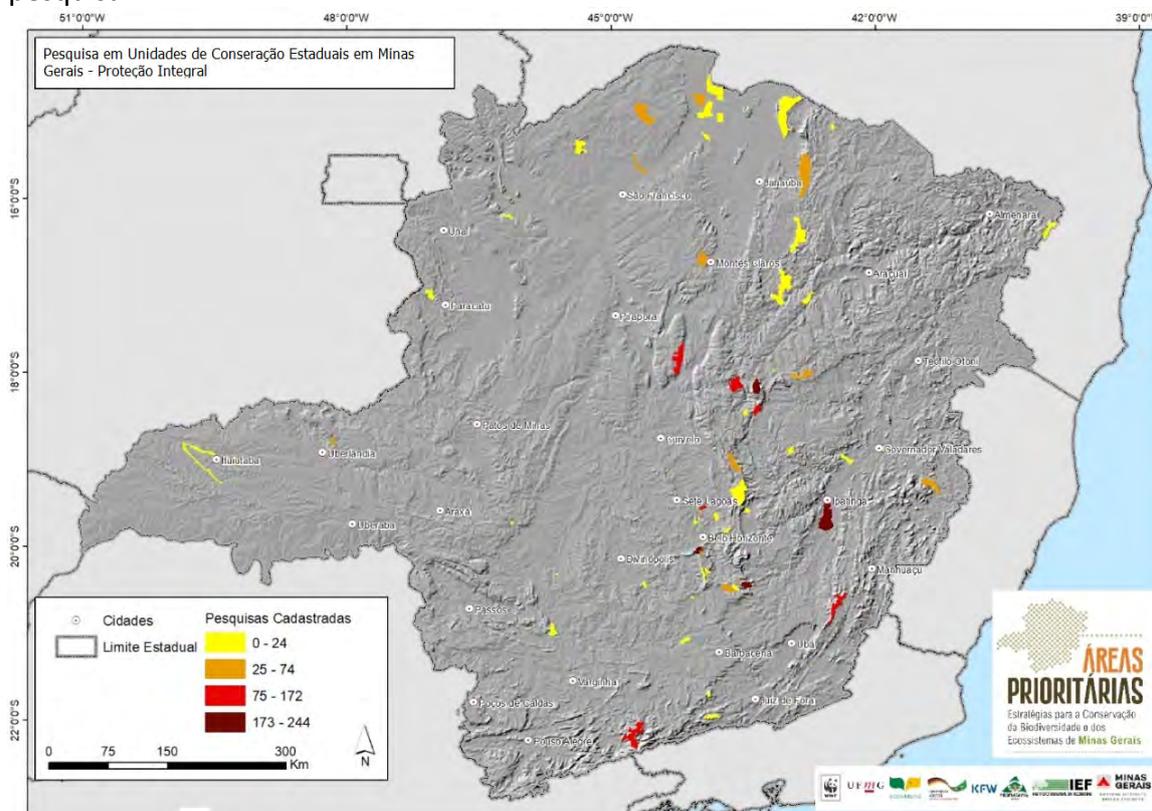
Nota: Cores mais quentes representam prioridade mais alta.

9.12 Unidades de Conservação Estaduais Prioritárias para Pesquisa em Minas Gerais

A partir da compilação dos dados de pesquisa científica realizadas nas Unidades de Conservação entre os anos de 2005 a 2018, foram identificadas as UC estaduais menos estudadas. O Mapa visa direcionar novas pesquisas, bem como ações de fomento, que contemplem UC menos conhecidas do ponto de vista biológico, geológico, social, arqueológico etc.

Nota-se a concentração dos trabalhos científicos em nove UC que tiveram mais de 100 autorizações concedidas, e concentram quase metade das pesquisas (1578). Por outro lado, 15 UC não possuem nenhuma autorização registrada e outras 19 têm menos de 10 autorizações. Os resultados estão mapeados no Mapa 40 e 41.

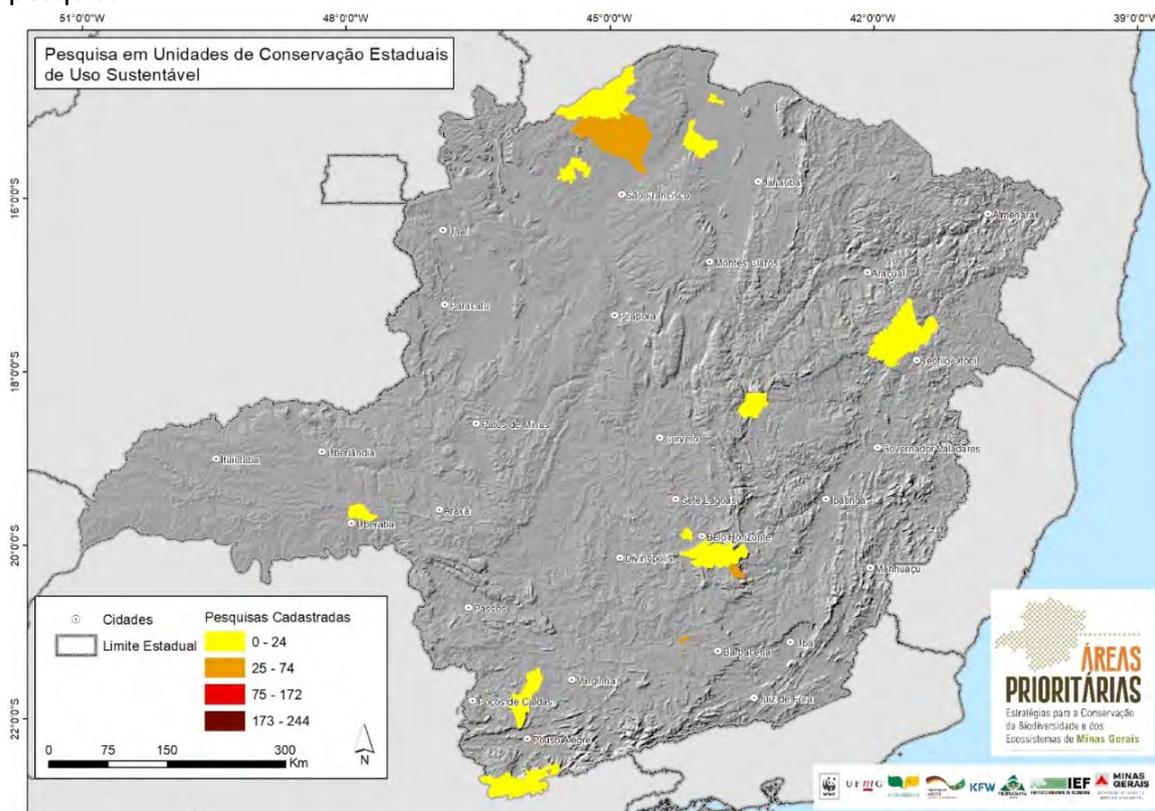
Mapa 40 – Unidades de conservação estaduais de proteção integral prioritárias para pesquisa



Fonte: Elaboração dos autores (2020)

Nota: Cores mais quentes representam áreas com maior número de pesquisas já realizadas.

Mapa 41 – Unidades de Conservação estaduais de uso sustentável prioritárias para pesquisa



Fonte: Elaboração dos autores (2020)

Nota: Cores mais quentes representam áreas com maior número de pesquisas já realizadas.

10 Arquivos espaciais e documentação acessória

As diferentes camadas de dados geoespaciais discutidas neste Relatório (elaboradas no padrão IDE-Sisema), incluindo unidades de planejamento, distribuição de alvos, distribuição de custos, estrutura da paisagem, outros qualificadores do território e áreas prioritárias estão disponíveis para download no sítio eletrônico do PSCRMG. Nele podem ser obtidos os shapefiles com os atributos analíticos completos, os dicionários de dados, os metadados (contendo síntese das metodologias de elaboração detalhadas neste Relatório) e as imagens de alta resolução das superfícies supracitadas. Estão ainda disponíveis as listas completas de alvos e a relação de alvos por UP.

11 Referências

- AGOSTINHO, A. A., GOMES, L. C. & PELICICE, F. M. Ecologia e manejo de recurso pesqueiros em reservatórios do Brasil. Maringá: Editoria da Universidade Estadual de Maringá. 2007, 501 p.
- ÁGUA & TERRA. Estudo de Impacto Ambiental: aproveitamento hidrelétrico de Davinópolis'. 2012, 287 p. v. 2.
- ALONSO, MIRELLA BISSO; DE CARVALHO, DÉBORA REIS; ALVES, CARLOS BERNARDO MASCARENHAS; POMPEU, PAULO SANTOS. Trophic structure of a fish assemblage in a reference condition river located in a polluted watershed. ENVIRONMENTAL BIOLOGY OF FISHES, v. x, p. 1, 2020.
- ALVES, C. B. M.; LEAL, C. G. Aspectos da conservação da fauna de peixes da bacia do rio São Francisco em Minas Gerais. MG. Biota, v.2, n.6, p. 26-50. 2010.
- ALVES, C. B. M. POMPEU, P. S. Inventário da diversidade de peixes de afluentes do Rio das Velhas - MG. Belo Horizonte. 2002.
- ALVES, C. B. M. POMPEU, P. S. Historical changes in the Rio das Velhas fish fauna – Brazil', American Fisheries Society Symposium, v. 45, p. 587–602. 2005.
- ALVES, C. B. M. POMPEU, P. S. Monitoramento da ictiofauna de tributários do Rio Das Velhas - MG. Belo Horizonte. 2010. Relatório Final.
- ALVES, C. B. M., SILVA, L. G. M. GODINHO, A. L. 'Radiotelemetry of a female jaú, Zungaro jahu (Ihering, 1898) (Siluriformes: Pimelodidae), passed upstream of Funil Dam, rio Grande, Brazil', Neotropical Ichthyology, v. 5, n.2, p. 229–232. 2007 doi: 10.1590/S1679-62252007000200018.
- ANDRADE NETO, F. R. Estudos ecológicos dos peixes da bacia do rio Jequitinhonha. 70 f.. Tese (Doutorado em Ecologia Aplicada) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2018.
- ANDRADE-NETO, F. R. 'Estado atual do conhecimento sobre a fauna de peixes da bacia do Jequitinhonha', MG Biota, v.2, n.5, p. 23–35. 2010.
- ANDRADE NETO, F. R. Migração e conservação do dourado (*Salminus franciscanus*, (Lima & Britski 2007) em um trecho do rio São Francisco. Dissertação (Mestrado em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre). Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2008.
- ANDRÉN, H. Effects of habitat fragmentation on birds and mammals in landscapes with different proportions of suitable habitat: a review. Oikos, v. 71, n. 3, p. 355–366. 1994.

ARDRON, J. A.; POSSINGHAM, H. P.; KLEIN, C. J.(Eds.) Marxan good practices handbook - versão 2. Vancouver: Pacific Marine Analysis and Research Association, 2010.165 p.

BANKS-LEITE, C. et al. Using ecological thresholds to evaluate the costs and benefits of set-asides in a biodiversity hotspot. *Science*, v. 345, n. 6200, p. 1041 – 1045, 2014.

BELEI, F. et al. Ictiofauna de área prioritária para conservação, Médio São Francisco, Minas Gerais, sudeste do Brasil, *Neotropical Biology and Conservation*, v.11 n.2, p. 94–100. 2016 doi: 10.4013/NBC.2016.112.06.

BERTONI, J. AND LOMBARDI NETO, F. *Conservação do solo*. 8. ed. São Paulo: Editora Ícone, 2012.

BFG. Growing knowledge: an overview of Seed Plant diversity in Brazil. *Rodriguesia*, v. 66, n. 4, 2015. (DOI: 10.1590/2175-7860201566411).

BORSELLI, L.; CASSI, P.; TORRI, D. Prolegomena to sediment and flow connectivity in the landscape: a GIS and field numerical assessment. *Catena* 75, 268-277. 2008.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Portaria nº 443, DE 17 de dezembro 2014. Reconhece como espécies de peixes e invertebrados aquáticos da fauna brasileira ameaçadas de extinção aquelas constantes da "Lista Nacional Oficial de Espécies da Fauna Ameaçadas de Extinção Peixes e Invertebrados Aquáticos "Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/cepsul/legislacao/portaria/427-2014.html>

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Avaliação e identificação de áreas e ações prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição dos benefícios da biodiversidade nos biomas brasileiros. 2002.

BRESSANE NIELSEN, D. T., PESSALI, T. C. DUTRA, G. M.) A new annual fish of genus *Simpsonichthys* (Cyprinodontiformes: Cynolebiidae) from the upper Rio Jequitinhonha basin, Brazil, *Zootaxa*, v.4263, n.1, p. 165–172. 2017 doi: 10.11646/zootaxa.4263.1.8.

CARWARDINE, J. et al. Avoiding Costly Conservation Mistakes: The Importance of Defining Actions and Costs in Spatial Priority Setting. *Plos One*, v. 3, n. 7, p. 2586, jul. 2008.

CASARIM, R. et al. Fish movement patterns in a Neotropical free-flowing tributary located downstream from a large dam. *Marine and Freshwater Research*, v.69,n.10, p. 1626. 2018 doi: 10.1071/mf17216.

CASARIM, R., BUENO, M. L. POMPEU, P. S. Ichthyofauna of the Aiuruoca River basin, Minas Gerais, Brazil', *Check List*, v.8,n.6, p. 1166–1171. 2012 doi: 10.15560/8.6.1166.

CASTRO, M. A. Fatores estruturantes e possíveis espécies indicadoras da assembléia de peixes de riachos afluentes do reservatório de Três Marias. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB) - Plano Estratégico para Biodiversidade Strategic Plan for Biodiversity 2011-2020, Incluindo Metas de Biodiversidade de Aichi, 2011. Disponível em: <https://www.cbd.int/sp/>

CNUC - CADASTRO NACIONAL DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO DO MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. 2018. Disponível em: <http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm>

COMPANHIA BRASILEIRA DE PROJETOS- COBRAPE. Diagnóstico da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba. 2011.

COSTA, D. P.; PERALTA, D. F. Bryophytes diversity in Brazil. *Rodriguésia*, v. 66, n. 4, p. 1–9, 2015. (DOI: 10.1590 / 2175-7860201566409)

CONSULTORIA INTERNACIONAL ARCADIS. Plano de reparação socioambiental da bacia do Rio Paraopeba. Rompimento das Barragens B1, B4 e B4-A do Complexo Paraopeba II da Mina Córrego do Feijão. Capítulo I – Diagnóstico Pretérito – Volume II. Brumadinho, MG. 2020a 660 p.

CONSULTORIA INTERNACIONAL ARCADIS. Plano de reparação Socioambiental da Bacia do Rio Paraopeba. Rompimento das Barragens B1, B4 e B4-A do Complexo Paraopeba II da Mina Córrego do Feijão. Capítulo II Caracterização socioambiental pós-rompimento e avaliação de impactos – Volume III. Brumadinho, MG. 2020b.1487 p.

CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL- COPAM (Minas Gerais). Deliberação Normativa n.º 147 de 30 de abril de 2010. Aprova a Lista de Espécies Ameaçadas de Extinção da Fauna do Estado de Minas Gerais. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=13192#:~:text=Aprova%20a%20Lista%20de%20Esp%C3%A9cies,do%20Estado%20de%20Minas%20Gerais.&text=D%20E%20L%20I%20B%20E%20R%20A%3A,%C3%A9Anico%20da%20presente%20Delibera%C3%A7%C3%A3o%20Normativa.>

CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Mapa de Geodiversidade do Estado de Minas Gerais. 2010. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/14704>

CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Mapa geológico do Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2003. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/5016>

CRAMPTON W.G.R, SANTANA C.D, WADDELL J.C, LOVEJOY N.R. A taxonomic revision of the Neotropical electric fish genus *Brachyhypopomus* (Ostariophysi: Gymnotiformes: HYPOPOMIDAE), WITH DESCRIPTIONS OF 15 NEW SPECIES. *Neotropical Ichthyology*, v.14:, n.4 2016 .E150146.

CROUZEILLES, R. et al.. Incorporating habitat availability into systematic planning for restoration: a species-specific approach for Atlantic Forest mammals. *Diversity and Distributions*, v. 21, n. 9, p. 1027–1037, 2015.

CROUZEILLES, R. et al.. Ecological restoration success is higher for natural regeneration than for active restoration in tropical forests. *Science Advances*, v. 3, n. 11, p. e1701345, 2017.

DALA-CORTE, R.B. et al.. Thresholds of freshwater biodiversity in response to riparian vegetation loss in the Neotropical region. *Journal of Applied Ecology*. v.57, n.7, p.1391-1402. 2020. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13657>

DOMINGOS, Fabrício FT et al. Assessment of fish assemblage in an urban system, Itapecerica River, upper São Francisco River basin, Divinópolis, Minas Gerais, Brazil. *Check List*, v. 9, n. 3, p. 482-486, 2013.

DRAKE, J.; RANDIN, C.; GUIBAN, A. (2006). Modelling ecological niches with support vector machines. *Journal of Applied Ecology*, v. 43, n. 3, p. 424–432, 2006.

DRUMMOND, G.M; MACHADO, A.B.M.; MARTINS, C.S.; MENDONÇA, M.P. & STEHMANN, J.R. Listas vermelhas das espécies da fauna e da flora ameaçadas de extinção em Minas Gerais. 2 ed. Belo Horizonte, Fundação Biodiversitas.

DRUMMOND, G.M.; MARTINS, C.S.; MACHADO, A.B.M.; SEBAIO, F.A.; ANTONINI, Y. Biodiversidade em Minas Gerais: um atlas para sua conservação. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, 2005.

DUTRA, G. M. et al. Two new species of *Cyphocharax* (Teleostei: Characiformes: Curimatidae) from headwaters of the Jequitinhonha and São Francisco river basins, Minas Gerais, Brazil. *Zootaxa*, 4103(2), pp. 154–164. doi: 10.11646/zootaxa.4103.2.5. 2016.

ELITH, J.; LEATHWICK, J. R. Species distribution models : Ecological explanation and prediction across space and time. *Annual Review of Ecology*, v.40, p.677-697.2009.

EMER, C., GALETTI, M., PIZO, M.A., GUIMARAES, P.R. JR, MORAES, S., PIRATELLI, A. et al. Seed-dispersal interactions in fragmented landscapes - a metanetwork approach. *Ecol. Lett.*, v.21, p.84–493. 2018.

FAHRIG, L. Rethinking patch size and isolation effects: The habitat amount hypothesis. *Journal of Biogeography*, v. 40, n. 9, p. 1649–1663, 2013.

FAHRIG, L. et al. Is habitat fragmentation bad for biodiversity? *Biological Conservation*, v.230, p. 179–186, 2019.

FARIAS A. R. et.al. Identificação, mapeamento e quantificação das áreas urbanas do Brasil. Campinas SP: EMBRAPA. 2017. (Comunicado, 04). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/176016/1/20170522-COT-4.pdf>

FICK, S. E.; HIJMANS, R. J. WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International journal of climatology*, v.37,n.12, p.4302-4315.2017.

FOLEY, J. A. et al. Global consequences of land use. *Science*, v. 309, n. 5734, p. 570–574, 2005.

FRANCO, C., S. A; PETRERE JR, M. Social and financial aspects of the artisanal fisheries of middle São Francisco River, Minas Gerais, Brazil. *Fisheries Management and Ecology*, Oxford, v. 8, p. 163–171, 2001.

GAME, E. T.; GRANTHAM, H. S. Marxan user manual: for arxan -versão 1.8.10. Queensland, Australia: University of Queensland; Vancouver, British Columbia, Canada: Pacific Marine Analysis and Research Association. 2008. 127p. Disponível em: <http://courses.washington.edu/cfr590/projectreadings/marxan-manual-1.8.10.pdf>

GARDNER, T. A. et al. A social and ecological assessment of tropical land uses at multiple scales: the sustainable Amazon Network. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, v. 368 n. 1619, p. 1-12, Apr. 2013.

GESELBRACHT, L. et al. Identification of a spatially efficient portfolio of priority conservation sites in marine and estuarine areas of Florida. *Aquat. Conserv. Mar. Freshw. Ecosyst.* v.19,p.408–20.2009.

GESTÃO AMBIENTAL. Monitoramento de Ictiofauna do rio Paraopeba. Licenciamento para Ferrous Viga. 2013.

GIULIETTI, A.M.; RAPINI, A.; ANDRADE, M.J.G; QUEIROZ, L.P. & SILVA, J.M.C. (orgs.). *Plantas raras do Brasil*. Belo Horizonte: Conservation International, 2009, 496p.

GODINHO, A. L., BRITO, M. F. G.; GODINHO, H. P. Pesca nas corredeiras de buritizeiro: da ilegalidade à gestão participativa, In: GODINHO, H. P. GODINHO A. L., (Eds.) *Águas, peixes e pescadores do São Francisco das Minas Gerais*. Belo Horizonte: PUC Minas, 2003 p.347–360.

GODINHO, A. L.; KYNARD, B. Migration and Spawning of Radio-Tagged Zulega *Prochilodus argenteus* in a Dammed Brazilian River. *Transactions of the American Fisheries Society*, v.135, n.3, p. 811–824. 2006. doi: 10.1577/T04-176.1.

GODINHO, A. L. AND P. S. POMPEU. A importância dos ribeirões para os peixes de piracema, In: GODINHO, H. P. GODINHO, A. L (org.). *Águas, peixes e pescadores do São Francisco das Minas Gerais*. Belo Horizonte: PUC Minas, 2003. p. 361-372.

GODINHO, A. L., KYNARD, B. AND GODINHO, H. P. Migration and spawning of female surubim (*Pseudoplatystoma corruscans*, Pimelodidae) in the São Francisco river, Brazil. *Environmental Biology of Fishes*, v.80,n.4, p. 421–433. 2007 doi: 10.1007/s10641-006-9141-1.

GODINHO, H. P. et al. Fish ladder efficiency in a southeastern brazilian river, *Ciencia e Cultura*, n.43,p. 63–67. 1991.

GODINHO, H. P.; GODINHO, A.. Águas, peixes e pescadores do São Francisco das Minas Gerais. Belo Horizonte: PUC Minas. 2003.

GOMES, J. et al. Hydropower construction plans threaten the largest Brazilian national river. *Aquatic Conserv: Mar Freshw Ecosyst.* ,n.12 p.1-2. 2020.

GRILL, G. et al. Mapping the world's free-flowing rivers. *Nature*, v. 569, p. 215–221, 2019.

INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS - IEF (Minas Gerais) IDE-Sisema: limites da APA Pandeiros. 2018c. Disponível em: <http://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/>

INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS - IEF (Minas Gerais). Mosaico de Áreas Protegidas de Minas Gerais: Mapeamento de Áreas de Preservação Permanente Degradadas, Leito Regular dos Cursos D'água, Lagoas Marginais e Geração de Limites de APP Hídrica do Estado de Minas Gerais. 2018b.

INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS - IEF (Minas Gerais). IDE-Sisema: Unidades de Conservação Estaduais. 2018a. Disponível em: <http://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/>

INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS - IEF (Minas Gerais); UFLA. Mapeamento e inventário da flora nativa e dos reflorestamentos de Minas Gerais. 2009. Disponível em: <http://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/>

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA. IBGE. Áreas urbanizadas do Brasil – 2005. Rio de Janeiro: IBGE; Coordenação de Geografia, 2015. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geografia/geografia_urbana/areas_urbanizadas/default_2015.shtm

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. ICMBIO. Centro Nacional de Pesquisas e Preservação de Cavernas. Mapa das áreas de ocorrência de Cavernas do Brasil. Brasília, 2018a. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/cecav/projetos-e-atividades/provincias-espeleologicas.html>.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. ICMBIO. Centro Nacional de Pesquisas e Preservação de Cavernas. Áreas Prioritárias para a Conservação

do Patrimônio Espeleológico. Brasília, 2018b. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/cecav/projetos-e-atividades/areas-prioritarias-conservacao.html>.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. ICMBIO. Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção. Brasília, DF: MMA. 2018.v.1

INSTITUTO DE GESTÃO DAS ÁGUAS IGAM (Minas Gerais) Projeto Somos Todos Água: programa estratégico de revitalização de bacias hidrográficas do Estado de Minas Gerais – Belo Horizonte: SEMAD, 2019. Disponível em: http://www.repositorioigam.meioambiente.mg.gov.br/bitstream/123456789/3230/1/Documento_Base_somos_todos_agua.pdf

INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIAS E TECNOLÓGICO-INCT. Herbário virtual da flora e dos fungos. Disponível em: <http://inct.florabrasil.net/>

INSTITUTO PRÍSTINO. Atlas digital geoambiental: sistema WebGis. Belo Horizonte. 2018. Disponível em: <https://institutopristino.org.br/atlas/>

IKEMOTO, S. M.; NAPOLEÃO, P. R. M. Atlas dos mananciais de abastecimento público do estado do Rio de Janeiro: subsídios ao planejamento e ordenamento territorial. [s.l.: s.n.].

IUCN. The IUCN red list of threatened species: Versão 2021-1. Disponível em: <https://www.iucnredlist.org>.

JIMÉNEZ-VALVERDE, A.; LOBO, J. M.; HORTAL, J. Not as good as they seem: the importance of concepts in species distribution modelling. *Diversity and Distributions*, v. 14, p.885–890. 2008.

JUNQUEIRA, N. T. et al. Morphological diversity of fish along the rio das Velhas, Minas Gerais, Brazil'. *Neotropical Ichthyology*. v.10, n.2, p. 417–424. 2012 doi: 10.1590/S1679-62252012005000004.

KUHN, M.; JOHNSON, K. Applied predictive modeling. [s.l.: s.n.].

LEITE, C. M. P.; MARIANO-NETO, E.; ROCHA, P. L. B.. Biodiversity thresholds in vertebrate communities: The responses of dung beetle subgroUP to forest loss. *Plos One*, v. 13, n. 8, p.e0201368, 2018.

LIMA, L. P. Z. et.al. Análise da vulnerabilidade natural para implantação de unidades de conservação na microrregião da Serra de Carrancas, MG. *Cerne*, Lavras, v.17, n.2, p.151-159, abr.jun.2011 Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0104-77602011000200002>

LIRA, P. K. et al. Evaluating the legacy of landscape history: extinction debt and species credit in bird and small mammal assemblages in the Brazilian Atlantic Forest. *Journal of Applied Ecology*, v. 49, n. 6, P. 1325–1333. 2012.

LOBATO, L. M. et al. Projeto geologia do quadrilátero ferrífero: integração e correção cartográfica em SIG com nota explicativa. Belo Horizonte: CODEMIG, v. 1, 2005.

LOPES, J. M. et al. The critical importance of an undammed river segment to the reproductive cycle of a migratory neotropical fish, *Ecology of Freshwater Fish*, v.28, n.2, out.2018.<https://doi.org/10.1111/eff.12454>

LOPES, J. M., ALVES, C. B. M., PERESSIN, A.; POMPEU, P. Influence of rainfall, hydrological fluctuations, and lunar phase on spawning migration timing of the Neotropical fish *Prochiloduscostatus*. *Hydrobiologia*, v.818, n.1, p.145-161. 2018.

LOPES, J. M. et al. . The critical importance of an undammed river segment to the reproductive cycle of a migratory Neotropical fish. *Ecology of Freshwater Fish*, v.28, n.2, p.302-316. 2018.

LOPES, J. M., ALVES, C. B. M., PERESSIN, A., ;POMPEU, P. S. Upstream and downstream migration speed of *Prochiloduscostatus* (Characiformes: Prochilodontidae) in upper São Francisco basin, Brazil. *Neotropical Ichthyology*, v.17, n2, 2019.

MACHADO, A. B. M., DRUMMOND, G. M. AND PAGLIA, A. P. Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção. Brasília, DF : MMA; Belo Horizonte, MG : Fundação Biodiversitas, 2008.

MARGULES, C. R.; PRESSEY, R. L.. Systematic conservation planning. *Nature*, v. 405, n. p. p.243–253, 2000.

MARTENSEN, A. C. et al.. Associations of Forest Cover, Fragment Area, and Connectivity with Neotropical Understory Bird Species Richness and Abundance. *Conservation Biology*, v. 26, n. 6, p. 1100–1111. 2012

MARTINELLI, G. MESSINA, T. SANTOS FILHO, L.. Livro vermelho da flora do Brasil: plantas raras do cerrado. Rio de Janeiro; Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro; 2014. 319 p. ilus.

MARQUES, B. S. BELEI, F. S. SAMPAIO, W.M. S. Ictiofauna do Baixo Rio Manhuaçu (Bacia do Médio Rio Doce). *Evolução e Conservação da Biodiversidade*, v. 4, n.1, p 32–41, 2013. doi: 10.7902/ecb.v4i1.47.

MARTINS, I. et al. Regionalisation is key to establishing reference conditions for neotropical savanna streams, *Marine and Freshwater Research*, v.69,n.1, p. 82–94. 2018.doi: 10.1071/MF16381.

MCGARIGAL, K.; MARKS, B. J. Fragstats: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. *Manual de Instruções*. 1995. 53p.

MAURY, C.M. DIAS, B.S.L.(Coord.) Avaliação e identificação de áreas e ações prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição dos benefícios da biodiversidade nos biomas brasileiros. Brasília: Ministério de Meio Ambiente, 2002. (Serie Biodiversidade, 5).

MEIRELES, W.A. Comparações no desenvolvimento ontogenético dos Characiformes: curimatá (*Prochilodus hartii*), piabanha (*Brycon* sp) e piau (*Leporinus steindachneri*) da bacia do rio Pardo. 2014, 104 f. Tese (Doutorado.) Universidade de São Paulo - USP. São Paulo.

METZGER, J. P.. O que é ecologia de Paisagens? *Biota Neotropica*, v. n.1/2 ,p. 1–9.2001.

METZGER, J. P. Time-lag in biological responses to landscape changes in a highly dynamic Atlantic forest region. *Biological Conservation*, v. 142, n. 6, p. 1166–1177.2009.

MINAS GERAIS. Lei nº 20.922, de 16 de outubro de 2013. Dispõe sobre a política florestal e de proteção à biodiversidade no Estado. Disponível em <https://www.almg.gov.br/consulte/legislacao/completa/completa-nova-min.html?tipo=Lei&num=20922&ano=2013>

NICATEC. Estudo de Impacto Ambiental EIA. Minas PCH: meio biótico. 2019, 295p.

NIEBUHR, B. B. S. et al. Landscape Metrics (LSMETRICS): A spatially explicit tool for calculating connectivity and other ecologically-scaled landscape metrics. (No Prelo)

OLIVEIRA, U, SOARES-FILHO B, LEITÃO R.F.M, RODRIGUES H.O.. BioDinamica: a toolkit for analyses of biodiversity and biogeography on the Dinamica-EGO modelling platform. *PeerJ* v.7,e7213, 2019. <http://doi.org/10.7717/peerj.7213>

PENIDO, Iago S.; PESSALI, Tiago C.; ZAWADZKI, Cláudio H. When destruction comes first: Two new species of *Hypostomus* Lacépède, 1803 (Siluriformes: Loricariidae) from a deeply-impacted river in the Rio São Francisco basin in Brazil. *Journal of Fish Biology*, v. 98, n. 5, p. 1371-1384, 2021.

PÉREZ, A. G. Deslocamentos e mortalidade de peixes nos rios Grande e Paranaíba, MG. 2014. Tese (Doutorado) Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014.

PHILLIPS, S. J.; ANDERSON, R. P.; SCHAPIRE, R. E. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. 2006. v. 190, p. 231–259.

Pompeu, P. S.; ALVES, Carlos Bernardo Mascarenhas; Callisto, M.. The effects of urbanization on biodiversity and water quality in the Rio das Velhas basin, Brazil.. *American Fisheries Society Symposium*, v. 47, p. 11-22, 2005.

POMPEU, P. S.; MARTINEZ, C. B. Temporal patterns of fish passage in Santa Clara Power Plant's fish lift, Mucuri River, east Brazil. *Rev. Bras. Zool.* [online] v.23, n.2, p.340-349, 2006.

POMPEU, P. S. S. et al The ichthyofauna of upper rio Capivari: Defining conservation strategies based on the composition and distribution of fish species, *Neotropical Ichthyology*, v.7, n.4, p. 659–666. 2009. doi: 10.1590/s1679-62252009000400015.

PRADO, J. et al. Diversity of ferns and lycophytes in Brazil. *Rodriguésia*, v. 66, n. 4, 2015. (DOI: 10.1590 / 2175-7860201566410)

PRYCE, B. et al. Okanagan ecoregional assessment, Canada: Nature Conservancy. 2006, v. 2. (Appendices).

PUGEDO, M. L. et al. Integrative taxonomy supports new candidate fish species in a poorly studied neotropical region: the Jequitinhonha River Basin, *Genetica*, v.144,n.3, p. 341–349. 2016. doi: 10.1007/s10709-016-9903-4.

PÜTTKER, T. et al. Indirect effects of habitat loss via habitat fragmentation: a cross-taxa analysis of forest-dependent species. *Biological Conservation*. Oxford: Elsevier Sci Ltd, v.241, p.1- 10, 2019. 1016/j.biocon.2019.108368.

REFLORA - Herbário virtual. Rio de Janeiro: Jardim Botânico. 2014. Disponível em: <http://reflora.jbrj.gov.br/reflora/herbarioVirtual/>

RIBEIRO, M. C. et al. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. *Biological Conservation*, v. 142, n. 6, p. 1141–1153. 2009.

ROCHA-SANTOS L, et al. The shrinkage of a forest: Landscape-scale deforestation leading to overall changes in local forest structure. *Biological Conservation*, n.196, p.1–9. 2015.

SALVADOR, G. N. et al. 'The ichthyofauna of the Rio Carinhanha basin, one of the main tributaries of the Rio São Francisco', *Arquivos de Zoologia*, v.51,n.4, p. 31–44.2020.doi: 10.11606/2176-7793/2020.51.04.

SALVADOR, G. N., et al. Mining activity in Brazil and negligence in action. *Perspectives in Ecolog and Conservation*, v.18, n.2, p.139-144.2020.

SALVADOR G. N et.al. Spatial distribution of *Megalancistrus barrae* (Steindachner 1910), and first record on the high stretch of São Francisco Basin. *Check List*, n.11, p. 4–7, 2015.

SARAIVA, S. O. AND POMPEU, P. S. Fish hatching and its effects on the morphology Of *Prochilodus lineatus* (Actinopterygii: Prochilodontidae), *Brazilian Journal of Biology*, v.76, n.1.p.209 –217. 2016. doi: 10.1590/1519-6984.18514.

SATO, Y.; GODINHO, H. P. Migratory fishes of the São Francisco River'. In: CAROLSFELD, J. et al. (Eds) Migratory fishes of South America. Victoria, British Columbia: World Fisheries Trust, 2003, p. 195–232.

SATO, Y. et al. Influence of the Abaeté River on the reproductive success of the neotropical migratory teleost *Prochilodus argenteus* in the São Francisco River, downstream from the Três Marias Dam, southeastern Brazil', *River Research and Applications*, v.21, n.8, p. 939–950. 2005. doi: 10.1002/rra.859.

SETE SOLUÇÕES E TECNOLOGIA AMBIENTAL. Programa de monitoramento da Ictiofauna: pré-enchimento do reservatório. Relatório consolidado. 2003.

SHARP, R., et.al. *INVEST 3.6.0 User's Guide: The Natural Capital Project*. Stanford University, University of Minnesota, The Nature Conservancy, World Wildlife Fund, Stanford University. 2018.

SILVA, F. O. et al. Recruitment dynamics of a migratory fish in a semi-arid river system, *Inland Waters*. v.10, p. 1–13. 2020. doi: 10.1080/20442041.2020.1805977.

SILVA, P. A. *et al.* Determinação da extensão do rio São Francisco. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 11. 2003, Belo Horizonte. Anais [...], São José dos Campos: INPE, 2003.p.393-394.

SISEMA. Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Belo Horizonte: IDE-Sisema, 2019. Disponível em: idesisema.meioambiente.mg.gov.br.

STAUFFER, D.; AHARONY, A. *Introduction to percolation theory*. 2. ed. London: Taylor & Francis. 1992.

SUZUKI, F. M., ZAMBALDI, L. P. AND POMPEU, P. S. Mapping the critical habitats for migratory species of the upper Grande River Region, Minas Gerais State, Brazil, *Applied Ecology and Environmental Research*, v.11, n.4, p. 645–659. 2013. doi: 10.15666/aeer/1104_645659.

TAMBOSI, L. R. et al. A framework to optimize biodiversity restoration efforts based on habitat Amount and Landscape Connectivity. *Restoration ecology* v. - 22, n. 2, p. 169, 2014.

TAUBERT, F. et al. Global patterns of tropical forest fragmentation. *Nature*, v. 554, p. 519, 14 fev. 2018.

TAYLOR, P. D. et al. Connectivity Is a Vital Element of Landscape Structure. *Oikos*, v. 68, n. 3, p. 571–573. 1993.

TEIXEIRA, T. F. et al. A new species of *Hyphessobrycon* (Characiformes, Characidae) from the upper Rio Jequitinhonha basin, Minas Gerais, Brazil, with comments on morphological similarities with *Stethaprioninae* species from headwater environments. *Journal of Fish Biology*, v.96, n.1, p. 140–153. 2020.doi: 10.1111/jfb.14198.

USGS. Shuttle Radar Topography Mission 1 Arc-Second Global (Digital Object Identifier (DOI) number: /10.5066/F7PR7TFT. 2015. Disponível em: https://www.usgs.gov/centers/eros/science/usgs-eros-archive-digital-elevation-shuttle-radar-topography-mission-srtm-1-arc?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects

VALLE JÚNIOR, R. F. et al. Diagnóstico das áreas de preservação permanente na bacia hidrográfica do Rio Tijuco, Ituiutaba - MG, utilizando tecnologia SIG. *Engenharia Agrícola*, v.3, n.3, p. 495–503. 2010 doi: 10.1590/s0100-69162010000300013.

VARI, R.P.; DE SANTANA, C.D.; WOSIACKI, W.B. South American electric knifefishes of the genus *Archolaemus* (Ostariophysi, Gymnotiformes): undetected diversity in a clade of rheophiles. *Zoological Journal of the Linnean Society* n.165, p. 670–699, 2012.

VIEIRA, F. A ictiofauna do rio Santo Antônio, bacia do rio Doce, MG: proposta de conservação. 101 f., Tese (Doutorado em Ecologia, Conservação e Manejo de Vida Silvestre. UFMG, Belo Horizonte. 2006.

VIEIRA, F. Distribuição, impactos ambientais e conservação da fauna de peixes da bacia do rio Doce, MG. *Biota*, v.2, p. 5–22, Belo Horizonte, v.2, n.5, dez./jan., 2009/2010.

VIEIRA, F.; RODRIGUES, R. R. A fauna de peixes dos afluentes do rio Paraíba no Estado de Minas Gerais, MG. *Biota*, v.3, n1, p. 5–23, 2010.

VIEIRA, PEREIRA & GOMES. Avaliações dos deslocamentos de peixes no médio rio São Francisco (MG/BA) através de técnica de marcação e recaptura. *ENCONTRO BRASILEIRO DE ICTIOLOGIA*, 20. Anais, 2013.

VONO, V. LIMA, G. B. (Coord.) Plano de Conservação da Bacia do Rio Quebra-Anzol. 2008. Disponível em: http://www.ccbe.com.br/assets/pdf/PCBQA_FINAL-cp-prot.pdf

WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. Predicting rainfall erosion losses - a guide to conservation planning. Washington, DC: USDA, 1978. 58p. (Agriculture Handbook, 537).



Estratégias para a Conservação
da Biodiversidade e dos
Ecossistemas de **Minas Gerais**
