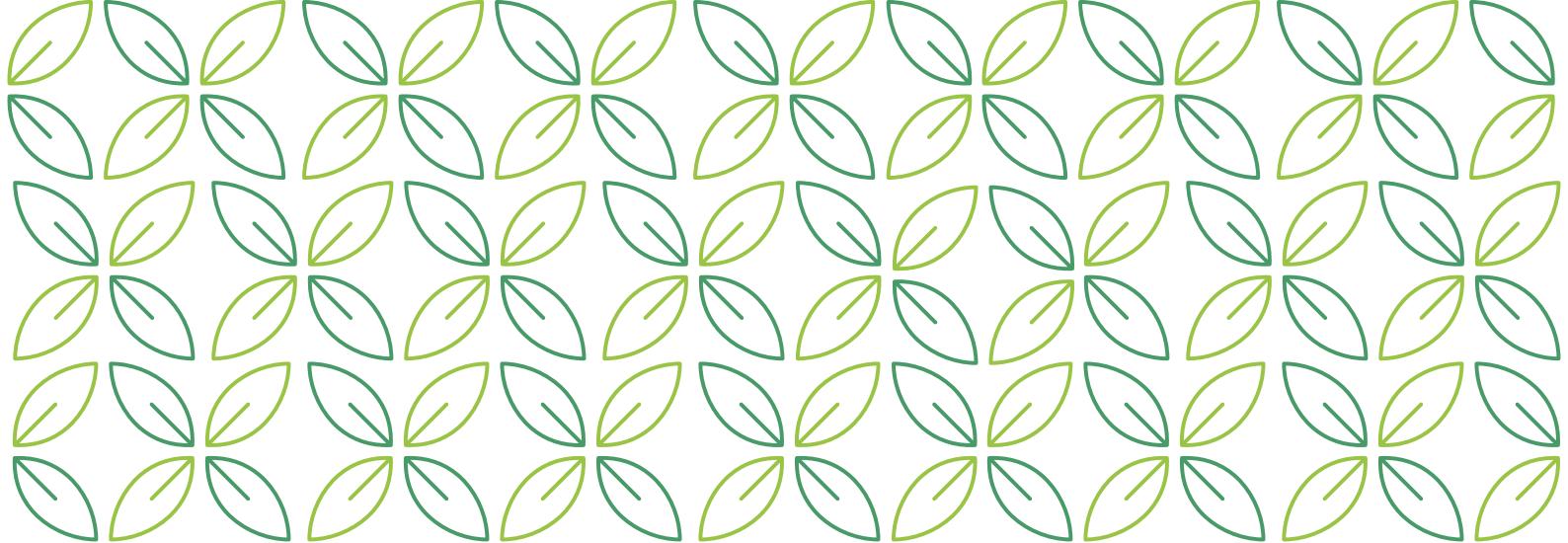


PROGRAMA PRODUTOR DE ÁGUA



SÉRIE MANUAIS DO PROGRAMA PRODUTOR DE ÁGUA:
**VOL. 2 DIAGNÓSTICO NO PROGRAMA
PRODUTOR DE ÁGUA**



República Federativa do Brasil

Luiz Inácio Lula da Silva
Presidente da República

Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional

Antônio Waldez Góes da Silva
Ministro

Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

Diretoria Colegiada
Veronica Sánchez da Cruz Rios (Diretora-Presidente)
Ana Carolina Argolo
Cristiane Collet Battiston
Larissa Oliveira Rêgo
Leonardo Góes Silva

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO
MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO E DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL



PROGRAMA
PRODUTOR DE ÁGUA
SÉRIE MANUAIS DO PROGRAMA PRODUTOR DE ÁGUA
VOL. 2 DIAGNÓSTICO NO
PROGRAMA PRODUTOR DE ÁGUA

BRASÍLIA - DF
ANA
2025

© 2025 Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA)

Setor Policial Sul, Área 5, Quadra 3, Edifício Sede, Bloco M
CEP: 70610-200, Brasília/DF
Telefone: (61) 2109-5400 / 5252
Endereço eletrônico: <https://www.gov.br/ana/pt-br>

Comissão de Editoração

Joaquim Gondim (Coordenador)
Humberto Cardoso Gonçalves
Ana Paula Fioreze
Mateus Monteiro de Abreu (Secretário-Executivo)

Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

Nazareno Marques de Araújo
Superintendente de Planos Programas e Projetos
Henrique Pinheiro Veiga
Superintendente Adjunto de Planos Programas e Projetos
Carolina Arantes
Coordenadora da Superintendência de Planos, Programas e Projetos

Coordenação Geral

Henrique Pinheiro Veiga

Coordenação de Conservação e Uso Sustentável da Água

Consuelo Franco Marra
Cristianny Villela Teixeira
Eliane Meire de Souza Araújo
Luis Augusto Preto
Priscila Passos Barreto Costa
Rossini Ferreira Matos Sena
Vera Maria da Costa Nascimento

Consultor

Igor Pinheiro Rocha

Revisão projeto gráfico e capa

Nageysiel da Silva Pires

Diagramação

Jadson Nobre da Silva

Foto da capa

Cachoeira na antiga estrada que ligava o Paraná a Santa Catarina - Mata Atlântica -
PR Ricardo Zig Koch Cavalcanti / Banco de Imagens ANA

Esta publicação é resultante de uma ação no âmbito do Projeto de Cooperação Técnica entre o Governo Brasileiro e o Instituto Interamericano de Cooperação – PCT BRA/IIICA/18/001 - Gestão de Recursos Hídricos - Apoio a Implementação de Ações dos Planos de Recursos de Hídricos de Bacias Interestaduais-, da equipe técnica do Programa Produtor de Água da ANA e de projetos parceiros do Programa.

Todos os direitos reservados.

É permitida a reprodução de dados e de informações contidas nesta publicação, desde que citada a fonte.

Catalogação na fonte: Divisão de Biblioteca/CEDOC

A265d

Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (Brasil).

Diagnóstico no Programa Produtor de Água / Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. – Brasília: ANA, 2025.

112 p.: il. (Série Manuais do Programa Produtor de Água; v. 2)

ISBN: 978-65-88101-78-0

1. Bacias Hidrográficas - Revitalização. 2. Água – Conservação. 3. Solos.
4. Meio Ambiente Projetos. I. Título. II. Série.

CDU 502.13(035)

Elaborada por Fernanda Medeiros – CRB-1/1864

Lista de Figuras

Figura 1 – Tela do Mapa da Rede Hidrometeorológica.....	39
Figura 2 - Tela da página web do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.....	44
Figura 3 - Distribuição das classes de declividade na bacia hidrográfica do rio Macacu/RJ (escala – 1:50.000).....	49
Figura 4 - Mapa utilizado pelo DNAEE para realização de levantamento topográfico da região de Belo Horizonte em Contagem.....	50
Figura 5 - Modelo Digital de Terreno das bacias hidrográficas do Guaíba/RS (Resolução espacial de 30 metros).....	50
Figura 6 - Tela da página web do Sistema de Informações sobre a Biodiversidade Brasileira	55
Figura 7 - Tela da página web do Sistema Nacional de Informações Florestais	55
Figura 8 - Exemplo de Mapa de uso do solo da bacia hidrográfica do rio Macacu/RJ	59
Figura 9 - Tela da plataforma MapBiomass Uso e Cobertura.....	61
Figura 10 - Exemplo da Estrutura Fundiária da Bacia Hidrográfica do rio Japaratuba (SE).....	64
Figura 11 - Tela da página web do SICAR.....	65
Figura 12 - Tela da página web do SIGEF.....	66
Figura 13 - Telas dos aplicativos <i>Locus Map</i> , <i>Avenza Maps</i> e <i>Time Stamp</i>	67
Figura 14 - Tela da página do IBGE para consulta de dados populacionais	69
Figura 15 - Tela da página do IBGE para consulta de dados	70
Figura 16 - Tela do software TerrSet	72
Figura 17 - Tela da página do Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil.....	76

Lista de Fotos

Foto 1 - Coleta de amostras no rio São Francisco.....	37
Foto 2 - Perfil de Neossolo Regolítico.....	45
Foto 3 - Relevo montanhoso em Minas Gerais.....	48
Foto 4 - Fragmento florestal na bacia do rio Camboriú.....	53
Foto 5 - Coleta de amostras de ictiofauna na bacia do rio Camboriú.....	56
Foto 6 - Indústria às margens da Rodovia em Guapiaçu (SP)	73
Foto 7 - Reunião com a sociedade civil e organizações governamentais.....	75

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Características fisiográficas da rede de drenagem.....	32
Tabela 2 – Parâmetros de qualidade da água	36
Tabela 3 – Categorias de qualidade da água	37
Tabela 4 – Parâmetros e análises associados à quantidade de água	41
Tabela 5 – Atributos do solo e sua descrição.....	45
Tabela 6 – Classificação do relevo.....	49
Tabela 7 – Exemplos de modelos hidrológicos utilizados na simulação de cenários futuros.	52
Tabela 8 – Parâmetros de biodiversidade.....	54
Tabela 9 – Classificação do uso do solo e cobertura da terra	59
Tabela 10 – Classificação fundiária	64
Tabela 11 – Descrição de dados de atividades econômicas	73
Tabela 12 – Metodologia para a avaliação do grau de organização comunitária.....	75
Tabela 13 – Avaliação de aspectos relacionados à educação ambiental	77

Lista de Siglas

ADCP	Acoustic Doppler Current Profiler
ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
APP	Área de Preservação Permanente
ARS	Análise de Redes Sociais
ArcGIS	Software de Sistemas de Informação Geográfica proprietário da ESRI
BHO V6	Base Hidrográfica Ottocodificada – versão 6 - ANA
CAD	Desenho Assistido por Computador
CAR	Cadastro Ambiental Rural
CATI-SP	Coordenadoria de Assistência Técnica Integral de São Paulo
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CNIR	Cadastro Nacional de Imóveis Rurais
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CTC	Capacidade de Troca Catiônica
DATASUS	Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DRP	Diagnóstico Rápido Participativo
EMASA	Empresa Municipal de Água e Saneamento de Balneário Camboriú
EMATER	Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural
ETD	Equipe Técnica de Diagnóstico
GPS	Sistema de Posicionamento Global
GRASS	Geographic Resources Analysis Support System
HEC-HMS	Hydrologic Modeling System (Hydrologic Engineering Center)
HEC-RAS	River Analysis System (Hydrologic Engineering Center)
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
IDHM	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal
IFN	Inventário Florestal Nacional
INCRA	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
INDE	Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais
InVEST	Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
IQA	Índice de Qualidade da Água
LiDAR	Light Detection and Ranging
MDE	Modelo Digital de Elevação
MDT	Modelo Digital do Terreno
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index
NMP	Número Mais Provável
NSF	National Sanitation Foundation
OD	Oxigênio Dissolvido
ONG	Organização Não Governamental
PCJ	Comitês das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí
PIP	Projeto Individual de Propriedade
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos
PSA	Pagamento por Serviços Ambientais
QGIS	Quantum GIS (Sistema de Informação Geográfica de código aberto)
QNEAT3	QGIS Network Analysis Toolbox 3

RL	Reserva Legal
RNA	Redes Neurais Artificiais
SEMAC	Secretaria de Estado do Meio Ambiente, Sustentabilidade e Ações Climáticas
SiBBr	Sistema de Informações sobre a Biodiversidade Brasileira
SiBCS	Sistema Brasileiro de Classificação de Solos
SICAR	Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SIGEF	Sistema de Gestão Fundiária
SNIF	Sistema Nacional de Informações Florestais
SNIRH	Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission
STD	Sólidos Totais Dissolvidos
SWAT	Soil and Water Assessment Tool
TauDEM	Terrain Analysis Using Digital Elevation Models
TNC	The Nature Conservancy
UGP	Unidade de Gestão do Projeto
UNT	Unidade Nefelométrica de Turbidez
USLE	Universal Soil Loss Equation
VRE	Valor de Referência Econômico

Sumário

APRESENTAÇÃO	17
1 INTRODUÇÃO	18
1.1 O Programa Produtor de Água	18
1.2 Histórico	19
1.3 Manuais do Programa Produtor de Água	21
2 O DIAGNÓSTICO NO CONTEXTO DO PROGRAMA PRODUTOR DE ÁGUA	22
2.1 Objetivos do Diagnóstico	22
3 ASPECTOS METODOLOGICOS GERAIS	25
3.1 Avaliação da Estrutura Disponível	25
3.2 Parcerias Institucionais	26
3.3 Participação e Engajamento das Partes Interessadas	27
3.4 Levantamento de Dados Secundários	27
3.5 Levantamento de Dados Primários	28
3.6 Análises e Modelagem em Sistemas de Informações Geográficas (SIG)	28
3.7 Priorização de Áreas	29
4 PRODUTOS DO DIAGNÓSTICO	30
5 METODOLOGIAS PARA O DIAGNÓSTICO - ASPECTOS FÍSICOS	31
5.1 Delimitação da Bacia Hidrográfica	31
5.2 Rede de Drenagem	31
5.3 Recursos Hídricos – Qualidade da Água	35
5.4 Recursos Hídricos – Quantidade de Água	40
5.5 Solo	44
5.6 Relevo	48
6 METODOLOGIAS PARA O DIAGNÓSTICO - ASPECTOS BIÓTICOS	53
6.1 Biodiversidade	53
7 METODOLOGIAS PARA O DIAGNÓSTICO - ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS	58
7.1 Uso do solo e cobertura da terra	58
7.2 Estrutura Fundiária	63
7.3 Densidade Populacional	68
7.4 Atividades Econômicas	72
7.5 Organização Comunitária	74
7.6 Educação Ambiental	77
7.7 Saúde Pública	78
8 EXEMPLOS DE DIAGNÓSTICOS DO PRODUTOR DE ÁGUA	80
8.1 Ribeirão Araras	80
8.2 Microcaboia Morro da Palha	82

8.3	Rio Vermelho	84
8.4	Rio Mosquito.....	84
8.5	Alto Descoberto.....	87
8.6	Ribeirão Lajeado.....	90
8.7	Barracão dos Mendes PRISMA CEIVAP.....	92
8.8	Ribeirão Pipiripau.....	94
9	DO DIAGNÓSTICO AO PLANO DE AÇÃO E MONITORAMENTO	97
9.1	Custos estimados	97
9.2	Estratégia de mobilização e comunicação.....	97
10	CONCLUSÃO	98
	REFERÊNCIAS	99
	ANEXO - TERMO DE REFERÊNCIA PARA CONTRATAÇÃO DE PESSOA JURÍDICA PARA ELABORAÇÃO DE DIAGNÓSTICO SOCIOAMBIENTAL	101

Abaixo, seguem os sumários dos demais volumes que compõem a Série Manuais do Programa Produtor de Água:

Vol. 1 – Estruturação de Projetos

APRESENTAÇÃO.....	15
1 INTRODUÇÃO.....	16
1.1 O Programa Produtor de Água.....	16
1.2 Histórico	17
1.3 Manuais do Programa Produtor da Água.....	18
2 BASES CONCEITUAIS DO PROGRAMA PRODUTOR DE ÁGUA.....	20
2.1 Contribuição do Programa Produtor de Água para segurança hídrica.....	20
3 ETAPAS PARA IMPLANTAÇÃO DE PROJETOS DO PROGRAMA PRODUTOR DE ÁGUA..	21
3.1 ETAPA 1 – Identificação de um problema a ser enfrentado	21
3.2 ETAPA 2 – Mobilização e reunião com os parceiros	22
3.3 ETAPA 3 – Diagnóstico socioambiental.....	23
3.4 ETAPA 4 – Estabelecimento do sistema de parceria e de criação da Unidade de Gestão do Projeto	28
3.5 ETAPA 5 – Valoração dos serviços ambientais	30
3.6 ETAPA 6 – Elaboração dos projetos individuais de propriedade (PIPs).....	38
3.7 ETAPA 7 – Implementação das intervenções em campo	40
3.8 ETAPA 8 – Realização dos Pagamentos pelos Serviços Ambientais	41
3.9 ETAPA 9 – Monitoramento e avaliação do projeto	41
3.10 ETAPA 10 – Capacitação, comunicação e divulgação.....	49

Vol. 3 – Elaboração de Projeto Individual de Propriedade

APRESENTAÇÃO.....	16	
1	INTRODUÇÃO.....	17
1.1	O Programa Produtor de Água.....	17
1.2	Histórico	18
1.3	Manuais do Programa Produtor de Água.....	20
2	O PROJETO INDIVIDUAL DE PROPRIEDADE (PIP)	21
2.1	O Pagamento por Serviços Ambientais (PSA)	23
3	PLANEJANDO O PROJETO INDIVIDUAL DE PROPRIEDADE	24
3.1	Etapas prévias à elaboração do PIP	24
3.2	Definições das regras e critérios para o projeto e sua relação com o PIP	26
3.3	Requisitos técnicos e infraestrutura tecnológica.....	34
4	ELABORANDO O PIP.....	43
4.1	Etapa 1 – Caracterização e diagnóstico da propriedade.....	45
4.2	Etapa 2 – Geoprocessamento e elaboração dos mapas	52
4.3	Etapa 3 – Cálculo dos valores do PSA	71
4.4	Etapa 4 – Preenchimento do PIP	72
4.5	Etapa 5 – Apresentação e negociação do PIP	73
4.6	Etapa 6 – Elaboração do PIP Pactuado	75
4.7	Assinatura de contrato e pagamentos	76
4.8	Implementação das intervenções e monitoramentos	78
	REFERÊNCIAS	80
	ANEXO A – MODELO DE PROJETO INDIVIDUAL DE PROPRIEDADE	82
	ANEXO B – MODELO DE TERMO DE REFERÊNCIA PARA CONTRATAÇÃO DE SERVIÇOS DE ELABORAÇÃO DE PIPS	91

Vol. 4 – Práticas Vegetativas para Conservação de Solos e Recursos Hídricos

APRESENTAÇÃO.....	16
1 INTRODUÇÃO.....	17
1.1 O Programa Produtor de Água.....	17
1.2 Histórico	18
1.3 Manuais do Programa Produtor de Água.....	20
2 O PROGRAMA PRODUTOR DE ÁGUA	21
3 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL APLICADA ÀS PROPRIEDADES RURAIS.....	22
3.1 Áreas de Preservação Permanente	22
3.2 Recomposição das Áreas de Preservação Permanente.....	23
3.3 Reserva Legal	25
3.4 Regularização da Reserva Legal.....	26
4 O QUE SÃO AS PRÁTICAS VEGETATIVAS PARA CONSERVAÇÃO DOS SOLOS E RECURSOS HÍDRICOS?.....	28
5 PRÁTICAS VEGETATIVAS PARA ÁREAS PRODUTIVAS.....	29
5.1 Sistema de plantio direto	29
5.2 Rotação de culturas.....	29
5.3 Plantas de cobertura	29
5.4 Culturas em faixas	29
5.5 Cordões de vegetação permanente	30
5.6 Alternância de capinas.....	31
5.7 Ceifa do mato.....	31
5.8 Cobertura morta (mulch)	32
5.9 Faixas de bordadura e quebra-ventos	32
5.10 Sistemas de integração	33
5.11 Sistemas agroflorestais.....	35
5.12 Pastejo rotacionado.....	37
6 PRÁTICAS VEGETATIVAS PARA RECOMPOSIÇÃO DA VEGETAÇÃO NATIVA (APP E RESERVA LEGAL)	40
6.1 Escolha das estratégias de recomposição da vegetação	42
6.2 Estratégias para recomposição da vegetação nativa	44
6.3 Preparo inicial da área para implantação dos métodos de recomposição	49
6.4 Plantio de mudas.....	52
6.5 Semeadura direta.....	56
6.6 Produção de sementes e mudas	59
6.7 Monitoramento das áreas em recomposição	59
7 PRÁTICAS VEGETATIVAS PARA ESTABILIZAÇÃO DE MARGENS DE RIOS E VOÇOROCAS	61

7.1	Técnicas de Engenharia Natural	61
	REFERÊNCIAS	66
	ANEXO A - TERMO DE REFERÊNCIA – PLANTIO DE MUDAS PARA RECOMPOSIÇÃO DA VEGETAÇÃO NATIVA	68
	ANEXO B - MODELO DE MONITORAMENTO PARA ÁREAS EM PROCESSO DE RECOMPOSIÇÃO, PROPOSTO POR (BRANCALION ET AL., 2013).....	80
	ANEXO C - ESTIMATIVA DE CUSTOS MÍNIMOS DE RECOMPOSIÇÃO DA VEGETAÇÃO NATIVA NOS BIOMAS BRASILEIROS, DE ACORDO COM A PORTARIA IBAMA 118 DE 03 DE OUTUBRO DE 2022.....	83

Vol. 5 – Práticas Mecânicas para Conservação de Solos e Recursos Hídricos

APRESENTAÇÃO.....	18
1 INTRODUÇÃO	19
1.1 O Programa Produtor de Água	19
1.2 Histórico	20
1.3 Manuais do Programa Produtor de Água	22
2 DIRETRIZES TÉCNICAS GERAIS.....	23
2.1 Aspectos Legais.....	23
2.2 Aspectos Técnicos Gerais.....	24
3 PRÁTICAS MECÂNICAS DE CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA.....	31
3.1 Barraginha.....	31
3.2 Terraceamento e Microterraceamento	44
3.3 Subsolagem e Escarificação.....	60
3.4 Escoamento Superficial Difuso	72
4 CONTROLE DE PROCESSOS EROSIVOS EM ÁREAS DEGRADADAS	81
4.1 Bioengenharia.....	81
4.2 Integração de Práticas	86
5 RECUPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DE ESTRADAS RURAIS VICINAIS	90
5.1 Degradação das Terras Associada às Estradas Rurais Vicinais	90
5.2 Principais Defeitos nas Estradas Rurais Vicinais	90
5.3 Premissas Gerais Associadas aos Projetos de Melhoria de Estradas	91
5.4 Medidas para Evitar, Mitigar e Compensar Impactos Ambientais.....	92
5.5 Serviços de Manutenção em Estradas Municipais.....	113
REFERÊNCIAS	117
ANEXO - TERMO DE REFERÊNCIA – TR.....	121

Vol. 6 – Práticas Edáficas para Conservação de Solos e Recursos Hídricos

APRESENTAÇÃO.....	16	
1	INTRODUÇÃO	17
1.1	O Programa Produtor de Água	17
1.2	Histórico	18
1.3	Manuais do Programa Produtor da Água	20
2	EROSÃO DE SOLOS	21
2.1	Processo de erosão	21
2.2	Formas de erosão	23
2.3	Suscetibilidade à erosão	24
2.4	Controle da erosão	24
3	AMOSTRAGEM DE SOLO	26
3.1	Equipamentos	26
3.2	Época de amostragem.....	27
3.3	Divisão da propriedade	28
3.4	Profundidade	28
3.5	Número de amostras	28
3.6	Procedimento de campo.....	29
3.7	Preparo das amostras.....	29
4	INTERPRETAÇÃO DE ANÁLISE DE SOLO	30
4.1	Tipos de análise de solo.....	30
4.2	Textura do solo	32
4.3	Fontes de informação por região	33
4.4	Interpretação dos teores	34
5	CORREÇÃO DO SOLO.....	36
5.1	Corretivos agrícolas.....	36
5.2	Métodos de recomendação de calagem.....	36
5.3	Época de aplicação	39
5.4	Profundidade de aplicação	39
5.5	Gessagem	40
6	ADUBAÇÃO	43
6.1	Tipos de adubo	43
6.2	Boas práticas	44
6.3	Recomendação de adubação.....	46
6.4	Recomendação de adubação orgânica	49

6.5	Compostagem	51
6.6	Recuperação de pastagens degradadas.....	56
6.7	Adubação em áreas de recomposição florestal	60
7	AVALIAÇÃO DO ESTADO NUTRICIONAL DE PLANTAS	62
7.1	Métodos de avaliação do estado nutricional.....	62
7.2	Recomendações de manejo	65
7.3	Recomendações de adubação foliar	65
8	ADUBAÇÃO VERDE	67
8.1	Sistema de cultivo	67
8.2	Manejo da biomassa	69
9	ROTAÇÃO DE CULTURAS	70
9.1	Critérios para escolha das culturas na rotação.....	70
9.2	Esquemas de rotação de culturas.....	71
9.3	Planejamento dos ciclos de rotação	73
10	PLANTIO DIRETO.....	75
10.1	Preparação para implantação do plantio direto	76
10.2	Manejo da palhada.....	77
11	CONTROLE DE QUEIMADAS.....	80
11.1	Monitoramento do risco de incêndio	80
11.2	Aceiros e barreiras naturais	81
11.3	Equipamentos para controle de incêndio.....	82
11.4	Queima de resíduos em propriedades rurais	84
12	MANUTENÇÃO DAS PRÁTICAS E MONITORAMENTO DOS RESULTADOS DE QUALIDADE DOS SOLOS	86
12.1	Fertilidade do solo.....	86
12.2	Matéria orgânica do solo.....	87
12.3	Compactação do solo.....	89
12.4	Infiltração de água.....	90
13	PRÁTICAS EDÁFICAS NO CONTEXTO DA BACIA HIDROGRÁFICA	91
	REFERÊNCIAS	92

APRESENTAÇÃO

É com muita satisfação que apresentamos o segundo volume da série de manuais sobre os diversos aspectos que envolvem a metodologia do Programa Produtor de Água, que se destina a promover a conservação de recursos hídricos no meio rural, favorecendo a segurança hídrica.

O Programa foi concebido há pouco mais de vinte anos e apoiou técnica e financeiramente a estruturação de projetos de conservação de água e solo em várias regiões do Brasil. Os projetos apoiados possuem arranjos institucionais específicos de modo a considerar as particularidades locais e regionais, sempre buscando contribuir com a melhoria da disponibilidade hídrica, em termos de quantidade e qualidade, por meio de ações voltadas para a revitalização de bacias hidrográficas.

As experiências adquiridas com o apoio aos projetos proporcionaram as condições necessárias para a elaboração desta série de manuais. Com conteúdos voltados para elaboração de novos projetos, implantação de práticas vegetativas, mecânicas e edáficas, bem como para a realização de diagnóstico e elaboração de projetos individuais de propriedades rurais, estes manuais mantêm-se fiéis às linhas e diretrizes do Produtor de Água.

Seguindo o que está contido nestes manuais, os interessados terão as bases para a estruturação e implementação de projetos e práticas convergentes com o Programa Produtor de Água e poderão usufruir, tanto dos modelos aqui apresentados, quanto dos demais manuais que compõem a série Manuais do Programa Produtor de Água.

Na oportunidade agradecemos a contribuição de todos que se envolveram com este Programa e reconhecemos que este trabalho somente foi possível por contar com os parceiros que, localmente, conduzem os projetos e trazem as grandes contribuições para a melhoria da qualidade e para o aumento da oferta de água nos mananciais trabalhados.

Boa leitura!

Diretoria Colegiada da ANA

1 INTRODUÇÃO

Criada pela Lei nº 9.984/2000, a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) é a agência reguladora responsável por implementar a Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei nº 9.433/1997), e por instituir normas de referência para os serviços de saneamento básico (Lei nº 14.026/2020). De acordo com o seu Planejamento Estratégico 2023-2026, a missão da ANA é garantir a segurança hídrica para o desenvolvimento sustentável do Brasil e contribuir para a universalização do saneamento básico.

Para a consecução dos seus objetivos, a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) tem como diretriz a integração da gestão de recursos hídricos com a gestão ambiental e a articulação com as políticas do uso do solo. Entre outras atribuições, cabe à ANA propor, elaborar, implementar e coordenar projetos e ações de estímulo à conservação de água e solo, inclusive com incentivos financeiros. Com base nisto, em 2001, a instituição decidiu avaliar a possibilidade de implementar um programa voltado à disseminação de modelos eficientes de conservação de recursos hídricos nas bacias hidrográficas brasileiras.

1.1 O Programa Produtor de Água

Estudos conduzidos pela equipe ANA, quando de sua criação, constataram que um dos grandes problemas que afetavam a qualidade da água nas bacias hidrográficas brasileiras estava associado a processos de degradação do solo e que os programas agroambientais mais eficientes eram os que consideravam: a gestão baseada em parcerias; os efeitos ambientais que extrapolam os limites das propriedades; e a adoção de incentivos financeiros proporcionais aos benefícios ambientais gerados ao longo do tempo, fundamentados no princípio do “provedor-recebedor”. Nascia, assim, o Programa Produtor de Água, que busca contribuir com a segurança hídrica por meio do estabelecimento de parcerias para o desenvolvimento de projetos locais que promovam a adoção de práticas de conservação de água e solo no meio rural, associados, preferencialmente, ao Pagamento por Serviços Ambientais (PSA).

As matas ciliares e os remanescentes de vegetação nativa são de grande importância para a proteção dos recursos hídricos. No entanto, em boa parte das bacias hidrográficas brasileiras, predomina o uso e ocupação por atividades produtivas, o que exige que qualquer planejamento que vise a revitalização e conservação do território considerem simultaneamente a relevância dessas áreas para a produção de alimentos, energia e para a conservação de água e solo.

Assim, a revitalização de bacias hidrográficas, realizada no âmbito do Programa, tem como princípio a busca pelo equilíbrio entre produção agrícola e a conservação ambiental. No Programa Produtor de Água, o planejamento das intervenções nas propriedades considera o sistema atual de produção, respeitando as particularidades e necessidades de cada produtor rural. É no meio rural, portanto, que as ações do Programa são conduzidas. Essa perspectiva nos leva às seguintes definições:

Definição do Programa Produtor de Água

○ **Programa Produtor de Água** é uma ação da ANA destinada a promover a conservação de recursos hídricos no meio rural, visando segurança hídrica.

Definição de um Projeto Produtor de Água

Um Projeto Produtor de Água pode ser definido como o conjunto de ações planejadas e coordenadas por arranjo institucional local, visando a revitalização de bacias hidrográficas, sob diretrizes estabelecidas pelo Programa Produtor de Água.

Embora os projetos que integram o Programa sigam diretrizes gerais estabelecidas pela ANA, cada iniciativa possui ampla autonomia para definir seu próprio regulamento. Isso significa que podem apresentar grande diversidade em suas ações de campo, bem como nas metodologias utilizadas para a valoração dos serviços ambientais. Essa autonomia na definição das formas de atuação constitui um dos pilares do Programa, permitindo que gestores locais se sintam plenamente responsáveis pela condução dos projetos e pela apropriação de seus resultados. O Programa preconiza, ainda, que os novos projetos incorporem as experiências dos mais antigos, com a possibilidade de aprimoramento contínuo. Isso tem resultado em projetos cada vez mais modernos, justos, eficientes e com menores custos de transação.

Conforme Resolução ANA nº 180, de 18 de janeiro de 2024, que aprovou as novas Diretrizes do Programa, para que um projeto possa ser reconhecido como integrante do Programa Produtor de Água é necessário cumprir os requisitos abaixo apresentados.

Requisitos a serem atendidos pelos projetos:

Requisitos obrigatórios	Requisitos desejáveis
<ul style="list-style-type: none"> ● Bacia hidrográfica como unidade de gestão e planejamento. ● Diagnóstico socioambiental prévio da bacia, sempre associado aos planos de bacia, onde houver. ● Atuação no âmbito da propriedade rural. ● Adesão voluntária dos produtores rurais. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Estruturação técnica, financeira e de gestão por meio de parcerias institucionais. ● Diversificação e complementaridade das intervenções em campo. ● Estímulo às práticas sustentáveis de produção. ● Uso do Pagamento por Serviços Ambientais como estratégia de permanência das intervenções em campo. ● Plano de monitoramento de resultados e comunicação.

1.2 Histórico

Desde o ano de 2005, o Programa tem induzido, em todo o Brasil, a implantação de projetos de revitalização de bacias, disseminando os conceitos e a aplicação de práticas conservacionistas com efeito indutor e contribuindo com a melhoria dos serviços ecossistêmicos e com o aumento da resiliência local frente aos eventos hidrológicos críticos, cada vez mais frequentes em função das mudanças do clima. O uso dos recursos da cobrança, bem como a sua aplicação em áreas particulares no âmbito dos projetos apoiados pelo Programa, foi objeto de verificação e aprovação quanto à legalidade e pertinência. O Programa demonstrou, desde sua concepção, ter grande potencial de atratividade, capaz de agregar diversos parceiros e de captar significativos recursos financeiros para a execução das ações. Da mesma forma, despertou imediato interesse em veículos de imprensa, da comunidade científica e na sociedade em geral, tendo em vista que se tratava da primeira iniciativa de Pagamentos por Serviços Ambientais (PSA) no Brasil.

O fato de o Programa ser de adesão voluntária, com foco no produtor rural, prezando pela harmonia entre produção agrícola e a conservação ambiental nas propriedades rurais, contribuiu para o sucesso observado. Além disso, o Programa Produtor de Água apoia a execução descentralizada, na qual parceiros locais desempenham papel protagonista. Este aspecto despertou maior disposição por

parte de estados, municípios e organizações ambientais na criação de projetos com maior capacidade de superar eventuais dificuldades ou entraves técnicos, políticos ou administrativos.

As expectativas da ANA confirmaram-se logo na fase inicial de funcionamento do Programa. Um exemplo emblemático é o ocorrido nas bacias hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí (PCJ). Com o início da cobrança pelo uso da água nessas bacias, viabilizou-se a destinação de parte dos recursos arrecadados para o financiamento do Programa. Assim, em 2006, foi iniciada a primeira experiência prática do Programa Produtor de Água, em Extrema (MG). Diversos parceiros uniram-se à ANA na gestão do projeto, como a Secretaria de Meio Ambiente de São Paulo, a Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI-SP), a *The Nature Conservancy* – TNC, a Prefeitura Municipal de Extrema e a Agência das Bacias PCJ.

Em 2009, foi lançada a primeira versão do Manual Operativo do programa, no qual a ANA manifestava a possibilidade de que os interessados apresentassem seus projetos através de demandas espontâneas. Em vários casos, os projetos tinham interesse apenas na implantação de ações de conservação de água e solo, mas careciam de arranjos de governança e de previsão de PSA. Quando considerado cabível e havendo disponibilidade de recursos, a ANA prestava apoio técnico e até mesmo financeiro. O foco do Programa, nesta fase, foi buscar um efeito demonstrativo, ampliar sua capilaridade e alcançar resultados concretos das ações de intervenção em nível de propriedade rural - especialmente na redução do aporte de sedimentos às calhas de rios e aumento dos volumes de recarga hídrica.

A partir de 2013, com a publicação da segunda versão do Manual Operativo, por meio da Portaria ANA nº 196, de 30 de agosto de 2013, a ANA manteve o atendimento a demandas espontâneas em áreas estratégicas para a obtenção do efeito demonstrativo desejado, passando também a realizar chamamentos públicos, por meio de editais, para seleção de projetos a serem reconhecidos e/ou apoiados, inclusive com aporte financeiro.

Como resultado dessa primeira fase do Programa Produtor de Água, aproximadamente 200 (duzentas) iniciativas foram trazidas à ANA, das quais, nos anos seguintes, mais de 60 (sessenta) projetos foram implantados, em todas as regiões brasileiras.

A partir das experiências acumuladas na primeira fase do Programa, alguns aspectos foram detectados e diagnosticados pela equipe da ANA, bem como por estudos e pesquisas externas, como prováveis causas de maior sucesso de determinados projetos em relação a outros. Esse conhecimento permitiu estabelecer cenários mais fidedignos sobre as demandas prioritárias dos atores interessados em implantar projetos.

Diante da experiência adquirida e da crescente demanda por apoio a novos projetos, consolidou-se o entendimento de que o Programa atingiu maturidade, relevância e efeito demonstrativo suficientes para ser conduzido de forma ainda mais descentralizada, com o protagonismo de comitês de bacias hidrográficas, agências de água e órgãos estaduais de recursos hídricos, alinhando-se às ações prioritárias previstas nos planos de bacias.

A partir da Resolução ANA nº 180, de 18 de janeiro de 2024, que aprovou as novas Diretrizes do Programa, a ANA passou a priorizar o apoio às instâncias do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (Singreh) na condução da implantação e acompanhamento de projetos em áreas prioritárias definidas nos planos de bacia. Para isso, a Agência reforçará suas estratégias de capacitação, de apoio institucional, de divulgação de resultados, de reconhecimento e integração de iniciativas exitosas e de busca por parceiros e fontes para o aporte de novos recursos.

Para o efeito multiplicador pretendido, e conforme mencionado, uma das estratégias da ANA trata do reconhecimento de programas e projetos de conservação de água para composição do portfólio do

Programa Produtor de Água, processo que foi regulamentado pela Resolução ANA nº 181, de 19 de janeiro de 2024. Além dos programas e projetos reconhecidos no Anexo I da Resolução ANA nº 181/2024, que devem enviar informações atualizadas anualmente para a manutenção do reconhecimento, a estratégia multiplicadora da ANA inclui a publicação de editais de chamamento e demais instrumentos convocatórios.

1.3 Manuais do Programa Produtor de Água

A partir da experiência adquirida até o momento e da definição da metodologia de trabalho do Programa Produtor de Água, a ANA decidiu lançar uma série de Manuais com o objetivo de compartilhar com os interessados o conhecimento acumulado ao longo do tempo no apoio à implantação de projetos, conforme apresentado a seguir:

- Vol. 1 – Manual de Estruturação de Projetos;
- Vol. 2 – Manual de Elaboração de Diagnósticos no Programa Produtor de Água;
- Vol. 3 – Manual de Elaboração de Projeto Individual de Propriedade;
- Vol. 4 – Manual de Práticas Vegetativas para Conservação de Solos e Recursos Hídricos;
- Vol. 5 – Manual de Práticas Mecânicas para Conservação de Solos e Recursos Hídricos; e
- Vol. 6 – Manual de Práticas Edáficas para Conservação de Solos e Recursos Hídricos.

Dando continuidade à série de manuais do Programa Produtor de Água, o Volume 2 tem como foco a elaboração de **diagnóstico socioambiental**, etapa fundamental para a estruturação de projetos voltados à conservação de recursos hídricos em bacias hidrográficas. O documento oferece orientações para a identificação dos problemas a serem enfrentados pelos futuros projetos, bem como para a delimitação de áreas prioritárias de intervenção e a avaliação da estrutura técnica, institucional e financeira disponível para sua realização. A proposta metodológica aqui apresentada busca atender às diferentes realidades locais, oferecendo caminhos adaptáveis conforme a capacidade da equipe e a disponibilidade de dados e recursos.

O manual está estruturado em itens que abordam, de forma sistematizada, o conjunto de variáveis ambientais e socioeconômicas que devem ser consideradas no diagnóstico, além de trazer metodologias específicas para as Equipes Técnicas de Diagnóstico (ETDs¹). Também são apresentados exemplos práticos de cenários reais, orientações para a definição de áreas prioritárias. O objetivo é oferecer suporte técnico consistente e acessível para que as equipes envolvidas possam desenvolver diagnósticos adequados, subsidiando a tomada de decisão e a elaboração de projetos alinhados às diretrizes do Programa Produtor de Água.

¹ Equipe Técnica de Diagnóstico (ETD): termo direto que reflete o papel técnico da equipe responsável pelo diagnóstico e pode se aplicar a qualquer equipe, independentemente de sua capacidade ou tamanho.

2 O DIAGNÓSTICO NO CONTEXTO DO PROGRAMA PRODUTOR DE ÁGUA

O Diagnóstico é o primeiro passo no sentido de construir um estudo orientado para lidar com o problema identificado e fundamental para a compreensão da situação atual de uma bacia ou microbacia hidrográfica onde se pretende implementar um projeto nos moldes do Programa Produtor de Água. Ele constitui a base para o planejamento e a implantação das ações, permitindo identificar as características físicas, ambientais e socioeconômicas da área.

No âmbito do Programa Produtor de Água, o diagnóstico desempenha um papel estruturante. Ele constitui a base para o planejamento estratégico e a tomada de decisões, permitindo identificar desafios, potencialidades, oportunidades e áreas prioritárias para intervenção. O diagnóstico deve ser abrangente e considerar, não apenas os aspectos técnicos ambientais, mas também as características socioeconômicas e político-institucionais da área de estudo. Um bom diagnóstico é primordial para alocar de forma mais eficiente os recursos humanos e financeiros. O processo de elaboração do diagnóstico deve ser conduzido, preferencialmente, por uma equipe multidisciplinar.

Este manual visa prover subsídios para mobilizadores, técnicos, gestores, provedores e beneficiários de serviços ambientais, auxiliando na estruturação de projetos de conservação de água e solo em unidades hidrográficas, desde a compreensão de um problema até o monitoramento das ações, com foco na etapa de diagnóstico.

2.1 Objetivos do Diagnóstico

Os objetivos do diagnóstico no contexto do Programa Produtor de Água incluem, mas não se limitam aos pontos detalhados a seguir:

- I. **Delimitar a bacia hidrográfica do projeto** - em projetos de revitalização, a bacia hidrográfica deve ser a unidade de planejamento e gestão. Portanto, o primeiro passo é delimitar a sub bacia ou microbacia hidrográfica do projeto a partir do ponto no corpo hídrico que possa ser um ponto de controle, vinculado ao problema identificado. Uma questão que deve ser considerada é a escala: bacias hidrográficas muito grandes tendem a diluir os efeitos das práticas conservacionistas, enquanto bacias menores, que concentram um número maior de intervenções em uma área menor, são mais sensíveis aos impactos positivos esperados pelas práticas de conservação de água e solo.
- II. **Caracterizar e analisar os aspectos físicos, ambientais, socioeconômicos e político-institucionais** – o diagnóstico realiza uma análise integrada de diversos componentes da bacia hidrográfica:

Meio Físico: Inclui a análise de componentes fundamentais para caracterizar e analisar a bacia hidrográfica do projeto, como solos e recursos hídricos. Abrange também levantamentos sobre geologia, geomorfologia, relevo, clima, dados de precipitação e temperatura.

Meio Biótico: Visa a caracterização da vegetação, o bioma e as fitofisionomias vegetais, análise de fragmentação e qualidade da vegetação, bem como do estado de conservação da bacia.

Meio Socioeconômico: Objetiva caracterizar e identificar alterações no modo de ocupação e na exploração dos recursos naturais mediante a sistematização de dados demográficos e socioeconômicos. Abrange o contexto demográfico (densidade populacional, áreas urbanas/rurais), atividades econômicas (principais setores, pressões sobre recursos naturais), uso de recursos naturais locais (captação de água por grandes usuários e moradores), organização

comunitária, educação ambiental e saúde pública. Considera aspectos fundiários para aprimorar a validação de áreas sensíveis e informações sobre usuários da água. A caracterização socioeconômica das áreas sensíveis também é prevista.

Político-Institucional: Envolve a análise da legislação ambiental, fundiária e outros instrumentos normativos, bem como o levantamento e análise de planos, programas e projetos existentes no território. Busca identificar sinergias com outros planos, como Planos de Recursos Hídricos, Planos Diretores e Planos de Manejo de Unidades de Conservação.

III. Entender os principais vetores de pressão antrópica que impactam os recursos hídricos em uma microbacia - este objetivo se aprofunda na identificação das diversas fontes de pressão ou alteração dos ecossistemas naturais capazes de interferir nas condições relacionadas ao uso sustentável dos recursos hídricos. As atividades que podem gerar maiores pressões sobre os recursos hídricos incluem atividades agropecuárias, silviculturas, mineração, áreas urbanas, estradas e atividades voltadas ao saneamento. O diagnóstico avalia como essas atividades produzem resultados que afetem a qualidade e a disponibilidade hídrica dos corpos d'água. Portanto, o diagnóstico busca analisar a situação quali-quantitativa dos recursos hídricos, avaliando a relação entre demandas e disponibilidade hídrica, a vulnerabilidade e ameaças aos recursos hídricos e a ocorrência de eventos hidrológicos críticos, sejam estiagens prolongadas ou cheias.

IV. Estimar o passivo ambiental - parte fundamental do diagnóstico é estimar o passivo ambiental, como o déficit de Áreas de Preservação Permanente (APPs) e de Reservas Legais (RLs) e a identificação de áreas degradadas. O diagnóstico também aborda a situação geral do saneamento básico nas residências rurais, identificando a sua falta como um fator significativo de contaminação e a necessidade de tratamento e destinação corretos dos efluentes domésticos. Busca-se qualificar e quantificar as demandas ainda existentes na microbacia de forma participativa, dimensionando a quantidade e tipos de ações prioritárias e urgentes para revitalização, e identificando as necessidades e prioridades das famílias nas microbacias.

V. Identificar áreas prioritárias para as intervenções - a definição de áreas prioritárias para conservação e recuperação é um resultado chave do diagnóstico. Esta fase tem como objetivo nortear o desenvolvimento das ações e intervenções nas áreas com maior potencial de gerar benefícios ao(s) serviço(s) ambiental(is) em questão, visando o maior retorno possível frente ao investimento. A identificação é realizada através de uma análise integrada, que utiliza vários critérios relacionados ao objeto de estudo. Critérios comuns incluem uso e cobertura do solo, suscetibilidade à erosão, escoamento superficial, zoneamento, característica das propriedades, produção de sedimentos, fragilidade ambiental e fatores de pressão que afetam a qualidade e disponibilidade dos recursos hídricos. As áreas prioritárias para conservação ambiental geralmente correspondem a ecossistemas naturais preservados, enquanto as áreas para recuperação são aquelas alteradas ou com ocupação antrópica que geram pressões sobre os recursos hídricos.

VI. Definir a situação inicial da qualidade e quantidade dos recursos hídricos (linha de base) para monitoramento - o diagnóstico deve estabelecer a situação inicial da qualidade e quantidade dos recursos hídricos, também conhecida como linha de base. A linha de base é fundamental para o monitoramento, permitindo acompanhar os resultados das ações do projeto, dar visibilidade às experiências e fornecer elementos para a correção de rumos ao longo do tempo. Ela pode ser estabelecida por indicadores obtidos a partir de dados primários ou calculada indiretamente com base no mapeamento atual do uso e ocupação do solo.

VII. Subsidiar a elaboração do Plano de Ação - lidar com as informações e os resultados obtidos durante o diagnóstico é essencial para subsidiar a definição das áreas prioritárias e o desenvolvimento de um Plano de Ação. O diagnóstico permite identificar as deficiências ambientais e as necessidades específicas da microbacia, indicando as melhores técnicas de intervenção para a manutenção e/ou melhoria da qualidade hídrica. O Plano de Ação delineará as estratégias, ações e atividades passíveis de desenvolvimento, como ações de conservação do solo, recuperação da vegetação, melhoria de estradas, restauração de áreas degradadas, gestão de saneamento, entre outras, com base nas prioridades e demandas identificadas no diagnóstico. Nessa fase são estimados os custos para as intervenções e definidas as bases para a governança local do projeto.

3 ASPECTOS METODOLOGICOS GERAIS

A metodologia para a elaboração do diagnóstico deve ser integrada e combinar a coleta de dados primários e secundários, análises espaciais e hidrológicas e a participação das partes interessadas. A elaboração deve ser conduzida preferencialmente por uma equipe multidisciplinar, com uma abordagem flexível e adaptada às particularidades da bacia e à estrutura disponíveis. A estrutura pode ser entendida como o conjunto de recursos disponíveis para a execução do diagnóstico, incluindo os recursos humanos (equipe e suas qualificações), financeiros (orçamento e capacidade de investimento), e as habilidades técnicas (competências necessárias para a coleta, análise e interpretação de dados). Além disso, engloba o acesso a ferramentas, tecnologias e infraestruturas que permitam a manipulação adequada das informações e a condução dos estudos de maneira eficiente e eficaz, sempre focando nas particularidades das bacias hidrográficas.

Como dito anteriormente, o processo engloba a avaliação da estrutura disponível para elaboração do diagnóstico, o estabelecimento de parcerias institucionais e necessidade de envolvimento da comunidade e demais interessados, bem como o levantamento de dados secundários e primários, modelagens e análises integradas.

O diagnóstico pode ser realizado diretamente por uma equipe disponibilizada pela estrutura local de parceiros envolvidos na vontade de resolver o problema identificado ou pode ser contratado e, para este caso, este Manual disponibiliza, como Anexo, um modelo de Termo de Referência que também pode ser encontrado, em formato editável, no site da [ANA](#)².

3.1 Avaliação da Estrutura Disponível

Antes de iniciar os trabalhos os interessados em desenvolver um projeto devem avaliar a estrutura disponível. Isso envolve considerar os recursos humanos, financeiros e as habilidades técnicas disponíveis. Além disso, é importante compreender a governança do projeto. Em muitos casos, o corpo técnico que irá elaborar o estudo, aqui qualificado como Equipe Técnica de Diagnóstico (ETD) ou "equipe," não opera de forma isolada, mas em colaboração com um conjunto de instituições, que pode incluir órgãos gestores estaduais de recursos hídricos, de meio ambiente, prefeituras, universidades, operadoras de saneamento, comitês de bacia, entidades delegatárias, entre outros atores. Esse conjunto de parceiros toma as decisões estratégicas para a execução do diagnóstico, a partir da identificação do problema que se pretende resolver com o projeto. Portanto, a capacidade da equipe em articular-se e alinhar suas ações com os parceiros envolvidos é fundamental para garantir a eficiência do diagnóstico.

No que se refere aos recursos humanos, é importante identificar as qualificações da equipe, tanto em termos de formação quanto de experiência em diagnósticos socioambientais, com foco nas questões sociais e ambientais associadas à bacia hidrográfica objeto do diagnóstico.

Também é necessário entender a capacidade da equipe de utilizar ferramentas de análise e interpretação de dados, como softwares de SIG³ ou metodologias de campo, que são particularmente importantes para o estudo de bacias. Pode-se ainda avaliar a disponibilidade de orçamento para a contratação de serviços especializados, como modelagem hidrológica e sensoriamento remoto, caso necessário.

Após essa análise, a equipe poderá ter uma visão clara de suas limitações e potencialidades, o que permitirá a escolha de técnicas e metodologias mais adequadas à sua realidade e à escala da bacia hidrográfica em estudo.

² <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/gestao-das-aguas/nossos-programas> (visita em 18/09/2025)

³ SIG (Sistema de Informação Geográfica): conjunto de ferramentas e tecnologias que permite a coleta, armazenamento, análise e visualização de dados geograficamente referenciados. O SIG é amplamente utilizado em diversos campos, como planejamento de bacias hidrográficas, gestão ambiental e logística, facilitando a tomada de decisões baseadas em dados espaciais e geográficos.

No caso de equipes com poucos recursos, a estratégia pode ser baseada na simplicidade, utilizando métodos mais acessíveis, como a coleta de dados em campo por observação direta e o uso de dados públicos já disponíveis em bases de dados geográficas. A ênfase está em maximizar o uso de ferramentas gratuitas e na coleta de informações primárias simples, porém eficazes, para o contexto das bacias hidrográficas.

Para equipes com maior capacidade técnica e acesso a grandes volumes de dados, a orientação é focar no uso de tecnologias avançadas, como sensoriamento remoto, modelagem hidrológica e cruzamento de dados complexos. Nesses casos, é importante garantir que a equipe tenha a capacidade de manipular essas informações de forma adequada e interpretar os resultados de maneira que agregue valor ao diagnóstico da bacia hidrográfica.

O fator custo desempenha um papel importante na execução do diagnóstico. Entretanto, a qualidade do diagnóstico não depende exclusivamente do montante financeiro disponível, mas sim da capacidade da equipe de otimizar os recursos e de usar métodos que refletem fielmente as condições da bacia hidrográfica. Mesmo com restrições financeiras é possível realizar diagnósticos eficazes, desde que as metodologias adotadas sejam coerentes com as capacidades locais e as intervenções propostas sejam viáveis, tanto do ponto de vista técnico, quanto econômico.

O empenho da equipe, aliado à gestão eficiente dos recursos disponíveis, é o que define a qualidade do diagnóstico, e não necessariamente o volume de dados ou a quantidade de profissionais envolvidos. Equipes com recursos limitados podem, por meio de observações diretas, do envolvimento da comunidade e com o uso inteligente de dados gratuitos, alcançar resultados tão valiosos quanto equipes com maiores recursos. Da mesma forma, equipes avançadas devem assegurar que os custos justifiquem os benefícios esperados, garantindo que suas recomendações sejam práticas e executáveis, mesmo em cenários orçamentários restritos.

3.2 Parcerias Institucionais

As parcerias com órgãos governamentais, universidades, institutos de pesquisa, conselhos comunitários, ONGs e escolas são fundamentais para o desenvolvimento de um diagnóstico socioambiental robusto e para fortalecer programas de recuperação de serviços ambientais associados à água.

Essas colaborações oferecem acesso a informações, tecnologias, metodologias avançadas e especialistas, permitindo análises detalhadas sem necessidade de infraestrutura própria.

As universidades contribuem com o seu notório saber para conduzir pesquisas aprofundadas, gerando dados de qualidade sobre aspectos socioambientais, demográficos e econômicos da bacia, além de estudos sobre dinâmica populacional, crescimento urbano, mobilidade, distribuição de renda e ocupação territorial. Essa cooperação também pode incluir a interpretação de resultados, recomendações de ações corretivas ou preventivas e análises de percepção ambiental, o que qualifica o diagnóstico.

A participação de conselhos comunitários e ONGs complementa as análises técnicas, fornecendo informações diretamente da comunidade sobre necessidades sociais, infraestrutura, uso dos recursos e práticas locais de manejo. Já a parceria com escolas e organizações locais possibilita levantar informações sobre programas de educação ambiental existentes, identificar lacunas e avaliar seu impacto.

Além do diagnóstico, as parcerias potencializam ações de educação ambiental e a mobilização social. Com apoio acadêmico, é possível desenvolver programas de capacitação para líderes comunitários

e educadores, abordando temas como uso racional da água, práticas de agroecologia e reciclagem, ampliando o engajamento da população.

Por fim, a colaboração com instituições acadêmicas e órgãos governamentais permite realizar levantamentos detalhados sobre produtividade, práticas de manejo e efeitos das práticas de conservação de água e solo, reforçando a base de dados para decisões mais embasadas e eficazes.

3.3 Participação e Engajamento das Partes Interessadas

A participação e o engajamento comunitário constituem componentes estratégicos e indispensáveis para a elaboração de diagnósticos socioambientais robustos e socialmente legitimados. A coleta de informações por meio de entrevistas, questionários e metodologias participativas permite incorporar o conhecimento local, identificar percepções e captar dados qualitativos que complementam a análise técnica, resultando em uma compreensão mais integrada da dinâmica socioambiental da bacia hidrográfica.

A aplicação de **entrevistas formais e informais** com agricultores, moradores e lideranças comunitárias possibilita o registro da memória local sobre mudanças na quantidade e qualidade da água, uso do solo, ocorrência de processos erosivos e práticas agrícolas. Essas informações permitem reconstruir a evolução histórica das pressões ambientais e identificar pontos críticos de degradação. Questionários simples ou estruturados — incluindo escalas de avaliação, como a escala de *Likert*⁴ — podem ser utilizados para aferir percepções sobre conservação, regularização ambiental, desafios de manejo, nível de engajamento social e atitudes individuais em relação às práticas sustentáveis.

Metodologias participativas, como o **Diagnóstico Rápido Participativo (DRP)**⁵, viabilizam a coleta de dados de biodiversidade, percepção ambiental e práticas de uso da terra por meio de caminhadas guiadas, oficinas e dinâmicas coletivas. Essa abordagem promove a troca de saberes entre técnicos e comunidade, fortalece vínculos sociais e aumenta a legitimidade do diagnóstico. A implementação de programas de **ciência cidadã**, com uso de ferramentas digitais e aplicativos de registro de espécies (por exemplo, iNaturalist⁶), amplia a capacidade de coleta de dados e atribui protagonismo à comunidade no processo de levantamento de informações, com validação posterior por especialistas.

A organização de **oficinas participativas** para apresentação e discussão dos resultados técnicos cria um ambiente de cogestão, permitindo que moradores contribuam com recomendações sobre práticas de conservação, prioridades de intervenção e soluções adaptadas às realidades locais. Esse processo fortalece o capital social, promove corresponsabilidade e facilita a implementação do projeto.

Por fim, entrevistas direcionadas a educadores, agentes de saúde e lideranças locais fornecem subsídios adicionais sobre níveis de conscientização ambiental e sobre condições de saúde pública associadas ao meio ambiente (doenças de veiculação hídrica, problemas respiratórios em períodos de seca, entre outros). A integração dessas informações ao diagnóstico possibilita identificar grupos mais vulneráveis e priorizar ações.

De maneira articulada, tais estratégias garantem que o diagnóstico socioambiental reflete não apenas os dados biofísicos e econômicos da bacia, mas também o conhecimento tradicional e as percepções sociais, assegurando maior efetividade, aceitação e sustentabilidade das ações propostas.

3.4 Levantamento de Dados Secundários

⁴ Sistema que mede o quanto uma pessoa concorda ou discorda com uma afirmação.

⁵ Diagnóstico Rápido Participativo (DRP): é uma forma simples e rápida de entender a realidade de uma comunidade. Envolve os próprios moradores na coleta e análise de informações, ajudando-os a tomar decisões mais informadas e a gerir melhor seus recursos e necessidades.

⁶ iNaturalist - <https://www.inaturalist.org/> (visita em 18/09/2025)

Os dados secundários podem ser bastante valiosos e auxiliar no direcionamento dos detalhamentos que serão necessários. Neste sentido, a avaliação de bancos de dados existentes e consultas a instituições que detenham informações relevantes para a caracterização da bacia, bem como uma boa revisão bibliográfica e consulta a literatura técnica e científica sobre a região podem gerar muitos benefícios e aportar informações e dados importantes para o diagnóstico e para a identificação dos problemas a serem trabalhados.

3.5 Levantamento de Dados Primários

Os dados primários podem ser obtidos em áreas identificadas como as mais relevantes e podem envolver a realização de levantamentos de campo para caracterização do meio biótico, APPs, nascentes, uso do solo, infraestrutura rural; a coleta de amostras de água para análise qualiquantitativa; a identificação e registro de obras e infraestruturas como estradas, sistemas de saneamento, barramentos e sistemas de irrigação. Cabe particular atenção, no caso dos projetos do Produtor de Água, à avaliação das condições de estradas vicinais e processos erosivos instalados.

Também se faz muito importante a realização de entrevistas e aplicação de questionários para caracterização socioeconómica e para o levantamento de demandas e conhecimento da dinâmica local.

A aplicação de técnicas como Diagnóstico Rápido Participativo ou a realização de oficinas participativas com proprietários e atores locais são estratégias importantes para coletar informações e validar dados que irão afetar diretamente os projetos, tais como os valores de referência para subsidiar a valoração dos serviços ambientais.

3.6 Análises e Modelagem em Sistemas de Informações Geográficas (SIG)

Algumas técnicas mais robustas podem ser utilizadas, tais como a análise espacial utilizando Sistemas de Informação Geográfica (SIG). Os principais aplicativos usados são QGIS e ArcGIS. A utilização dessas plataformas permite a integração de múltiplas bases de dados – incluindo qualidade da água, uso e cobertura do solo, hidrografia, declividade, dados climáticos e hidrológicos – por meio de técnicas de álgebra de mapas e análises multicritério.

Com o SIG, é possível gerar mapas temáticos, capazes de representar zonas de captação e recarga hídrica, padrões de escoamento superficial, áreas suscetíveis a processos erosivos e regiões de maior vulnerabilidade hídrica. Adicionalmente, técnicas de interpolação, análise de relevo e modelagem hidrológica permitem simular cenários de disponibilidade hídrica, identificar pontos de acúmulo ou déficit e orientar intervenções de conservação de água e solo.

A análise espacial pode ainda contemplar aspectos fundiários, permitindo a classificação das propriedades rurais por porte (minifúndios, pequenas, médias e grandes propriedades), a identificação de conflitos de uso e sobreposições em Áreas de Preservação Permanente (APP) e Reservas Legais (RL), bem como a integração de informações do Cadastro Ambiental Rural (CAR). A realização de análises multitemporais, com o uso de séries históricas de dados e imagens de satélite, possibilita identificar tendências de fragmentação fundiária, expansão agrícola ou urbana e projetar cenários futuros de uso e ocupação do solo.

Os SIGs também permitem integrar dados demográficos e socioeconômicos, oriundos de fontes como IBGE e da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais⁷ (INDE), permitindo estabelecer relações entre densidade populacional, infraestrutura instalada e pressões ambientais. Complementarmente, é possível

⁷ INDE - <https://inde.gov.br/> (visita em 18/09/2027)

mapear percepções ambientais e níveis de engajamento comunitário de forma georreferenciada, o que favorece a definição de estratégias de educação ambiental direcionadas a grupos ou territórios específicos.

Por fim, a incorporação de dados de saúde pública em análises espaciais, representando incidência de doenças associadas a condições ambientais (como enfermidades de veiculação hídrica ou transmitidas por vetores), permite a identificação de áreas de maior vulnerabilidade socioambiental e o direcionamento de ações de saneamento e prevenção.

De forma integrada, tais análises promovem uma compreensão sistêmica da bacia hidrográfica e de suas interações físico-bióticas e socioeconômicas, oferecendo subsídios técnicos qualificados para o planejamento estratégico, a hierarquização de áreas prioritárias e a definição de medidas de gestão orientadas para a melhor execução dos projetos.

3.7 Priorização de Áreas

A priorização de áreas pode ser feita a partir de uma análise integrada de multicritérios que é um método de avaliação que utiliza vários critérios relacionados ao objeto de estudo para identificar locais prioritários para receberem intervenção. No contexto do Programa Produtor de Água, sua finalidade é definir áreas prioritárias para diferentes ações com interface hídrica, sejam de recuperação, sejam de conservação, que proporcionem o favorecimento do aumento da recarga de aquíferos ou atenuação dos processos erosivos que transportem sedimentos, além das especificidades locais, que poderão demandar direcionamentos específicos.

A análise integrada de multicritérios tem base no cruzamento dos resultados do mapeamento de componentes ambientais selecionados como principais para garantir reflexos que proporcionem melhoria hídrica, por meio de mapas-síntese com delimitações das áreas estratificadas em diferentes níveis de resposta às intervenções.

Parâmetros distintos são considerados para definir áreas de recuperação e conservação. Exemplos de critérios para priorização de áreas para recarga de aquíferos incluem declividade, geologia de aquíferos, hidrologia de solos, escoamento de base. Neste caso de favorecimento de recarga de aquíferos, a ANA desenvolveu trabalhos nas bacias dos rios Paranapanema, Doce, Grande (formador do Paraná) e São Marcos (afluente do Paranaíba), outras bacias serão contempladas também e seus resultados poderão ser verificados junto ao comitê de bacia específico.

Outros critérios poderão servir de parâmetro para sobreposição de camadas de informação, dependendo da especificidade de cada problema encontrado no projeto, de forma a fazer o cruzamento de planos de informação e ter um produto que sirva para estruturar um planejamento de ações de intervenção na bacia do projeto.

4 PRODUTOS DO DIAGNÓSTICO

Ao final da etapa de diagnóstico, os produtos esperados incluem:

- Relatório detalhado do diagnóstico socioambiental apresentando os dados coletados e analisados sobre os meios físico, biótico e socioeconômico. Deve incluir uma descrição geral da área de estudo, análise integrada das variáveis diagnosticadas e discussão dos principais desafios e oportunidades.
- Relatório da análise integrada de multicritérios e identificação de áreas prioritárias apresentando a metodologia utilizada, os critérios de priorização e o mapeamento das áreas prioritárias para conservação e recuperação.
- Mapas temáticos como mapas de uso e ocupação do solo, mapas de áreas prioritárias para conservação e recuperação, mapas de suscetibilidade à erosão, mapas de nascentes, mapas fundiários, estradas etc.
- Uma base de dados organizada contendo as informações primárias e secundárias levantadas (dados geoespaciais, dados socioeconômicos, dados qualiquantitativos da água etc.).
- A caracterização da linha de base qualiquantitativa dos recursos hídricos e dos serviços ambientais hídricos.
- Um inventário de planos, programas e ações existentes na bacia, com análise de sinergia.
- Identificação do passivo ambiental existente nas propriedades da área de abrangência do diagnóstico, considerando APPs e Reserva Legal.
- Perfil produtivo refletindo a exploração econômica na bacia, com indicação das atividades com maior potencial de impacto nos recursos hídricos.
- Capacidade institucional com a relação de potenciais parceiros públicos, privados e do terceiro setor, com ênfase no órgão de assistência técnica e extensão rural, universidades, institutos tecnológicos ou centros de pesquisa, companhias de saneamento.
- Plano de Ação elaborado para subsidiar o(s) executor(es) nos próximos passos do desenvolvimento do programa/projeto, de forma a garantir maior efetividade e eficácia dos resultados, considerando aspectos de gestão e técnicos, do ponto de vista da provisão dos serviços ambientais hídricos.
- Fontes de financiamento apresentadas de forma prospectiva, identificando potenciais investidores, formas de acesso aos recursos e sugerindo parceiras específicas que podem dar suporte às ações propostas.

5 METODOLOGIAS PARA O DIAGNÓSTICO - ASPECTOS FÍSICOS

5.1 Delimitação da Bacia Hidrográfica

A delimitação da bacia hidrográfica é um processo que identifica e demarca a área de captação de água que drena para um determinado corpo hídrico, usando dados topográficos e/ou ferramentas de SIG para analisar os divisores de águas. Os métodos variam do manual, com base em mapas topográficos, ao digital, usando Modelos Digitais de Terreno (MDT) e algoritmos em aplicativos de geoprocessamento.

Para se delimitar uma bacia, deve-se percorrer um alinhamento sobreposto ao divisor de águas dela, com partida e chegada no seu exutório, que é o ponto mais baixo da bacia, delimitando uma área rio acima.

A obtenção deste contorno pode ser feita a partir de cartas do IBGE, ortofotos obtidas por imageamento fotográfico, ou outra fonte digital que possua precisão planialtimétrica suficiente para identificação do divisor de águas da microbacia.

O polígono obtido contém toda a área de drenagem a montante do ponto de especial interesse, que pode ser, a depender do problema, a captação de água de uma cidade ou de um conjunto de usuários, ou até mesmo uma localidade rural ou periurbana que sofre com inundações. A área da bacia deve ser delimitada com base em uma análise preliminar do problema a ser resolvido e deve incluir as linhas de drenagem do rio principal e dos seus afluentes.

5.2 Rede de Drenagem

Dentro da variável dos recursos hídricos, a rede de drenagem é de grande importância para entender o comportamento hidrológico da bacia e identificar como os fluxos de água se distribuem. Isso permite observar padrões de escoamento, potencial de erosão e áreas críticas para a conservação de recursos hídricos. A análise da rede de drenagem possibilita também a identificação de pontos de convergência de águas, locais de armazenamento natural e regiões mais vulneráveis à poluição e assoreamento. Algumas das características fisiográficas da rede de drenagem são apresentadas na tabela 1.

Tabela 1 - Características fisiográficas da rede de drenagem.

Parâmetro	Descrição	Classificação
Ordenamento da Rede de Drenagem	Refere-se à hierarquia dos cursos d'água, baseada no sistema de ordenamento, como o método de Strahler ⁸ , onde a cada segmento de curso d'água é atribuída uma ordem, que aumenta conforme ele se conecta com outros de mesma ordem. A maior ordem de curso d'água também designa a ordem da bacia hidrográfica.	1 ^a ordem; 2 ^a ordem; 3 ^a ordem; 4 ^a ordem.
Comprimento dos Cursos d'Água	Mede a extensão de cada segmento do curso d'água. Esse comprimento afeta o tempo de resposta da bacia e o transporte de sedimentos.	Curto (< 1 km); Médio (1-5 km); Longo (> 5 km) ou conforme a escala e características da bacia.
Declividade dos Cursos d'Água	Calculada a partir da diferença de elevação entre o início e o fim do curso d'água dividido pelo comprimento total. A declividade avalia a inclinação do leito dos cursos d'água, influenciando a velocidade do escoamento e o potencial de erosão.	Baixa (< 2%); Média (2-10%); Alta (> 10%).
Densidade de Drenagem	Calculada dividindo o comprimento total da rede pela área total da bacia. Reflete o grau de desenvolvimento da rede de drenagem.	Baixa (< 1 km/km ²); Média (1-3 km/km ²); Alta (> 3 km/km ²).
Índice de Sinuosidade	Calculado dividindo o comprimento real do curso d'água pelo comprimento de uma linha reta entre os pontos inicial e final, representa o desvio do curso d'água em relação a uma linha reta, afetando a estabilidade e o potencial de erosão das margens.	Baixa (< 1,2); Média (1,2-1,5); Alta (> 1,5).

5.2.1 Ordenamento

Base Hidrográfica Ottocodificada ANA – BHO V6 – A Base hidrográfica Ottocodificada Multiescalas da ANA compreende um conjunto de tabelas espaciais ou planos de informação geográfica em formato vetorial, com atributos pré-processados, que disponibilizam informações para apoiar a tomada de decisão em recursos hídricos. Alguns desses atributos são baseados na codificação de bacias hidrográficas de Pfafstetter⁹. A codificação de bacias de Pfafstetter possibilita determinar os trechos ou áreas de drenagem a montante ou a jusante de um determinado ponto por meio de uma consulta simples em SQL em uma plataforma de SIG, como o QGIS.

A BHO V6 é uma base essencial para a realização de análises e estudos hidrológicos e oferece uma estrutura robusta para o planejamento da rede hidrometeorológica, informações para modelagem hidrológica, gestão de cheias, secas e avaliação de disponibilidade hídrica.

[A Base Hidrográfica Ottocodificada está publicada no Portal de Metadados de Dados Geoespaciais da ANA¹⁰.](#)

⁸ O método de Strahler ou classificação de Horton-Strahler atribui uma ordem numérica a cada trecho de rio com base nas confluências. A regra principal é que rios sem tributários são de primeira ordem, e a ordem de um rio aumenta em uma unidade quando dois rios da mesma ordem se unem; caso contrário, a ordem do rio resultante será a do maior dos rios formadores.

⁹ Link: https://metadados.snhr.gov.br/geonetwork/srv/api/records/7bb15389-1016-4d5b-9480-5f1acdadd0f5/attachments/Manual_Codificacao_de_Bacias_de_Otto_Pfafstetter.pdf (visita em 09/07/2025)

¹⁰ Link: <https://metadados.snhr.gov.br/geonetwork/srv/po/catalog.search#/metadata/32e309da-a8c1-443f-90ac-0cd79ce6a33d> (visita em 09/07/2025)

CODIFICAÇÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS PELO MÉTODO DE OTTO PFAFSTETTER:

Trata-se de um método que permite a hierarquização da rede hidrográfica; a topologia da rede está embutida no código; ser de aplicação global; ser de fácil implementação computacional e, consequentemente, interagir bem com Sistemas de Informação Geográfica – SIGs.

Ordenamento com SIG - A equipe pode utilizar um SIG, como o QGIS ou ArcGIS, para aplicar o método de Strahler na classificação hierárquica dos cursos d'água. É uma ferramenta bastante usual e de relativa simplicidade de uso, mas para utilizá-la é importante ter disponível o Modelo Digital do Terreno (MDT) da bacia.

Com o MDT, pode-se utilizar as ferramentas de hidrologia do SIG para gerar a rede de drenagem, a partir da análise do fluxo de água no relevo. Em seguida, com a ferramenta de ordenamento de rede, que identifica a hierarquia dos cursos d'água automaticamente, permitindo uma visualização clara dos diferentes níveis.

Ferramentas como o plugin “r.stream.order” do QGIS¹¹ realizam a classificação de Strahler, automatizando o processo de ordenamento e oferecendo um mapeamento detalhado da estrutura de drenagem.

Algoritmos automatizados - A equipe responsável pelo diagnóstico pode fazer uso de algoritmos automatizados para ordenar a rede de drenagem usando o método de Strahler. Ferramentas como o ArcHydro ou plugins como o r.stream.order no QGIS facilitam o ordenamento automático em larga escala, analisando o fluxo acumulado e a conectividade dos segmentos do rio para classificação precisa de ordens. Ao integrar esses resultados com mapas topográficos e hidrológicos para validar os ordenamentos em campo, aumenta a consistência entre os diferentes níveis da rede.

5.2.2 Comprimento

Utilização do Google Earth - No Google Earth¹², pode ser utilizada a ferramenta de medição para traçar o comprimento dos cursos d'água. Isso é feito desenhando uma linha ao longo do curso e registrando a distância total em cada segmento. Para calcular a sinuosidade, meça o comprimento real ao longo do curso e compare com a distância em linha reta entre a nascente e a foz.

Com a ferramenta Caminho, do Google Earth, é possível visualizar o perfil de elevação ao longo dos cursos d'água. Assim, a diferença de elevação entre o início e o final do curso d'água, dividida pelo comprimento total, tem-se a declividade.

Cálculo Manual em Mapas Impressos - Para realizar medições manuais em mapas impressos, utilize a escala indicada no mapa para calcular distâncias reais. Para medir o comprimento de cursos d'água em mapas, utilize o método da linha: posicione um fio ou linha flexível ao longo do curso de água sobre o mapa impresso, acompanhando as curvas. Conhecida a escala, meça o comprimento da linha para calcular a extensão real do curso d'água.

¹¹ QGIS Network Analysis Toolbox (QNEAT3): plugin QGIS escrito em Python e integrado ao QGIS3 Processing Framework, que oferece algoritmos avançados de análise de rede que variam de simples resolução de caminho mais curto a tarefas mais complexas.

¹² Durante a elaboração deste Manual encontravam-se disponíveis as versões web 10.66.0.0, dispositivos móveis 10.64.0.6 e para computadores 7.3.6.9796 (64-bit) do Google Earth

No cálculo de densidade de drenagem, o comprimento total dos cursos d'água (somado em todos os afluentes mapeados) é dividido pela área total da bacia, proporcionando uma densidade de drenagem preliminar.

Comprimento com SIG - Após identificar os cursos d'água, a equipe pode utilizar as ferramentas de medição de comprimento disponíveis no SIG. Selecione cada curso d'água para calcular seu comprimento total ou utilize a função de análise de geometria, que calcula automaticamente o comprimento de todos os trechos da rede de drenagem. Pode-se ainda utilizar ferramentas de análise de redes hidrológicas, como o ArcGIS Network Analyst ou o QNEAT3 (QGIS Network Analysis Toolbox), para medir automaticamente o comprimento de cada segmento de rio.

5.2.3 Declividade

Modelo Digital - A declividade pode ser analisada usando o perfil longitudinal gerado a partir do Modelo Digital do Terreno - MDT. A equipe pode usar Modelo Digital de Elevação - MDE de alta resolução, como dados LiDAR (*Light Detection and Ranging*), para obter precisão superior na análise da rede de drenagem. Softwares como ArcGIS e QGIS, com plugins específicos como o TauDEM¹³, são ideais para processar grandes volumes de dados e extrair informações detalhadas sobre cursos d'água.

A partir do MDE, realize uma análise de fluxo acumulado, delimitando automaticamente sub-bacias e redes de drenagem e gerando modelos tridimensionais que facilitam a identificação dos padrões de drenagem.

Análise Multiescalar de Terreno - A equipe pode utilizar ferramentas como o ArcGIS *Terrain* ou o módulo GRASS¹⁴ no QGIS para realizar modelagem de declividade detalhada, avaliando o terreno em múltiplas escalas e identificando variações sutis que podem impactar o fluxo d'água.

Ferramentas de derivação de bacia - Para análises mais profundas, aplique ferramentas de derivação de bacia, como o SWAT¹⁵, que permitem gerar mapas de declividade ajustados e realizar simulações hidrológicas que correlacionam a inclinação do terreno com o risco de erosão e capacidade de infiltração.

5.2.4 Densidade

Ferramentas de Cálculo Geométrico - A densidade de drenagem é obtida somando os comprimentos de todos os cursos d'água e dividindo pela área total da bacia, um cálculo que pode ser feito diretamente no SIG. Com as ferramentas de análise geométrica, é possível realizar esse cálculo de forma automatizada, representando a densidade de drenagem em um mapa e identificando padrões de escoamento que ajudam a entender a capacidade de infiltração e risco de erosão.

Análise Espacial de Precisão - As ferramentas de densidade de linha podem auxiliar medir a quantidade de drenagem em áreas específicas, como o ArcGIS *Spatial Analyst* e o *Raster Calculator*. Esse processo calcula a densidade de drenagem dividindo a soma dos comprimentos dos rios pelo total da área da bacia, criando mapas de densidade hidrológica que podem ser cruzados com outros parâmetros.

¹³ Terrain Analysis Using Digital Elevation Models (TauDEM): (em tradução livre para o Português brasileiro: Análise de Terreno Usando Modelos Digitais de Elevação) é um conjunto de ferramentas de Modelo Digital de Elevação (MDE) para extração e análise de informações hidrológicas da topografia, conforme representadas por um MDE.

¹⁴ Geographic Resources Analysis Support System

¹⁵ Soil and Water Assessment Tool (SWAT): (em tradução livre para o Português brasileiro: Ferramenta de avaliação de solo e água) é um modelo em escala de bacia hidrográfica desenvolvido para quantificar o impacto de práticas de gestão de terras em bacias hidrográficas.

5.2.5 Sinuosidade

Medições em SIG - A ETD pode utilizar a ferramenta de medição de comprimento para medir o percurso real do curso d'água e a distância em linha reta entre a nascente e a foz. Em seguida, divide o comprimento do percurso real pelo comprimento da linha reta para obter o índice de sinuosidade. O recurso “Field Calculator”, disponível na maioria dos SIGs, permite fazer cálculos personalizados que automatizam esse processo, gerando valores de sinuosidade para cada curso d'água.

Ferramentas de análise de redes hidrológicas - Pode-se ainda utilizar ferramentas como o ArcGIS Network Analyst ou o QNEAT3 (QGIS Network Analysis Toolbox), para calcular o índice de sinuosidade.

Técnica de álgebra de mapas – Esta é outra possibilidade para sobrepor os cursos d'água aos mapas de uso do solo, identificando a relação entre áreas de sinuosidade e tipos específicos de cobertura vegetal.

5.2.6 Validação e Integração de Dados com Sensoriamento Remoto e Coleta de Campo com Drones

A equipe pode utilizar a validação dos dados de SIG com dados de campo coletados por drones, usando técnicas de fotogrametria para verificar a exatidão das estimativas de comprimento, declividade e sinuosidade dos cursos d'água. Essas ferramentas possibilitam capturar imagens de alta resolução e construir modelos digitais que integram os dados obtidos em campo com os dados de SIG.

5.3 Recursos Hídricos – Qualidade da Água

A qualidade da água possui um papel especial no diagnóstico socioambiental, pois reflete a aptidão dos recursos hídricos para diferentes usos, como irrigação, recreação, suporte à biodiversidade e, claro, o abastecimento humano. Por isso, avaliar a qualidade da água ajuda a detectar fontes de poluição e a compreender os impactos das atividades humanas e naturais na bacia hidrográfica, o que é essencial para direcionar ações de conservação e recuperação ambiental.

É necessário, entretanto, embasamento legal que sustente a escolha dos parâmetros de qualidade da água. No Brasil, a [Resolução CONAMA nº 357/2005¹⁶](https://www.siam.mg.gov.br/sia/download.pdf?idNorma=357) estabelece as diretrizes para classificação dos corpos d'água, os limites de poluentes e os parâmetros de monitoramento, incluindo oxigênio dissolvido, pH, turbidez, e níveis de metais pesados.

Por outro lado, a [Resolução CONAMA nº 274/2000¹⁷](https://www.siam.mg.gov.br/sia/download.pdf?idNorma=274), específica para águas destinadas à recreação, também define padrões microbiológicos, como os níveis de coliformes fecais. Estes documentos guiam o monitoramento dos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos, garantindo que os dados coletados atendam às exigências legais e sejam consistentes com as normativas de qualidade ambiental.

Dessa forma, o diagnóstico de qualidade de água para ser considerado completo precisa incluir os parâmetros e seus respectivos limites, incluídos na tabela 2:

O oxigênio dissolvido (OD) e demanda bioquímica de oxigênio (DBO) indicam a capacidade do corpo hídrico de sustentar vida aquática; turbidez e sólidos totais servem para avaliar a presença de material particulado e poluição difusa; pH e temperatura são parâmetros básicos para identificar condições ácidas ou alcalinas e variações térmicas, fatores que afetam diretamente os organismos aquáticos.

Nutrientes como nitrogênio e fósforo são frequentemente utilizados para identificar processos de eutrofização, geralmente associados ao uso de fertilizantes e despejos domésticos; metais pesados (chumbo, mercúrio, cádmio) e pesticidas, para detectar contaminação industrial e agrícola. Além disso,

¹⁶ Link: <https://www.siam.mg.gov.br/sia/download.pdf?idNorma=274> (visita em 09/07/2025)

¹⁷ Link: <https://www.siam.mg.gov.br/sia/download.pdf?idNorma=52> (visita em 09/07/2025)

a avaliação da presença de coliformes fecais é essencial para detectar poluição biológica, importante para regiões onde a água é usada para consumo humano ou recreação.

Tabela 2 – Parâmetros de qualidade da água

Parâmetro	Limites	Instrumento Legal
Oxigênio Dissolvido (OD)	≥ 5 mg/L para águas de classe 1.	CONAMA 357/2005
Demandâ Bioquímica de Oxigênio (DBO)	≤ 3 mg/L para águas de classe 1.	CONAMA 357/2005
Demandâ Bioquímica de Oxigênio (DBO)	≤ 3 mg/L para águas de classe 1.	CONAMA 357/2005
pH	Entre 6 e 9 para águas de classe 1 e 2.	CONAMA 357/2005
Turbidez	≤ 100 UNT para águas de classe 2 (para recreação).	CONAMA 274/2000
Sólidos Totais Dissolvidos (STD)	≤ 500 mg/L para águas de classe 1.	CONAMA 357/2005
Nitrogênio Total	≤ 10 mg/L para águas de classe 2 (como nitrogênio total).	CONAMA 357/2005
Fósforo Total	$\leq 0,1$ mg/L para águas de classe 2.	CONAMA 357/2005
Coliformes Fecais	≤ 200 NMP/100 ml para águas de classe 1 (recreação de contato primário).	CONAMA 274/2000
Chumbo (Pb)	$\leq 0,01$ mg/L para águas de classe 2.	CONAMA 357/2005
Mercúrio (Hg)	$\leq 0,0002$ mg/L para águas de classe 2.	CONAMA 357/2005
Índice de Qualidade da Água (IQA)	Classificação varia de "ótima" (80-100) a "péssima" (0-19).	Instrumento recomendado pela ANA

Por fim, o Índice de Qualidade da Água (IQA), uma ferramenta que permite avaliar a qualidade geral de um corpo d'água com base em uma série de parâmetros físicos, químicos e biológicos. Desenvolvido pela *National Sanitation Foundation* (NSF) dos Estados Unidos e adaptado ao Brasil, o IQA é amplamente utilizado para simplificar a interpretação da qualidade da água, oferecendo uma visão integrada das condições do recurso hídrico.

Para calcular o IQA, são considerados nove parâmetros principais, ponderados de acordo com a sua relevância para a qualidade da água: OD, DBO, pH, temperatura da água, nitrogênio total, fósforo total, turbidez, sólidos totais dissolvidos (STD) e coliformes termotolerantes (Fecais). Cada parâmetro recebe uma pontuação específica, e o índice final é calculado com base em uma fórmula ponderada. O valor do IQA resulta em uma classificação em cinco categorias, conforme tabela 3.



Foto 1 - Coleta de amostras no rio São Francisco
Dirceu de Oliveira Costa / Banco de Imagens ANA

Recomendação da ANA

A Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico recomenda o uso do IQA como uma ferramenta padronizada para monitoramento da qualidade da água no Brasil. Essa recomendação facilita a interpretação e o monitoramento contínuo da saúde dos recursos hídricos. Facilita a interpretação e o monitoramento contínuo da saúde dos recursos hídricos.

Tabela 3 – Categorias de qualidade da água

Categoria ¹⁸	Designação
Ótima 79-100	Indica que a água está em excelente estado e pode ser usada para múltiplos propósitos, incluindo consumo humano e recreação.
Boa 51-79	Qualidade aceitável para usos recreacionais e alguns usos de abastecimento, com poucas restrições.
Regular 36-51	Adequada para alguns usos, como navegação e uso industrial, mas requer tratamento adicional para consumo.
Ruim 19-36	Qualidade limitada, necessitando de maior tratamento e controle antes de qualquer uso direto.
Péssimo ≤19	Inadequada para qualquer uso direto e indicativa de alto grau de poluição.

5.3.1 Uso de Kits Portáteis de Análise de Água

Kits portáteis permitem a análise de parâmetros básicos, como pH, turbidez e cloro residual, diretamente em campo. Esses kits, que podem ser encontrados em versões mais acessíveis financeiramente, fornecem resultados rápidos e permitem uma primeira interpretação sobre a qualidade da água. Essa metodologia é especialmente útil para ETDs que precisam de um diagnóstico inicial e que não dispõem de equipamentos laboratoriais avançados.

¹⁸ [Apêndice-D-Índices-de-Qualidade-das-Águas.pdf](https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2017/11/Ap%C3%A9ndice-D-Índices-de-Qualidade-das-Águas.pdf) – Link: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2017/11/Ap%C3%A9ndice-D-Índices-de-Qualidade-das-Águas.pdf> (visita em 09/07/2025)

5.3.2 Parcerias com Laboratórios Locais

Na ausência de capacidade para realizar análises completas, a ETD pode estabelecer parcerias com laboratórios locais, como universidades ou órgãos públicos, que possam colaborar na análise dos parâmetros de qualidade de água mais específicos, como demanda bioquímica de oxigênio (DBO), coliformes fecais e nitrogênio total. Essa parceria possibilita que a ETD obtenha análises detalhadas com o suporte de instituições que possuam infraestrutura adequada para esse tipo de estudo.

5.3.3 Observação e Registro de Características Visuais

Em locais onde não seja viável realizar coletas complexas, a ETD pode fazer registros visuais das condições dos corpos d'água, incluindo a cor da água, presença de espuma, sedimentos visíveis e sinais de poluição, como resíduos sólidos e esgoto. Embora não substituam análises laboratoriais, esses registros ajudam a entender o estado geral da qualidade da água e a identificar pontos críticos que possam demandar atenção especial no diagnóstico.

5.3.4 Uso de Dados Públicos e Estudos Existentes

Dados secundários, como relatórios do IBGE, ANA, comitês de bacias hidrográficas ou relatórios de empresas de saneamento locais, podem ser aproveitados para obter informações históricas e referências de qualidade da água na região. Esses dados ajudam a ETD a traçar um panorama geral sem a necessidade de coleta primária extensiva. Essa metodologia é especialmente valiosa para as equipes, pois facilita o acesso a dados relevantes de forma gratuita ou de baixo custo.

5.3.5 Coleta de Amostras e Análise Laboratorial

Pode-se realizar um programa de coleta de amostras em pontos-chave da bacia, como regiões de captação, áreas de escoamento agrícola e locais próximos a núcleos urbanos, onde há maior pressão de poluição. Cada ponto deve ser escolhido estrategicamente para refletir as diferentes influências sobre a qualidade da água, desde áreas de vegetação preservada até locais sujeitos a atividades intensas. Após a coleta, as amostras são enviadas a laboratórios qualificados, preferencialmente com certificação, onde são analisadas quanto a parâmetros essenciais, como coliformes fecais, nutrientes e metais pesados.

Para garantir a qualidade dos dados, a equipe deve seguir protocolos rigorosos de coleta, transporte e armazenamento. Recomenda-se consultar o [Guia nacional de coleta e preservação de amostras](#)¹⁹ (CETESB; ANA, 2023). Cada etapa, da coleta ao envio ao laboratório, deve ser documentada para assegurar a rastreabilidade e a confiabilidade das informações. Essa metodologia oferece resultados detalhados e confiáveis para diagnósticos precisos e ajuda a identificar fontes específicas de contaminação.

5.3.6 Monitoramento por Equipamentos Portáteis Avançados

A utilização de sondas multiparamétricas em campo permite à ETD realizar leituras rápidas e precisas de parâmetros, como pH, oxigênio dissolvido e turbidez, diretamente nos corpos d'água. Esses dispositivos são portáteis e fáceis de calibrar, o que torna sua aplicação viável em campanhas de monitoramento que exijam deslocamentos frequentes. Além disso, as leituras em campo garantem resultados em tempo real, proporcionando à equipe a capacidade de ajustar rapidamente o planejamento do diagnóstico de acordo com as condições observadas.

O uso dessas tecnologias portáteis requer certo nível de treinamento, pois é fundamental saber manusear e calibrar os equipamentos corretamente para garantir a precisão das medições. Além

¹⁹ Link: https://biblioteca.ana.gov.br/sophia_web/acervo/detalhe/102373?i=1 (visita em 13/09/2025)

disso, os dados podem ser registrados diretamente em planilhas eletrônicas ou sistemas de gestão de monitoramento, o que facilita a análise posterior e o cruzamento com outras informações ambientais.

5.3.7 Uso de Dados Secundários do SNIRH

Além dos dados primários, é possível enriquecer a análise acessando dados secundários disponíveis em bases de dados públicas, como o Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH), uma plataforma mantida pela ANA.

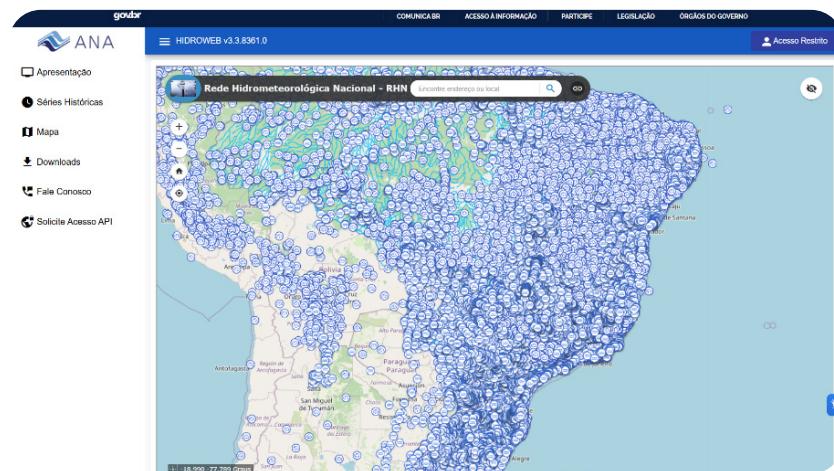


Figura 1 – Tela do Mapa da Rede Hidrometeorológica
Fonte: Hidroweb ANA

O [Sistema de Informações Hidrológicas \(Hidroweb\)](#)²⁰ uma ferramenta integrante do SNIRH que oferece o acesso gratuito ao banco de dados que contém todas as informações coletadas pela Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN), reunindo dados de níveis fluviais, vazões, chuvas, climatologia, qualidade da água e sedimentos de diversos cursos d’água. A plataforma coleta e disponibiliza dados de monitoramento da qualidade da água em diferentes pontos de corpos hídricos em todo o território nacional, abrangendo diversos parâmetros importantes, o que ajuda a contextualizar o estado atual da bacia em relação a outras áreas monitoradas.

Esse cruzamento de dados melhora a qualidade da análise e possibilita embasar as conclusões com evidências amplas e verificáveis, oferecendo suporte para recomendações de intervenções após o diagnóstico.

5.3.8 Mapeamento Georreferenciado dos Pontos de Coleta e Fontes de Poluição

Utilizando SIG como QGIS ou ArcGIS, a ETD pode georreferenciar os pontos de coleta e mapear fontes de poluição, como áreas agrícolas, pontos de despejo de esgoto e regiões urbanizadas. Essa metodologia auxilia na análise espacial dos dados de qualidade de água, facilitando a identificação de padrões e áreas críticas de contaminação e degradação hídrica.

5.3.9 Análise Temporal e Tendências

Para bacias hidrográficas com monitoramento histórico, a ETD pode realizar análises temporais, utilizando dados de diferentes épocas para verificar a evolução da qualidade da água e identificar tendências de melhoria ou piora. Essa metodologia permite uma avaliação do impacto de ações de gestão e conservação ao longo do tempo e identifica a necessidade de ajustes nos métodos ou na intensificação do monitoramento.

5.3.10 Análises Laboratoriais Avançadas

A ETD pode coletar amostras de água em diversos pontos da bacia, abrangendo áreas com diferentes níveis de impacto (urbanas, agrícolas, naturais). Em seguida realizar análises laboratoriais avançadas para verificar a presença de metais pesados, pesticidas, nutrientes específicos (nitrogênio, fósforo), compostos orgânicos e bactérias patogênicas.

As análises podem ser complementadas testes ecotoxicológicos para avaliar os efeitos de substâncias químicas nos organismos aquáticos, proporcionando uma visão mais ampla dos impactos potenciais na biota.

5.3.11 Modelagem da Qualidade da Água

A avaliação da qualidade da água pode ser complementarmente utilizando-se ferramentas de modelagem preditiva, como QUAL2K²¹, SWAT ou MIKE²² 11, para simular a dispersão de poluentes e prever cenários futuros com base em diferentes intervenções. A modelagem pode ajudar a identificar fontes de poluição difusas e prever o impacto de ações de mitigação na qualidade dos corpos hídricos.

Além disso, podem ser usados modelos para analisar cenários de uso do solo e práticas de manejo, integrando as mudanças na cobertura vegetal e nos padrões de escoamento com os parâmetros de qualidade da água.

5.4 Recursos Hídricos – Quantidade de Água

Outra variável importante em um diagnóstico socioambiental é a quantidade de água, pois permite avaliar a disponibilidade hídrica para usos múltiplos, como abastecimento doméstico, agrícola, industrial e atendimento às necessidades ecológicas, bem como identificar possíveis escassezes, tendências sazonais e demandas conflitantes. A análise dessa variável ajuda a prever riscos de escassez hídrica, conflitos de usos, apoiar a gestão sustentável de bacias e desenvolver estratégias para garantir a disponibilidade dos recursos hídricos. Alguns parâmetros são apresentados na tabela 4.

²¹ QUAL2K: é um modelo avançado de simulação de qualidade da água para rios e córregos, desenvolvido para analisar o comportamento hidrológico e a qualidade da água em sistemas fluviais. Ele simula fluxos não uniformes e dinâmicas térmicas e de qualidade da água ao longo de um ciclo diário, permitindo uma compreensão detalhada das interações entre processos físicos, químicos e biológicos no ambiente aquático.

²² MIKE 11: software avançado para simular fluxos, níveis de água, qualidade da água e transporte de sedimentos em rios, planícies de inundação, canais de irrigação e outros corpos d'água interiores. Ele é amplamente utilizado para modelagem hidrológica e hidráulica, auxiliando na gestão e no planejamento de recursos hídricos.

Tabela 4 – Parâmetros e análises associados à quantidade de água

Parâmetro	Descrição
Vazão Média Anual	Volume médio de água que escoa no curso d'água ao longo do ano; avalia a disponibilidade de água a longo prazo.
Vazão Q95	Vazão observada em 95% do tempo; útil para entender períodos de escassez e garantir sustentabilidade.
Vazão Q5	Vazão excedida em apenas 5% do tempo; avalia o risco de enchentes e impactos nas zonas ribeirinhas.
Precipitação Total Anual	Quantidade total de chuva recebida na bacia durante o ano; ajuda a compreender a principal fonte de recarga hídrica natural.
Evapotranspiração Potencial	Quantidade de água que poderia ser perdida para a atmosfera, essencial para calcular o déficit hídrico da bacia.
Déficit Hídrico	Diferença entre a precipitação e a evapotranspiração potencial; indica períodos de falta de água e necessidade de reposição.
Excedente Hídrico	Volume de água disponível após evapotranspiração e infiltração; identifica a contribuição de água ao sistema de drenagem.
Demandas de Abastecimento Público	Volume de água necessário para atender a população; essencial para entender a pressão sobre o recurso hídrico.
Demandas Agrícola e Pecuária	Água necessária para irrigação e dessedentação animal; importante para avaliar o consumo dos setores produtivos.
Demandas Industriais	Volume de água necessário para processos industriais; relevante em áreas com concentração industrial.
Número de Outorgas Emitidas	Total de permissões concedidas para uso da água; identifica a regulamentação e gestão dos recursos.
Volume de Água Outorgado	Quantidade de água autorizada para uso; determina se os usos estão dentro da capacidade da bacia.
Distribuição Geográfica das Outorgas	Localização das outorgas; útil para identificar áreas com maior pressão hídrica e conflitos de uso.
Balanço Hídrico	Quantidade de água disponível em uma bacia, considerando entradas (precipitação) e saídas (evapotranspiração) ao longo do tempo.

5.4.1 Coleta de dados e Observações Diretas em Campo

A coleta de dados primários de quantidade de água envolve a realização de visitas aos corpos d'água da bacia para realizar medições de vazão e observações e registrar a largura e profundidade dos cursos d'água – medidas com trenas simples – em locais representativos, comparando com dados históricos disponíveis.

Uma forma simples de medir a vazão é utilizando o método do flutuador, que é uma técnica acessível e eficaz para medir a velocidade e calcular a vazão do curso d'água, desde que se conheça a geometria da seção do canal. O método envolve lançar um objeto flutuante, como uma bola ou pedaço de madeira, no ponto de medição e cronometrar o tempo que o objeto leva para percorrer uma determinada distância ao longo do curso d'água. Esta medição de velocidade é então combinada com uma estimativa da área da seção transversal do canal para calcular a vazão, ou seja, o volume de água que passa por um ponto específico em um determinado tempo. Para resultados mais precisos, é recomendado realizar várias medições e calcular uma média.

5.4.2 Levantamento de Dados Secundários

A coleta de informações em bases públicas é etapa essencial do diagnóstico. Assim, pode-se realizar a busca de dados disponíveis em fontes públicas, como o Hidroweb da ANA, que disponibiliza informações sobre o monitoramento de vazões e volumes de água em rios e reservatórios. Se houver estações de medição na bacia, esses dados podem ser usados para obter uma noção geral sobre a quantidade de água disponível.

A análise de documentos técnicos complementa a coleta de dados. Dessa forma, é possível consultar planos de recursos hídricos estaduais ou municipais e outros estudos existentes que possam ter informações relevantes sobre a bacia hidrográfica, incluindo relatórios acadêmicos e publicações técnicas.

5.4.3 Utilização de Dados Climáticos

A interpretação do clima é fundamental para entender a dinâmica hídrica local. Nesse sentido, podem ser coletados dados de chuva e temperatura disponíveis em fontes públicas, como o Hidroweb da ANA, para correlacionar a precipitação com a quantidade de água observada nos corpos d'água.

Considera-se relevante, ainda, analisar a distribuição sazonal das chuvas, buscando entender o impacto das estações do ano sobre a disponibilidade de água.

5.4.4 Utilização de Dados de Monitoramento Hidrológico

A equipe pode consultar bancos de dados públicos e privados, como o Hidroweb da ANA. Se a bacia contiver estações de medição é recomendável utilizar esses dados para avaliar a distribuição sazonal das vazões e identificar tendências de redução ou aumento no volume de água.

De posse dos dados, realizar uma análise de balanço hídrico, considerando a entrada (chuvas) e a saída (evapotranspiração, consumo humano, agrícola e industrial), para entender a dinâmica da água na bacia. É possível complementar os dados com informações obtidas de empresas de saneamento ou instituições de pesquisa locais, que frequentemente realizam medições de vazão para fins específicos.

5.4.5 Campanhas de Medição em Campo

A quantificação direta das vazões é uma etapa prática que complementa os dados secundários. Dessa forma, a ETD pode realizar campanhas de medição de vazão em diversos pontos representativos dos corpos d'água na bacia, utilizando equipamentos como molinetes hidrométricos, sensores de pressão ou até calhas *Parshall* para estimar o fluxo e a vazão. É interessante possuir um cronograma de medições que considere diferentes períodos do ano (se possível um em cada período climático) para entender as variações sazonais e os picos de cheia e estiagem.

Também cabe a identificação de pontos de captação de água e avaliar a influência das captações na quantidade de água disponível em trechos específicos.

5.4.6 Instalação e Monitoramento de Equipamentos de Medição Automática

Uma ETD pode implementar instrumentos automatizados, como sensores de nível de água e medidores de vazão com registro contínuo. A instalação de sensores automáticos em pontos estratégicos da bacia permite capturar variações de vazão em tempo real e detectar mudanças relacionadas à sazonalidade e a eventos extremos, como períodos de cheias e secas. Esses equipamentos, conectados a sistemas de transmissão de dados, enviam informações diretamente para uma base central de análise, permitindo um monitoramento constante e a geração de alertas automáticos em caso de

variações significativas nos níveis de água. Após a etapa de diagnóstico, estes dados serão úteis para o monitoramento do projeto.

A análise dos dados coletados automaticamente também permite o desenvolvimento de séries temporais que facilitam a identificação de padrões de vazão e disponibilidade hídrica ao longo do tempo. Com o uso de softwares especializados de análise de dados hidrológicos, é possível aplicar modelos matemáticos e simulações preditivas, integrando dados de precipitação, uso do solo e evapotranspiração para gerar projeções de disponibilidade hídrica e antecipar as necessidades de gestão da bacia hidrográfica.

5.4.7 Campanhas de Medição de Alta Precisão

O uso de tecnologias avançadas potencializa a precisão do monitoramento hidrológico. Assim, podem ser realizadas campanhas de medição em campo utilizando equipamentos de última geração, como ADCP (*Acoustic Doppler Current Profiler*) para medições de vazão e sensores de pressão submersíveis para monitorar a altura dos cursos d'água. Isso garante medições precisas, mesmo em condições adversas.

A coleta de dados em diversos pontos da rede hidrográfica, com medições repetidas ao longo do ano permite capturar a variação sazonal e os picos de fluxo.

5.4.8 Modelagem Hidrológica e Previsão de Cenários Futuros

Utilizando softwares como SWAT e HEC-RAS (*Hydrologic Engineering Center's River Analysis System*) a modelagem hidrológica é uma metodologia eficaz para simular cenários de quantidade de água. Esses modelos podem considerar diferentes variáveis, como precipitação, infiltração, vazão e uso do solo, permitindo uma visão abrangente do comportamento hídrico da bacia em diferentes contextos ambientais e climáticos. A simulação de cenários futuros também é possível, ajudando a antecipar as necessidades de gestão e identificar as áreas que demandam maior atenção, como aquelas com alto risco de esgotamento hídrico.

Esses modelos também possibilitam a integração de dados geoespaciais com informações hidrológicas, gerando mapas detalhados de fluxos e identificando padrões sazonais de escoamento superficial e recarga hídrica.

5.4.9 Uso de Sensoriamento Remoto para Avaliação de Recursos Hídricos

É possível ainda integrar dados de sensoriamento remoto (satélites, drones) para monitorar variações na superfície dos corpos d'água, identificar áreas com diminuição de volume, detectar padrões de fluxo e mudanças sazonais em áreas críticas, como nascentes e zonas de recarga e analisar a mudança na cobertura do solo em áreas de captação hídrica.

5.4.10 Cálculo de Balanço Hídrico com Modelos Climáticos

O cálculo de balanço hídrico com dados climáticos locais e históricos fornece uma visão detalhada da quantidade de água disponível e dos fatores que influenciam sua variação ao longo do ano. A ETD pode utilizar dados de estações meteorológicas, informações do Hidroweb e registros locais para calcular os componentes do balanço hídrico, incluindo precipitação, evapotranspiração e escoamento superficial. Essa análise permite identificar as épocas do ano com maior disponibilidade hídrica e as que apresentam riscos de déficit, sendo uma metodologia útil para avaliar a capacidade de suporte dos recursos hídricos para os diversos usos da bacia.

Os modelos de balanço hídrico também podem ser utilizados em conjunto com SIGs para a elaboração de mapas de variação sazonal da quantidade de água na bacia. Isso permite uma visualização clara das áreas mais sensíveis e facilita o planejamento das atividades que dependem da disponibilidade hídrica, ajustando o uso dos recursos de acordo com a capacidade natural de suporte da bacia.

5.5 Solo

Em um Diagnóstico, a variável solo ou edafologia é importante pois fornece uma base para entender as interações entre este elemento e outros componentes ambientais, determinando a sustentabilidade do uso da terra, a conservação de recursos hídricos e a biodiversidade. No contexto das bacias hidrográficas, a qualidade e as características do solo influenciam diretamente a infiltração, o escoamento superficial e o armazenamento de água, impactando a disponibilidade hídrica e a qualidade dos corpos d'água. Dessa forma, o diagnóstico edáfico permite identificar áreas propensas à erosão, contribuindo para a seleção de práticas de conservação e recuperação ambiental, além de apoiar o planejamento agrícola e de manejo de terras.

Os dados mais relevantes dessa variável que podem ser coletados incluem, tanto atributos físicos, como textura e estrutura do solo, quanto químicos, como pH e fertilidade, e biológicos, como a presença de matéria orgânica. Cada um desses atributos revela importantes características sobre a capacidade de suporte do solo, sua fertilidade e o nível de intervenção necessário para conservar e restaurar a funcionalidade ambiental. Em particular, a coleta de dados sobre a textura (quantidade de areia, silte e argila), a estrutura (arranjo das partículas), e a fertilidade são aspectos decisivos para avaliar o uso sustentável do solo e a capacidade de suporte para diferentes cultivos e vegetação nativa.

Essas informações podem ser obtidas principalmente de fontes como a Embrapa, IBGE, estudos localizados desenvolvidos pela academia e levantamentos de campo, incluindo amostragens de solo e análises laboratoriais. Além disso, informações sobre as classes de solo ajuda a categorizar e entender melhor as aptidões e limitações de cada tipo de solo para atividades agrícolas, conservação e ocupação urbana.



Figura 2 - Tela da página web do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos
Fonte: Embrapa

O [Sistema Brasileiro de Classificação de Solos \(SiBCS\)](#)²³ é uma importante referência para a compreensão e categorização dos solos no Brasil, desenvolvido pela Embrapa para padronizar a identificação das características e aptidões dos diferentes tipos de solo do país. No contexto do

23 Link: <https://www.embrapa.br/solos/sibcs> (visita em 09/07/2025)

diagnóstico socioambiental, o SiBCS permite que técnicos e gestores classifiquem os solos de acordo com atributos físicos, químicos e mineralógicos, como textura, profundidade e drenagem (tabela 5). Essa padronização facilita a interpretação dos dados e orienta o planejamento do uso e manejo do solo nas bacias hidrográficas, apontando áreas adequadas para conservação, agricultura, reflorestamento ou ocupação urbana. Ao identificar classes de solo, como latossolos, argissolos, gleissolos e neossolos, o SiBCS fornece informações típicas destas Classes de Solo, que ajudam a prever o comportamento do solo em diferentes condições, como a capacidade de retenção de água, suscetibilidade à erosão e suporte à vegetação.



Foto 2 - Perfil de Neossolo Regolítico
Igor Pinheiro da Rocha

Tabela 5 – Atributos do solo e sua descrição.

Atributo do Solo	Descrição	Valores de Referência
Textura	Proporção de areia, silte e argila no solo, indicando a estrutura física e influenciando a capacidade de retenção de água e nutrientes.	Areia: 50-90%; Silte: 0-50%; Argila: 10-60%
pH	Medida de acidez ou alcalinidade do solo, essencial para a disponibilidade de nutrientes.	Ideal para agricultura: 5.5 - 7.0
Capacidade de Troca Catiônica (CTC)	Capacidade do solo em reter e fornecer cátions às plantas, indicando fertilidade e retenção de nutrientes.	Alta: >20 cmolc/kg; Média: 10-20 cmolc/kg; Baixa: <10 cmolc/kg
Matéria Orgânica	Indicador de fertilidade e capacidade de retenção de água, influenciando a estrutura e a atividade biológica do solo.	Muito alta: >5%; Alta: 3-5%; Média: 1-3%; Baixa: <1%
Densidade	Massa do solo por unidade de volume, afetando a compactação e a infiltração de água.	Baixa: <1.0 g/cm ³ ; Média: 1.0-1.6 g/cm ³ ; Alta: >1.6 g/cm ³
Fertilidade do Solo	Nível de nutrientes essenciais (N, P, K) disponíveis para o crescimento das plantas.	Alta fertilidade: N >0,3%, P >30 mg/dm ³ , K >0,15 cmolc/dm ³
Condutividade Elétrica (CE)	Medida da concentração de sais solúveis no solo, indicando a salinidade.	Baixa: <0.7 dS/m; Moderada: 0.7-2 dS/m; Alta: >2 dS/m
Classes de Solo (SiBCS)	Classificação dos solos com base nas características físicas e químicas.	Variável conforme o tipo de solo; ex.: Latossolo (alta profundidade, baixa fertilidade natural)

5.5.1 Levantamento de Dados Secundários Disponíveis

Pode-se realizar o diagnóstico edafológico consultando dados secundários disponíveis em plataformas públicas, como o Portal de Mapas do IBGE (já abordado anteriormente), o portal do Pronasolos²⁴ da Embrapa e sistemas de informações de órgãos estaduais de meio ambiente e agricultura. Essas fontes fornecem mapas e informações gerais sobre classes de solo e uso da terra, que, mesmo com baixa resolução, são úteis para obter uma visão panorâmica das condições da área de estudo. Essas informações permitem identificar, por exemplo, áreas classificadas como latossolos ou argissolos, que têm características diferenciadas de fertilidade e capacidade de retenção de água.



Alguns mapas de classes de solos mais antigos trazem nomenclatura obsoleta. A forma correta foi estabelecida em 1999 na 1^a edição do SiBCS. No entanto, ainda é comum encontrar mapas com nomenclaturas de solos Podzólicos, que atualmente são designados Argissolos, por exemplo.

5.5.2 Observação Visual e Caracterização de Textura no Campo

A observação visual é uma técnica valiosa e acessível, permitindo avaliar aspectos como cor, estrutura e densidade aparente do solo diretamente em campo. Utilizando referências visuais padronizadas, como o *Munsell Soil Color Chart* para avaliação de cores, a equipe pode estimar a composição granulométrica básica, como a presença de areia, silte ou argila, através de testes de campo. A técnica do “teste do toque”, em que o solo é umedecido e friccionado entre os dedos, permite avaliar de forma preliminar se ele é arenoso, franco ou argiloso, o que dá uma indicação inicial sobre sua capacidade de drenagem, retenção de água e nutrientes.

A prática da observação visual pode ser associada a técnicas de registro fotográfico e anotação de características locais. Além de ser uma ferramenta para o diagnóstico edafológico, essa metodologia oferece informações sobre a erosão e compactação, permitindo identificar áreas mais suscetíveis à degradação. A equipe também pode utilizar essas observações para orientar futuras amostragens, escolhendo pontos que representem diferentes condições de solo dentro da área de estudo.

5.5.3 Programa de Coleta e Análise de Amostras de Solo na Bacia

A coleta e análise de amostras de solo se mostra uma prática central para entender a composição e condição dos solos na bacia hidrográfica. A equipe pode desenvolver um programa de coleta de amostras em diferentes pontos estratégicos. Para isso, recomenda-se consultar o [Manual de procedimentos de coleta de amostras em áreas agrícolas para análise da qualidade ambiental: solo, água e sedimentos²⁵](#).

As amostras coletadas são, então, transportadas ao laboratório, onde passam por análises de textura e granulometria. A análise textural pode ser realizada de forma preliminar no campo, utilizando a técnica de texturação ao tato, que identifica visualmente a composição predominante (areia, silte ou argila) da amostra. Para uma análise mais precisa, as amostras são submetidas a testes granulométricos laboratoriais, que segmentam as partículas em frações específicas, fornecendo uma visão detalhada sobre a capacidade de retenção de água e suscetibilidade à erosão do solo.

Esse programa de coleta e análise é importante para orientar o uso adequado do solo e identificar áreas que podem requerer práticas específicas de manejo, conservação e até recuperação. Ao ter

²⁴ Pronasolos - <https://www.embrapa.br/pronasolos> (visita em 18/09/2025)

²⁵ Link: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/15292/1/2006OL008.pdf> (visita em 09/07/2025)

uma visão detalhada das condições físicas do solo na bacia, a equipe consegue tomar decisões fundamentadas que impactam diretamente a sustentabilidade e resiliência ambiental do local.

Essa metodologia, embora limitada a análises menos complexas, permite à ETD identificar padrões iniciais e verificar se o solo apresenta variações consideráveis, o que orienta o planejamento das ações do futuro projeto.

5.5.4 Estudo de Capacidade de Infiltração e Qualidade do Solo

Juntamente com as coletas de amostras, a equipe pode realizar testes de infiltração em campo, utilizando técnicas simples como o infiltrômetro de anel duplo para medir a taxa de infiltração em diferentes tipos de solo na bacia. Esses dados são interessantes para indicar o potencial da capacidade de recarga hídrica e para planejar ações de manejo que visem aumentar a infiltração.

5.5.5 Análise Físico-Química e Biológica Avançada em Laboratório

Para uma caracterização completa dos atributos do solo, pode-se implementar um programa de coleta e análise de amostras que inclua, além dos parâmetros básicos, exames detalhados da composição química e biológica do solo. Amostras de solo coletadas em diferentes pontos estratégicos da bacia podem ser enviadas a laboratórios especializados, contratados ou parceiros, para obter informações acerca de nutrientes, matéria orgânica, capacidade de troca catiônica (CTC), pH e densidade do solo. Adicionalmente, podem ser avaliados aspectos biológicos, como a presença de organismos benéficos, diversidade microbiana e atividade enzimática, que são indicativos da saúde do solo e da sua capacidade de sustentar a produtividade a longo prazo. A combinação dessas análises permite à equipe identificar o potencial produtivo e a resiliência do solo em diferentes áreas, ajudando a determinar as melhores práticas de recuperação de áreas degradadas e manejo para cada região específica da bacia. A coleta detalhada dos dados também permite criar uma linha de base confiável que poderá ser utilizada como parâmetro de monitoramento em futuras intervenções de manejo e conservação.

5.5.6 Modelagem de Suscetibilidade à Erosão e Mapeamento de Risco

Para antecipar possíveis problemas de degradação, a equipe responsável pelo diagnóstico pode realizar modelagens preditivas que utilizam dados de SIG, combinados com informações de topografia, uso e cobertura do solo e dados pluviométricos. Com o uso de modelos como USLE²⁶ ou RUSLE, a equipe consegue prever a taxa de erosão em diferentes áreas da bacia, identificando as zonas mais vulneráveis à perda de solo. Estes modelos também possibilitam simular cenários de erosão considerando diferentes práticas de manejo, o que permite ajustar ações de controle preventivo e adaptativo.

Os resultados dessas modelagens são apresentados em mapas de favorabilidade de risco de erosão, o que facilita a tomada de decisões estratégicas para proteção do solo e mitigação da degradação. Esses mapas tornam-se ferramentas de planejamento fundamentais para implementar futuras práticas de conservação do solo.

5.5.7 Sensoriamento Remoto e Mapeamento de Indicadores de Qualidade do Solo

A equipe pode utilizar técnicas de sensoriamento remoto para monitorar e avaliar indicadores de qualidade do solo, como a cobertura de vegetação, a umidade superficial e o teor de matéria orgânica. Imagens de satélites de alta resolução, como *Sentinel-2* e *Landsat*, são processadas para extrair índices

²⁶ Equação Universal de Perda de Solo (USLE): (do inglês: Universal Soil Loss Equation) é um modelo empírico que estima a quantidade de solo perdido por erosão laminar em uma determinada área.

espectrais, como o NDVI²⁷ (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) e o NDWI (Índice de Diferença Normalizada de Água), que fornecem informações valiosas sobre a vegetação e a umidade do solo. Drones equipados com câmeras multiespectrais também podem ser utilizados para coletas de dados em áreas específicas, o que oferece uma visão mais detalhada em escalas locais.

Essas informações obtidas via sensoriamento remoto permitem identificar alterações no uso do solo e a ocorrência de áreas de degradação ou compactação que impactam diretamente a qualidade do solo. O uso de ferramentas de geoprocessamento possibilita integrar esses dados com outras variáveis ambientais, gerando mapas dinâmicos que poderão auxiliar a definição de ações de intervenção para conservação e recuperação e apoiar no monitoramento do solo após a implementação do projeto.

5.5.8 Estudo de Perfil de Solo e Coleta Estratificada

Outra técnica mais avançada seria realizar perfurações em diferentes pontos da bacia para estudar o perfil do solo em profundidade, observando as camadas estratificadas e a composição de cada horizonte. A coleta estratificada em trincheiras pedológicas, que pode chegar a metros de profundidade, oferece dados precisos sobre a estrutura e a compactação do solo, além de informações sobre a composição mineralógica e a capacidade de armazenamento de água em camadas mais profundas.

5.6 Relevo



Foto 3 - Relevo montanhoso em Minas Gerais
Raylton Alves Batista/Banco de Imagens ANA

A análise dessa variável permite entender a distribuição espacial do terreno, as formas e elevações do relevo, as inclinações e as variações de altura, características fundamentais para avaliar a aptidão do solo para diferentes usos e identificar áreas suscetíveis à erosão, escoamento superficial e riscos geológicos. É representada essencialmente pelas Classes de Declividade definidas por Embrapa (1979), cujo diagnóstico possibilita identificar zonas de maior e menor fragilidade ambiental, além de delimitar áreas prioritárias para a implementação de ações de conservação, manejo do solo e mitigação de impactos ambientais.

Classes de declividade são indispensáveis para avaliar o potencial de erosão e a capacidade de infiltração de água no solo. Terrenos com alta declividade apresentam maiores chances de erosão hídrica

²⁷ NDVI (Normalized Difference Vegetation Index): (em tradução livre para o Português brasileiro: Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) é uma métrica usada para avaliar a saúde e densidade da vegetação através de imagens de satélite. Ele calcula a diferença normalizada entre a reflectância da luz infravermelha próxima e a luz vermelha, fornecendo um valor que varia de -1 a 1, onde valores mais altos indicam vegetação saudável e densa.

e maior velocidade de escoamento superficial, o que influencia a drenagem e pode impactar a qualidade e a quantidade dos recursos hídricos da bacia, especialmente no que diz respeito ao assoreamento de cursos d'água, como consequência desse escoamento. Além disso, a declividade interfere na adequação das atividades agrícolas e no planejamento de infraestruturas, como estradas e barragens.

Tabela 6 – Classificação do relevo

Relevo	Declividade
Plano	0 - 3%
Suave ondulado	3 - 8%
Ondulado	8 - 20%
Forte ondulado	20 - 45%
Montanhoso	45 - 75%
Escarpado ou escarpado muito íngreme	> 75%

A análise do relevo é, portanto, um dos elementos fundamentais para o diagnóstico socioambiental da bacia hidrográfica, pois possibilita o planejamento adequado do uso do solo, o controle de erosão e o desenvolvimento de ações de conservação.

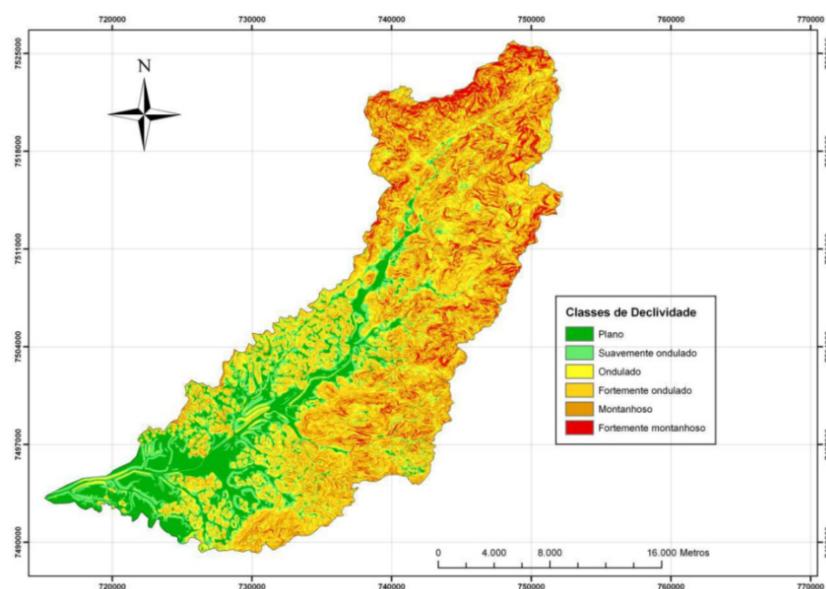


Figura 3 - Distribuição das classes de declividade na bacia hidrográfica do rio Macacu/RJ (escala – 1:50.000)
Fonte: Julia Kishida Bochner (BOCHNER, 2010)

5.6.1 Uso de Cartas Topográficas Impressas

A utilização de cartas topográficas impressas de órgãos oficiais, como as disponibilizadas pelo IBGE, é uma das metodologias mais práticas para equipes com estrutura básica. Essas cartas fornecem informações sobre altitude, declividade e forma geral do relevo e permitem uma análise visual dos diferentes tipos de terreno presentes na área de estudo. Com uma régua e um escalímetro, a equipe consegue fazer medições de distância e identificar as variações de relevo. Para identificar declividades, a equipe pode utilizar as curvas de nível das cartas, medindo a distância entre elas e aplicando fórmulas simples para calcular a inclinação. Esse método permite uma visão inicial da distribuição do relevo e auxilia na classificação das áreas conforme as classes de declividade predefinidas. Essa metodologia também possibilita uma análise preliminar dos pontos críticos de escoamento superficial. Identificar áreas com maior declividade auxilia na priorização de locais que possam apresentar erosão acelerada ou sedimentação, especialmente em regiões com pouca cobertura vegetal. Embora essa abordagem

não permita a coleta de dados em tempo real ou com alta precisão, ela oferece uma visão geral que serve como base para o planejamento de ações iniciais no diagnóstico.



Figura 4 - Mapa utilizado pelo DNAEE para realização de levantamento topográfico da região de Belo Horizonte em Contagem

Fonte: Banco de Imagens ANA

5.6.2 Uso de Modelos Digitais de Terreno (MDT)²⁸

Estes modelos podem ser utilizados para representar a topografia da área e avaliar como o relevo influencia a distribuição do uso do solo e a vulnerabilidade à erosão. Com esses modelos a equipe pode delimitar a bacia hidrográfica e a rede de drenagem, bem como gerar mapas de declividade e relevo, que são úteis para identificar áreas que devem atender aos critérios de proteção permanente, conforme o Código Florestal e áreas onde práticas de conservação do solo são necessárias, como em encostas íngremes. Sugere-se a utilização do [ANADEM](#)²⁹, disponibilizado no Portal SNIRH da ANA.

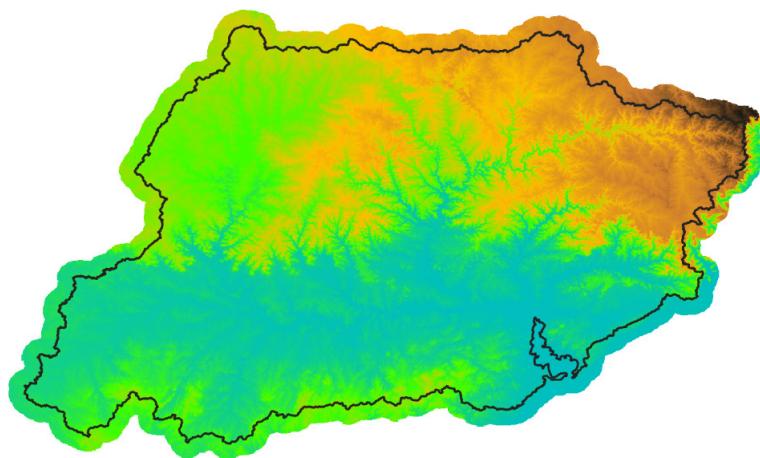


Figura 5 - Modelo Digital de Terreno das bacias hidrográficas do Guaíba/RS (Resolução espacial de 30 metros).

Fonte: ANA-SNIRH, 2018

5.6.3 Observação Direta e Registro Fotográfico em Campo

A observação direta e o registro fotográfico em campo são ferramentas valiosas para equipes básicas que desejam documentar as características do relevo de maneira prática e visual. Durante as

²⁸ Modelo Digital de Terreno (MDT): representação digital que descreve a elevação do terreno em um determinado ponto, excluindo todas as características da superfície, como árvores, construções e outras estruturas. O MDT é importante para planejamento de bacias hidrográficas, modelagem de inundações e análises de visibilidade, permitindo uma compreensão detalhada da topografia local.

²⁹ <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/93664c15-1ff8-4e87-bbed-2bb69d321309> (Visita em 13/09/2025)

visitas de campo, a equipe pode registrar as características principais de cada área, especialmente nos pontos de maior interesse, como encostas acentuadas, vales e planícies. O registro visual, juntamente com as descrições anotadas, permite uma análise qualitativa do relevo e suas implicações no uso do solo, facilitando a identificação de áreas de risco e necessidades de intervenção.

5.6.4 Levantamento Topográfico Planialtimétrico de Áreas Críticas da Bacia

Esta técnica oferece um mapeamento detalhado da elevação e das variações do terreno, focando nas zonas de maior interesse, como as áreas de recarga, nascentes ou aquelas com maior suscetibilidade a processos erosivos, inundações ou outras formas de degradação ambiental. Esse método envolve a medição precisa de altitudes e a posição horizontal de pontos específicos, criando uma representação detalhada da topografia local. A equipe responsável pelo diagnóstico pode realizar o levantamento com equipamentos de medição de precisão, como estações totais ou GPS³⁰ geodésico. Ao concentrar o levantamento topográfico em áreas estratégicas da bacia, a equipe também aumenta as chances de prover dados topográficos para a etapa de elaboração dos PIPs, após a implantação do projeto e definição das propriedades participantes. Ao realizar medições de campo com o uso dos equipamentos mencionados acima, pode-se confirmar a acurácia dos dados topográficos provenientes de terceiros (mapas e cartas topográficas, imagens SRTM etc.) e identificar características que possam não ser visíveis, como ravinas, sulcos de erosão e pequenas elevações.

Complementar os dados de campo com coletas de informações sobre a cobertura do solo, identificando áreas com maior suscetibilidade à erosão devido à combinação de relevo acentuado à classe de solo e cobertura vegetal inadequada, por exemplo.

5.6.5 Uso de Modelos Digitais de Elevação (MDE) de Alta Resolução

Pode-se utilizar MDEs de alta resolução, como dados LiDAR³¹ ou produtos derivados de satélites com resolução espacial abaixo de 5 metros. Esses modelos permitem uma caracterização precisa do relevo, detalhando a topografia das encostas, vales, cumes e depressões. Por cima desses produtos é possível aplicar análises de sombreamento, curvatura e rugosidade para identificar áreas que apresentam maior risco de erosão e processos de movimentos de massa.

5.6.6 Análise de Sensoriamento Remoto com Imagens de Alta Resolução

Utilizar imagens de satélite de alta resolução ou dados obtidos por drones com câmeras multiespectrais e LiDAR para monitorar o relevo e a dinâmica do solo em detalhes. Isso permite a detecção de pequenas mudanças topográficas, como erosão acelerada, deslizamentos de terra e sedimentação.

Aplicar técnicas de classificação supervisionada e análise temporal para monitorar as mudanças no relevo associadas a diferentes práticas de uso do solo e intervenções de manejo.

5.6.7 Simulações e Cenários Futuros

A equipe do diagnóstico pode ainda desenvolver estudos que integrem análises de sensoriamento remoto, modelagem de processos erosivos e simulações hidrológicas, com recomendações específicas para a conservação do solo, controle de erosão e manejo do relevo. A ideia é simular cenários futuros, projetando os efeitos das intervenções propostas na redução do risco de erosão e melhoria da estabilidade

³⁰ Sistema de Posicionamento Global

³¹ LiDAR (Light Detection and Ranging): tecnologia de sensoriamento remoto que utiliza feixes de laser para medir distâncias e movimentos em tempo real. Link: <http://www.dsr.inpe.br/DSR/areas-de-atuacao/sensores-plataformas/lidar> (visita em 09/07/2025)

do solo, e propor um plano de monitoramento para verificar a eficácia das medidas implementadas. Alguns exemplos de ferramentas e suas respectivas aplicações são apresentadas na tabela 7.

Tabela 7 – Exemplos de modelos hidrológicos utilizados na simulação de cenários futuros.

Ferramenta	Aplicação
SWAT (Soil and Water Assessment Tool)	Simulações hidrológicas e modelagem de erosão em bacias hidrográficas.
RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation)	Estimativa de perda de solo por erosão hídrica.
HEC-HMS (Hydrologic Engineering Center's Hydrologic Modeling System)	Simulações de processos hidrológicos, como escoamento superficial, infiltração e evapotranspiração.
AGNPS (Agricultural Non-Point Source Pollution Model)	Simulações do escoamento superficial, erosão e transporte de sedimentos em áreas agrícolas.
WEPP (Water Erosion Prediction Project)	Simulações de processos de erosão e deposição de sedimentos, considerando características específicas do solo e da vegetação.
MIKE SHE	Modelagem hidrológica que simula o ciclo hidrológico completo, incluindo escoamento superficial, infiltração e processos subterrâneos. Ideal para cenários complexos.

6 METODOLOGIAS PARA O DIAGNÓSTICO - ASPECTOS BIÓTICOS

6.1 Biodiversidade



Foto 4 - Fragmento florestal na bacia do rio Camboriú
Emasa

Essa variável representa a riqueza e a saúde dos ecossistemas presentes na bacia hidrográfica. Ao avaliar a biodiversidade, o diagnóstico fornece uma visão clara dos diferentes organismos que compõem o ambiente, suas interações e a influência que exercem sobre o equilíbrio ecológico. A conservação e o manejo sustentável da fauna e flora são fundamentais para a manutenção de serviços ecossistêmicos, como polinização, regulação climática e purificação da água, além de proteger espécies endêmicas e ameaçadas de extinção. No contexto de bacias hidrográficas, a biodiversidade também indica a resiliência do ecossistema a alterações ambientais, como mudanças climáticas, desmatamento e poluição, que podem afetar diretamente a qualidade e quantidade de água disponível.

Entre os parâmetros essenciais para a variável biodiversidade estão riqueza de espécies, índice de diversidade, abundância relativa, estado de conservação e distribuição espacial da fauna e da flora – tabela 8. Esses parâmetros foram selecionados por sua relevância na compreensão da biodiversidade e no monitoramento das condições ambientais e podem ser aplicados por equipes de diferentes níveis, proporcionando uma base comum para a avaliação da biodiversidade, independentemente da complexidade do diagnóstico. Ao utilizar esses indicadores, as equipes poderão mensurar a integridade ecológica da bacia e identificar áreas prioritárias para as intervenções.

Tabela 8 – Parâmetros de biodiversidade

Parâmetro	Descrição	Referência
Riqueza de Espécies	Número total de espécies de fauna e flora na área, indicando a diversidade total do ecossistema.	PRIMACK; RODRIGUES (2001)
Índice de Diversidade	Medida da diversidade de espécies comumente usando índices de Shannon ou Simpson para ambos.	BEGON et al. (2007)
Abundância Relativa	Proporção de indivíduos por espécie de fauna e flora, avaliando dominância ecológica.	ODUM; BARRETT (2013)
Estado de Conservação	Avaliação do risco de extinção para espécies de fauna e flora presentes na área (IUCN).	Livro Vermelho da Fauna Brasileira (ICMBio/MMA, 2018). Livro Vermelho da Flora Brasileira (Martinelli; Moraes, 2013)
Distribuição Espacial	Padrão de distribuição das espécies na área importante para identificar fragmentação.	MARTINS et al. (2004)

6.1.1 Levantamento de Dados Secundários

A equipe responsável pelo diagnóstico pode consultar fontes que disponibilizam informações sobre fauna e flora, como estudos acadêmicos e de instituições públicas e privadas. Outras fontes interessantes de informação podem ser bases de dados de inventários florestais e os Estudos e Relatórios de Impacto Ambiental (EIA/RIMA) realizados para o licenciamento ambiental de empreendimentos de médio e grande porte na bacia ou em seus arredores. Além disso, mapas disponibilizados pelo IBGE, Ibama e ICMBio podem ser utilizados como fonte.

Sem dúvidas, um grande aliado para a aquisição de dados sobre biodiversidade é o [Sistema de Informações sobre a Biodiversidade Brasileira \(SiBBr\)](#)³². O sistema reúne informações de diversas instituições de pesquisa, universidades, coleções biológicas e bancos de dados nacionais e internacionais, oferecendo acesso a dados sobre a distribuição de espécies, imagens de espécimes, informações ecológicas e genéticas. Esses dados são especialmente úteis para diagnósticos ambientais, pois permitem identificar a presença e a distribuição de espécies em regiões específicas, além de auxiliar na análise de mudanças de biodiversidade ao longo do tempo.

A plataforma também integra informações geoespaciais, facilitando a análise de variáveis ambientais e a criação de mapas temáticos que podem ser utilizados nos diagnósticos. O SiBBr é uma fonte importante para todas as ETDs, pois oferece dados padronizados e confiáveis que podem subsidiar a identificação de espécies e o mapeamento da biodiversidade em bacias hidrográficas, contribuindo diretamente para estratégias de conservação e recuperação ambiental.

³² Link: <https://sibbr.gov.br/> (visita em 09/07/2025)

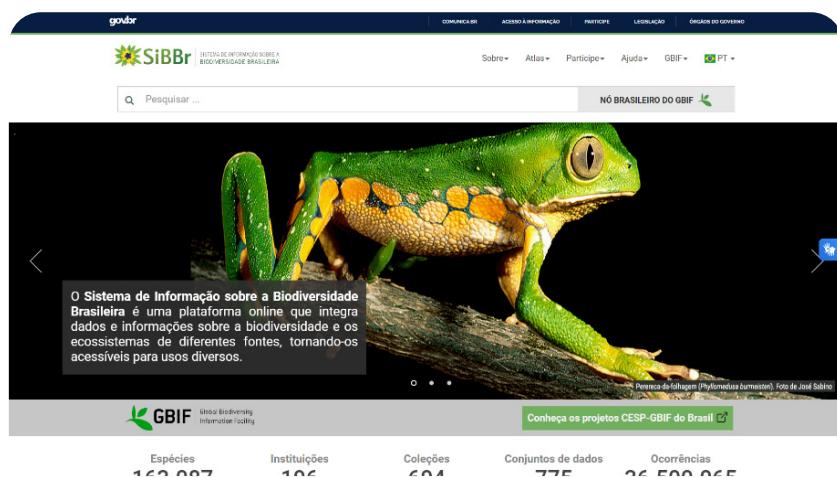


Figura 6 - Tela da página web do Sistema de Informações sobre a Biodiversidade Brasileira

Fonte: SiBBr

Outra fonte muito importante de dados sobre a vegetação brasileira, é o [Sistema Nacional de Informações Florestais \(SNIF\)](#)³³, que tem como objetivo fornecer informações sobre as florestas e outros tipos de vegetação do Brasil, além de dados sobre a biodiversidade e as condições dos recursos florestais em diferentes biomas. Nele é possível acessar o Inventário Florestal Nacional (IFN), que fornece uma base de informações detalhada e confiável sobre a cobertura vegetal, composição de espécies, qualidade dos solos, estoque de carbono e diversos aspectos ecológicos, que são essenciais para a elaboração de diagnósticos ambientais.

Para as equipes que estão realizando diagnósticos em bacias hidrográficas, o [Inventário Florestal Nacional](#)³⁴ - IFN é uma ferramenta valiosa, pois permite acesso a informações detalhadas sobre a vegetação local, com destaque para o inventário de espécies, distribuição espacial, e características de áreas com potencial para conservação. As informações do IFN são úteis para analisar o estado da vegetação, identificar áreas prioritárias para recuperação e manejo e entender a influência das florestas sobre os recursos hídricos e a biodiversidade local.



Figura 7 - Tela da página web do Sistema Nacional de Informações Florestais

Fonte: Snif

³³ Link: <https://snif.florestal.gov.br/pt-br/> (visita em 09/07/2025)

³⁴ Link: <https://snif.florestal.gov.br/pt-br/temas-florestais/ifn> (visita em 09/07/2025)

6.1.2 Levantamento em Campo com Técnicas Simples

O levantamento de dados primários sobre a biodiversidade local pode ser realizado a partir de observações diretas em campo para identificar espécies vegetais predominantes e fauna visível, com foco nas espécies que têm importância local ou que são indicadores de degradação ambiental.

Conversar com a comunidade local para obter informações sobre a presença de espécies importantes ou ameaçadas e mudanças percebidas na fauna e flora ao longo do tempo. Essa técnica de entrevistas com moradores locais pode ajudar a identificar áreas que são mais ricas em biodiversidade ou que sofreram com a degradação.

6.1.3 Uso de Técnicas Básicas de Amostragem

Utilizar técnicas simples de amostragem, como o método de transectos para observar a vegetação e a fauna em diferentes pontos da bacia. Isso pode incluir a marcação de trilhas para registrar as espécies encontradas em uma área específica.

Aplicar o método de parcelas, no qual são definidas áreas específicas (geralmente quadradas ou circulares) para a contagem de árvores, arbustos e outros elementos vegetais. Isso ajuda a entender a composição e a densidade da vegetação.

6.1.4 Levantamento Expedito de Campo

A equipe pode aplicar métodos de amostragem mais rigorosos, como campanhas de levantamento florístico e de fauna, nos períodos seco e chuvoso, que permitirão ter uma visão das mudanças na composição e densidade de espécies ao longo do ano. Esse método pode ser usado tanto para o monitoramento de flora, como o de fauna.

A equipe também pode contar com o auxílio de profissional especialista em botânica para identificar espécies em campo, relatar avistamentos e reconhecimento de evidências da presença de aves, pequenos mamíferos ou répteis, para estimar a diversidade de espécies e monitorar a saúde das populações.



Foto 5 - Coleta de amostras de ictiofauna na bacia do rio Camboriú
AcquaPlan Tecnologia e Consultoria Ambiental

6.1.5 Levantamento de Campo com Técnicas Avançadas de Amostragem

A equipe pode implementar parcelas permanentes de coleta de dados para vegetação e fauna, que considere todas as estações do ano, em fragmentos conservados. Nestas campanhas poderão ser utilizados equipamentos de alta tecnologia, como armadilhas fotográficas (câmeras trap), gravadores de áudio para monitoramento acústico e drones com câmeras ou sensores térmicos para coletar dados

detalhados sobre a fauna e a vegetação, a exemplo de espécies que habitam as copas das árvores, ou para contagens populacionais, a fim de detectar a presença de espécies raras ou difíceis de monitorar.

Além dos registros de campo, a equipe poderá enviar exsicatas para identificação em herbários e espécimes para identificação em laboratórios, aumentando a precisão dos levantamentos e criando um banco de dados da biodiversidade na área de interesse

7 METODOLOGIAS PARA O DIAGNÓSTICO - ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS

No processo de elaboração de um diagnóstico socioambiental, as variáveis socioeconômicas desempenham um importante papel ao lado das ambientais. Seu conhecimento amplia a visão do diagnóstico ao considerar as dinâmicas populacionais, a estrutura econômica, a organização comunitária e os níveis de educação e saúde das comunidades que convivem na bacia hidrográfica.

Nesta seção, abordaremos Uso e Ocupação do Solo, Densidade Populacional, Atividades Econômicas, Organização Comunitária, Educação Ambiental e Uso de Recursos Naturais Locais. Essas variáveis têm como propósito situar o diagnóstico no contexto humano e econômico, permitindo que ele seja sensível às especificidades da realidade social e econômica da região.

A principal contribuição de um diagnóstico socioeconômico no âmbito do Programa Produtor de Água é o mapeamento das comunidades estratégicas em termos de conservação hídrica na bacia, visando a criação de mecanismos que promovam a adesão das comunidades ao PSA – especialmente os produtores rurais – e incentivem práticas de conservação de água e solo em toda o território. Assim, essas variáveis permitem identificar áreas em que ações de capacitação e incentivos podem ser decisivos para o sucesso do futuro projeto. Por exemplo, ao investigar o uso de recursos naturais locais, como a captação de água por grandes usuários e moradores locais, a responsável pela elaboração do diagnóstico poderá identificar as maiores pressões sobre os recursos e trabalhar na proposição de estratégias alinhadas com as características e demandas locais.

7.1 Uso do solo e cobertura da terra

O uso do solo e a cobertura da terra são elementos fundamentais no diagnóstico socioambiental de uma bacia hidrográfica, pois influenciam diretamente o ciclo hidrológico, a infiltração de água no solo, a erosão e a biodiversidade local. A maneira como o solo é utilizado, tem um impacto direto sobre a qualidade e quantidade de água disponível na bacia.

7.1.1 Importância do Diagnóstico de Uso do Solo e Cobertura da Terra

A análise do uso do solo também permite identificar como diferentes atividades humanas estão distribuídas na bacia e qual é o seu impacto sobre o ambiente. Atividades como desmatamento, agricultura intensiva, urbanização desordenada e pecuária podem alterar significativamente o equilíbrio da bacia, causando erosão do solo, compactação, assoreamento dos cursos d'água e, consequentemente, a degradação dos recursos hídricos.

O diagnóstico da cobertura vegetal, permite avaliar o estado de conservação da vegetação nativa e identificar áreas prioritárias para a recuperação ambiental. Uma cobertura vegetal adequada não só contribui para a infiltração de água e a prevenção da erosão, mas também protege as margens dos rios, favorece a biodiversidade e melhora a qualidade da água.

Recomenda-se o [Manual Técnico de Uso da Terra³⁵](#) (IBGE, 2013) para a classificação do uso do solo. Siga as orientações e terminologias adotadas no documento, se possível até o Nível II – tabela 9.

³⁵ Link: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=281615> (visita em 09/07/2025)

Tabela 9 – Classificação do uso do solo e cobertura da terra

Nível I Classe	Nível II Subclasse
1 – Áreas Antrópicas Não Agrícolas	Áreas Urbanizadas
	Áreas de Mineração
2 – Áreas Antrópicas Agrícolas	Culturas Temporárias
	Culturas Permanentes
3 – Áreas de Vegetação Natural	Pastagens
	Silvicultura
4 – Água	Uso não identificado
	Área Florestal
5 – Outras Áreas	Área Campestre
	Águas Continentais
	Águas Costeiras
	Áreas Descobertas

Neste contexto, a equipe responsável pelo diagnóstico deve avaliar o uso do solo e a cobertura da terra de maneira integrada, utilizando diferentes metodologias de acordo com os recursos disponíveis e a capacidade técnica da equipe. Assim como nas outras variáveis, o nível de detalhamento e a complexidade das metodologias variam conforme a classificação da ETD.

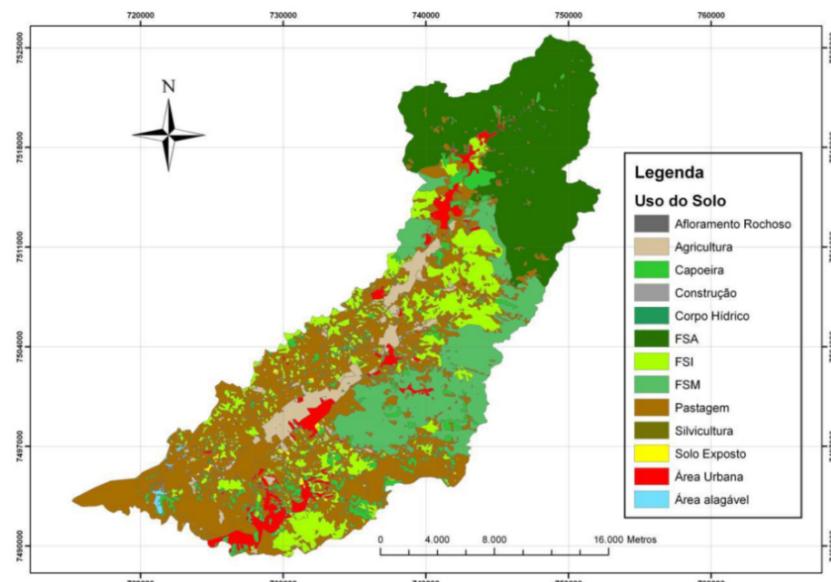


Figura 8 - Exemplo de Mapa de uso do solo da bacia hidrográfica do rio Macacu/RJ

Fonte: Julia Kishida Bochner (BOCHNER, 2010)

7.1.2 Utilização de Imagens de Satélite Gratuitas

Pode-se contar com o uso de imagens de satélite gratuitas, como as disponíveis no *Google Earth* e na plataforma *MapBiomas*. Essas imagens permitem que a equipe visualize a área de estudo e faça comparações temporais para identificar mudanças no uso do solo e na cobertura vegetal. As imagens de satélite fornecem uma visão geral das condições da bacia hidrográfica, permitindo mapear de forma simples as áreas de vegetação nativa, zonas agrícolas, pastagens, áreas degradadas e áreas urbanizadas.

Google Earth

Uma ferramenta acessível e fácil de usar, disponível em versões para web, dispositivos móveis e para computadores, que possibilita a visualização de imagens de satélite e a comparação de diferentes períodos. É possível criar marcadores e áreas de interesse no mapa para facilitar o trabalho de campo. A seguir, estão algumas formas específicas de como pode ser utilizada a ferramenta.

Visualização de Imagens de Satélite Atualizadas

Com acesso a imagens de satélite com resolução variável, permite a equipe visualizar a cobertura do solo em diferentes períodos. Isso é útil para: identificar visualmente áreas de desmatamento ou mudanças no uso do solo, como a conversão de vegetação nativa para agricultura ou pastagem; mapear de forma preliminar as APPs e nascentes que aparecem não estar protegidas ou preservadas e observar mudanças sazonais na vegetação, o que ajuda a entender como o uso do solo varia ao longo dos anos.

Uso de Marcadores e Anotações para Suporte ao Trabalho de Campo

O *Google Earth* permite que sejam adicionados marcadores personalizados para registrar pontos de interesse que são identificados durante o trabalho de campo, tais como: locais de degradação, como lixões a céu aberto, áreas de erosão ou vegetação degradada, fontes de água e nascentes, que podem ser mapeadas para identificar áreas prioritárias para conservação, anotações e observações de campo, como relatos de moradores ou observações visuais que complementem o diagnóstico.

Delimitação de Áreas e Cálculo de Distâncias

A equipe pode utilizar os recursos de medição e delimitação de áreas do software para obter estimativas básicas de extensão de áreas desmatadas ou que apresentam mudanças significativas no uso do solo, distâncias entre pontos importantes, como áreas de vegetação e corpos d'água, para avaliar a conformidade com a legislação ambiental e a delimitação de áreas de estudo para facilitar a priorização de áreas que precisam de maior atenção.

MapBiomas³⁶

O [MapBiomas](#) é uma plataforma brasileira que disponibiliza séries históricas sobre cobertura e uso da terra de todo o país. Oferece dados que ajudam a identificar desmatamento, áreas de vegetação em regeneração e atividades agrícolas.

O MapBiomas é uma plataforma de grande relevância para o diagnóstico socioambiental, especialmente no contexto de bacias hidrográficas. Através da Plataforma MapBiomas Uso e Cobertura, que integra diferentes módulos como: Uso e Cobertura e Água é possível realizar uma análise detalhada da situação do uso do solo. A seguir, uma breve explicação de como cada um desses temas pode ser utilizado para auxiliar no diagnóstico.

³⁶ Durante a elaboração deste Manual, encontrava-se disponível a versão 9.0 da Plataforma MapBiomas, o Módulo Uso e Cobertura em processo de atualização, sendo sua última atualização em setembro de 2024. Não foram considerados os módulos da Coleção BETA, pois melhorias ainda seriam implementadas nestes. Link: <https://brasil.mapbiomas.org/> (visita em 09/07/2025)

Uso e Cobertura da Terra



Figura 9 - Tela da plataforma MapBiomass Uso e Cobertura

Fonte: MapBiomass

Esse tema oferece uma visão histórica e detalhada da evolução do uso do solo no Brasil desde 1985. Ela permite a análise de mudanças no uso da terra, como desmatamento, expansão agrícola e urbanização. No diagnóstico, a ferramenta pode ser usada tanto para identificar mudanças no uso do solo ao longo do tempo, como a conversão de áreas florestais em pastagens ou áreas urbanas, como mapear o histórico de ocupação, o que ajuda a compreender como as pressões sobre a vegetação e os recursos naturais evoluíram.

Água

Esse tema mapeia a superfície de água do Brasil, fornecendo informações sobre a extensão e variação dos corpos hídricos. Ele permite monitorar como a disponibilidade de água foi alterada ao longo dos anos. No diagnóstico, pode ser utilizado tanto para monitorar as mudanças nos corpos hídricos, identificando áreas onde houve redução significativa de água superficial, como para avaliar a conectividade hídrica, que é essencial para a gestão sustentável de bacias hidrográficas.

A Plataforma MapBiomass Uso e Cobertura, com seus diferentes temas, oferece uma visão abrangente e detalhada do uso da terra, da cobertura vegetal e dos recursos hídricos ao longo do tempo, fornecendo informações valiosas para embasar o diagnóstico socioambiental. Essas ferramentas possibilitam identificar áreas prioritárias para conservação, recuperação e manejo sustentável, facilitando a tomada de decisões no âmbito do Programa Produtor de Água.

7.1.3 Observação Direta no Campo

A observação direta no campo é uma das ferramentas mais importantes e de baixo custo para a coleta de dados. Essa abordagem envolve diligências pelas áreas de interesse na Bacia Hidrográfica com registro do estado do uso do solo e da vegetação. O registro pode ser feito de três formas distintas:

- I. **Anotações visuais:** A equipe pode anotar as categorias de uso do solo, como áreas agrícolas, florestas, pastagens e áreas urbanas. Durante as diligências, é importante identificar sinais de degradação, como erosão do solo, desmatamento e compactação e relacioná-las com uma localização geográfica.
- II. **Registro fotográfico:** Tirar fotos das áreas mais críticas pode ajudar na análise posterior. A equipe pode registrar pontos onde há erosão severa, desmatamento ou vegetação nativa ainda preservada. Isso fornece evidências visuais que complementam as anotações.

III. **Mapas simples:** A equipe pode esboçar mapas simples à mão, indicando as áreas observadas e os principais tipos de uso do solo. Estes esboços ajudam a ter uma visão geral da área de estudo.

7.1.4 Outros Dados Públicos

O acesso a dados públicos gratuitos pode ser uma importante fonte de informação. Organizações e instituições governamentais fornecem dados sobre o uso do solo, vegetação e áreas protegidas que podem ser utilizados no diagnóstico. O Cadastro Ambiental Rural (CAR) serve-se como uma fonte de dados para informações sobre o uso do solo, APPs e reservas legais das propriedades rurais. A equipe pode verificar o registro das áreas rurais e compará-las com o que foi observado no campo. Outra opção são os dados do IBGE, como mapas de uso do solo, áreas urbanizadas e dados agropecuários, também podem ser utilizados para complementar as observações de campo.

7.1.5 Classificação Supervisionada de Imagens de Satélite

Utilizar softwares de SIG, como QGIS ou ArcGIS, para realizar uma classificação supervisionada de imagens de satélite gratuitas, como *Landsat* ou *Sentinel-2*. A classificação supervisionada envolve a identificação de diferentes classes de uso do solo com base em exemplos definidos pela equipe, como vegetação nativa, áreas agrícolas e pastagens. A técnica de máxima verossimilhança pode ser empregada para melhorar a precisão, oferecendo uma análise mais detalhada das áreas de interesse.

Esta técnica estatística é usada na classificação supervisionada de imagens de satélite, que calcula a probabilidade de cada pixel pertencer a uma classe específica de uso ou cobertura do solo, com base em amostras de treinamento³⁷ e nas características espectrais observadas. Cada pixel é então atribuído à classe com a maior probabilidade, resultando em um mapa temático classificado. Esse método é eficaz quando os dados seguem uma distribuição normal, mas pode ter limitações se as classes tiverem características espectrais semelhantes.

7.1.6 MapBiomas: Uso e Cobertura

Como já apresentado anteriormente, a plataforma MapBiomas é uma fonte riquíssima de dados sobre uso e cobertura do solo, que pode ser utilizada para avaliar mudanças ao longo do tempo. A equipe pode acessar as séries temporais disponíveis e comparar os dados para identificar tendências, como expansão agrícola ou regeneração de vegetação. Além disso, o MapBiomas oferece dados sobre degradação e recuperação da vegetação, o que é essencial para a identificação de áreas prioritárias para intervenções ambientais no âmbito do Produtor de Água. Ainda, os dados podem ser complementados com informações de relatórios oficiais, levantamentos agrícolas e inventários florestais para uma análise mais rica.

7.1.7 Verificação em Campo com GPS e Aplicativos de Coleta de Dados

Para validar os resultados obtidos com o sensoriamento remoto é preciso calçar a bota, a verificação em campo é muito importante. Neste momento, a equipe pode utilizar aparelhos GPS de navegação para registrar as coordenadas de pontos de interesse ou utilizar aplicativos móveis como para coletar dados adicionais, como fotos e descrições das condições locais. Essa prática ajuda a ajustar as classificações e a validar as informações obtidas por meio das análises espaciais.

³⁷ O treinamento requer a seleção de áreas que representam as classes de interesse, como vegetação, áreas agrícolas, corpos d'água etc. Essas áreas são escolhidas pelo usuário, que conhece bem as características do terreno.

7.1.8 Sensoriamento Remoto com Alta Resolução e Drones

A avaliação de uso do solo e cobertura vegetal pode ser feita por meio de imagens de satélite de alta resolução³⁸, como as do *WorldView-3* ou *Rapideye*, para obter uma visão detalhada da vegetação e do uso do solo. Esse nível de detalhe permite identificar pequenas áreas degradadas e mudanças sutis na cobertura vegetal.

Drones equipados com sensores multiespectrais ou hiperespectrais podem ser usados para capturar dados de alta precisão, fornecendo informações sobre a densidade de vegetação e estresse hídrico. As imagens capturadas por drones podem ser processadas para criar modelos 3D do terreno, auxiliando na identificação de microambientes e áreas vulneráveis.

7.1.9 Análise Multitemporal com Modelagem Preditiva

Realizar uma análise multitemporal utilizando séries históricas de imagens de satélite para entender as mudanças no uso do solo ao longo do tempo. Isso é feito por meio da comparação de dados de diferentes períodos, avaliando tendências e projetando cenários futuros.

Utilizar modelagem preditiva para simular o impacto de diferentes cenários, como intervenções de recuperação ambiental ou expansão agrícola. Modelos como o InVEST³⁹ e o SWAT ajudam a prever como o uso do solo pode afetar a produção de água e a qualidade dos recursos hídricos.

7.1.10 Classificação Avançada com Algoritmos de Aprendizado de Máquina

Implementar técnicas de aprendizado de máquina, como Redes Neurais Artificiais - RNA⁴⁰ ou *Random Forest*⁴¹, para realizar a classificação avançada dos tipos de uso do solo. Esses algoritmos podem aumentar a precisão das classificações em comparação com métodos tradicionais.

As técnicas de aprendizado de máquina são especialmente úteis para distinguir classes de cobertura que apresentam características semelhantes, como tipos diferentes de vegetação ou áreas de agricultura.

7.2 Estrutura Fundiária

Conhecer as características das propriedades rurais é fundamental. Ao analisá-las compreendemos como a configuração fundiária molda a paisagem e influencia as dinâmicas ambientais da bacia.

Pelo menos dois aspectos reforçam a consideração dessa variável como ambiental, vejamos:

- Impacto direto no uso do solo e nos recursos naturais: a estrutura fundiária afeta diretamente o uso do solo, a fragmentação da vegetação, a preservação de áreas sensíveis como APPs e RLs, além da conservação de recursos hídricos. Tudo isso é fundamental para o diagnóstico ambiental, já que o tamanho e a distribuição das propriedades influenciam as dinâmicas de degradação ou conservação da bacia hidrográfica.

³⁸ Existem diversas outras fontes de imagens de satélite de alta resolução. As citadas no texto são as comumente conhecidas, certamente a ETD terá à sua disposição profissional para encontrar as melhores fontes.

³⁹ *Integrated Valuation of Ecosystem Services and Trade-offs* (InVEST): (em tradução livre para o Português brasileiro: Avaliação Integrada de Serviços Ecossistêmicos e Compensações) é um conjunto de modelos de software de código aberto para mapear e valorizar os serviços ecossistêmicos fornecidos por paisagens terrestres e marinhas. Utiliza dados sobre o meio ambiente para verificar como as mudanças nos ecossistemas provavelmente afetarão o fluxo de benefícios para as pessoas. É projetado para informar decisões sobre o gerenciamento de recursos naturais.

⁴⁰ Redes Neurais Artificiais (RNA): é um método de inteligência artificial (IA) que simula o funcionamento do cérebro humano para processar dados e resolver problemas complexos.

⁴¹ *Random Forest*: (em tradução livre para o Português brasileiro: Floresta Aleatória) é um algoritmo de aprendizado de máquina que cria um conjunto de múltiplas árvores de decisão para chegar a uma previsão ou resultado singular e mais preciso. Nota: apesar do nome, pode ser utilizado para muitos outros parâmetros além da vegetação.

- b) Relação com a paisagem e conservação: foco nas interações entre o uso da terra e os processos ecológicos da bacia. Isso é essencial para a compreensão de como a configuração das propriedades influencia o comportamento da água no território.

De acordo com a Lei 8.629, de 25 de fevereiro de 1993, alterada pela Lei nº 13.465 de 2017, os imóveis rurais são classificados de acordo com o tamanho da área em Minifúndio, Pequena, Média e Grande Propriedade – tabela 10.

Tabela 10 – Classificação fundiária

Classificação Fundiária	Designação
Minifúndio	imóvel rural com área inferior à Fração Mínima de Parcelamento.
Pequena Propriedade	imóvel com área entre a Fração Mínima de Parcelamento e 4 módulos fiscais.
Média Propriedade	imóvel rural com área superior a 4 e até 15 módulos fiscais.
Grande Propriedade	imóvel rural de área superior a 15 módulos fiscais.

Sua referência principal é o módulo fiscal, que varia conforme o município, e é um dos Índices Básicos Cadastrais utilizados pelo Incra para definir, por município, parâmetros de caracterização e classificação do imóvel rural segundo sua dimensão e localização regional. Para consultar o módulo fiscal e os demais índices básicos, acesse a Plataforma de Governança Territorial, na ferramenta de pesquisa chamada [Consultar Índices Básicos](#)⁴².

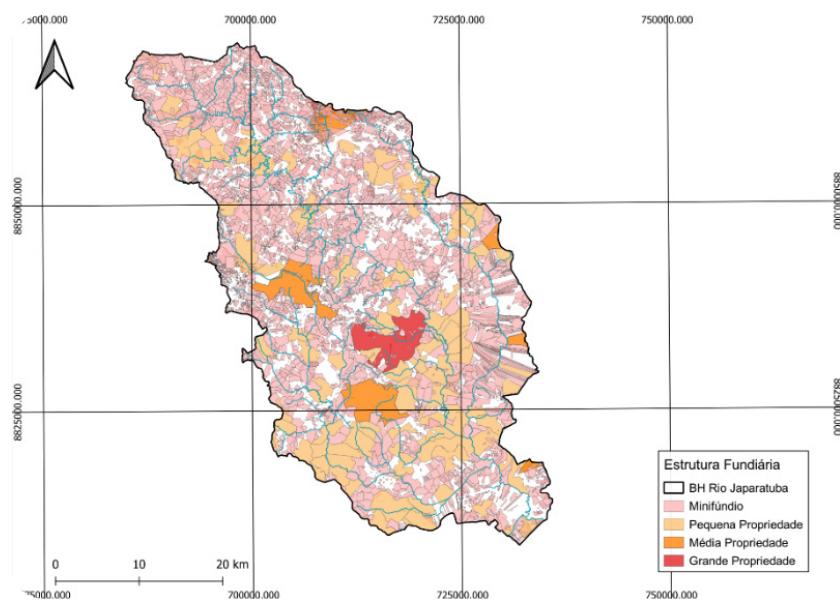


Figura 10 - Exemplo da Estrutura Fundiária da Bacia Hidrográfica do rio Japaratuba (SE)
Fonte: Índére Engenharia Sustentável, baseado em SEMAC (2024).

7.2.1 Dados Públicos do Cadastro Ambiental Rural

O primeiro passo é obter informações básicas sobre a estrutura fundiária da bacia a partir de fontes públicas, como o Cadastro Ambiental Rural (CAR). O Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural (SICAR) permite que os dados sejam acessados online, fornecendo informações sobre o tamanho das propriedades e o uso declarado do solo de todos os municípios brasileiros. Atualmente, existem mais de 6,4 milhões de cadastros realizados.



Figura 11 - Tela da página web do SICAR
Fonte: SICAR

Embora a maior parte dos cadastros ainda dependa de validação esta é uma base de dados que pode ser utilizada no diagnóstico para identificar a estrutura fundiária da bacia.

A equipe pode consultar o portal [SICAR⁴³](#), mais especificamente a seção de Consulta Pública, para baixar dados em formato de tabela ou mapas simplificados que mostrem a distribuição das propriedades cadastradas.

7.2.2 Mapeamento Simplificado

Com os dados do CAR em mãos, a equipe pode fazer um mapeamento simplificado das propriedades rurais na bacia, utilizando ferramentas acessíveis, como o *Google Earth* ou até mesmo mapas impressos fornecidos por órgãos municipais. O objetivo aqui é identificar visualmente a distribuição fundiária, destacando propriedades maiores e menores.

A depender do tamanho da propriedade, o *Google Earth* pode ser usado para sobrepor informações geográficas simples e identificar a localização e o tamanho aproximado das propriedades.

7.2.3 Acesso e Análise Avançada dos Dados do CAR

O CAR continua sendo uma ferramenta para a obtenção de informações fundiárias, que pode ir além da simples consulta, utilizando as ferramentas SIG para integrar e analisar os dados do CAR de forma mais aprofundada.

A equipe pode fazer o download de arquivos *shapefile* detalhados do SICAR e integrá-los com outras camadas de metadados geográficos, como mapas de uso do solo, relevo e hidrografia, oriundos de outras bases, como o IBGE, ANA, Ibama, ICMBio, órgãos e autarquias estaduais ou municipais, dentre outros, permitindo uma análise espacial mais precisa.

7.2.4 Consulta a Dados Complementares de Órgãos Públicos

Além dos dados do CAR, pode-se complementar a análise utilizando informações de órgãos como o Incra e o IBGE. O Incra oferece dados sobre a divisão fundiária e o tamanho das propriedades, enquanto o IBGE oferece informações socioeconômicas e de uso do solo. Essa integração de dados públicos permite uma visão mais ampla da situação fundiária. Com os dados do IBGE a equipe poderá entender a relação entre o tamanho das propriedades e as práticas econômicas da região (como

⁴³ Link: <https://www.car.gov.br/#/> (visita em 09/07/2025)

agricultura familiar, grandes monoculturas etc.), ajudando a determinar quais propriedades têm maior impacto ambiental.

Outra ferramenta eletrônica também desenvolvida pelo Incra é o Sistema de Gestão Fundiária (SIGEF). Plataforma onde estão organizadas e disponibilizadas as informações georreferenciadas de limites de imóveis rurais, públicos e privados.

Seu acesso público, no entanto, pode ser limitado a poucas informações. Para um acesso mais amplo é preciso ser um profissional ou instituição cadastrada, mas requisitos são aplicados. De qualquer forma, as informações disponíveis são de grande relevância para os diagnósticos fundiários. A ETD pode acessá-lo através da página do [SIGEF](#)⁴⁴.

The screenshot shows the 'Consulta de Parcelas' (Parcel Inquiry) page of the SIGEF website. The page has a header with the 'gov.br' logo, 'Plataforma de Governança Territorial', and navigation links for 'Consultar', 'Documentos', 'Sobre', and 'Entrar'. The main form is titled 'Consulta de Parcelas' and contains several input fields:

- CPF/CNPJ do(a) Detentor(a) and Nome do(a) Detentor(a)
- Código do Cartório (CNS) and Nº da Matrícula/Transcrição
- Código da Parcela and Código do Vértice
- Protocolo de envio and Código do Imóvel (SNCI/NCRA)
- Protocolo de envio da planilha and Código de um dos vérticos que compõe a parcela
- Código SNCI do imóvel and Código do responsável técnico(a) pela parcela

Below the form are two checkboxes: 'Não sou um robô' and 'IncraPTOPIA'. At the bottom right is a 'Pesquisar' button.

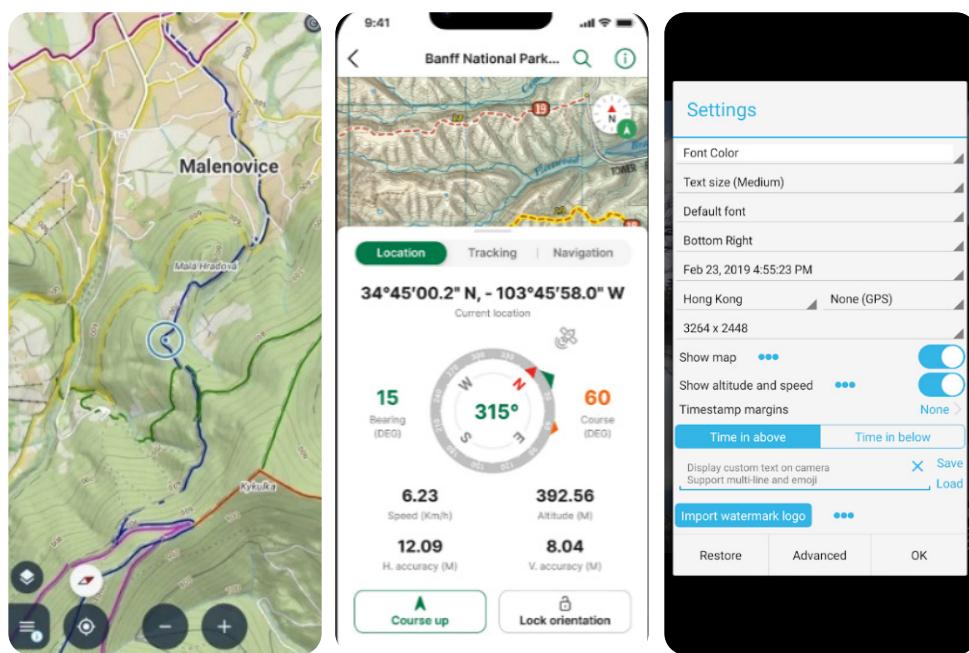
The footer of the page includes links for 'REDES SOCIAIS' (Facebook, Instagram, Twitter), the 'gov.br' logo, the 'INCRA' logo, and the 'MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E DESenvolvimento' logo. It also contains a 'Todos os direitos reservados © - INCRA | Contatos | Sobre' link.

Figura 12 - Tela da página web do SIGEF

Fonte: SIGEF

7.2.5 Visitas de Campo com Ferramentas Tecnológicas

Para complementar os dados secundários, pode-se realizar visitas a campo com o uso de tecnologias de geolocalização, como GPS portáteis ou aplicativos móveis de mapeamento (por exemplo, *Locus Map*, *Avenza Maps* ou *Time Stamp*). Essas ferramentas permitem registrar com precisão as coordenadas das áreas de preservação e uso do solo, facilitando a comparação com os dados obtidos no SIG e mapear áreas de ocupação irregular e observar diretamente o estado de conservação de áreas críticas, como APPs e RLs.

Figura 13 - Telas dos aplicativos *Locus Map*, *Avenza Maps* e *Time Stamp*Fonte: *Locus Map*, *Avenza Maps* e *Time Stamp*

Durante essas visitas, a equipe também pode utilizar drones de baixo custo para capturar os limites das propriedades através de imagens aéreas.

7.2.6 Consulta a Cartórios de Registro de Imóveis e Uso de Ferramentas SIG

Além dos dados públicos do CAR e Incra, existe a possibilidade de consulta aos cartórios de registro de imóveis locais. Alguns cartórios possuem registros detalhados sobre a propriedade das terras, incluindo informações sobre a titularidade, dimensões das propriedades e possíveis pendências legais relacionadas à regularização fundiária. Embora essa etapa possa ser trabalhosa, ela pode complementar a base de dados sobre as propriedades rurais ausentes no SICAR e no SIGEF e, especialmente em casos em que há dúvidas sobre a divisão ou titularidade da terra.

A equipe pode visitar cartórios da região para acessar matrículas de propriedades e verificar se há inconformidades fundiárias, como sobreposições de áreas ou falta de regularização de propriedades. Contar com um membro com conhecimentos em SIG ou CAD⁴⁵ nesta atividade pode ser muito interessante para transformar em desenho técnico os memoriais descritivos que contém os vértices das propriedades. Esse levantamento é útil para compreender melhor o cenário de governança territorial e pode ajudar a identificar desafios à implementação de políticas ambientais.

Em muitos casos, a simples consulta à matrícula pode revelar informações importantes sobre servidões ambientais ou áreas de proteção declaradas no registro. Essa busca ajuda a garantir que os dados obtidos pelo CAR e outras fontes estejam completos e atualizados e fornece um panorama legal da situação fundiária na bacia hidrográfica, ajudando, inclusive, na percepção de quais propriedades estão legalmente aptas para aderir ao Programa Produtor de Água e na validação das informações obtidas por outras metodologias.

Como sugestão, é altamente desejável integrar esses dados diretamente em um banco de dados SIG, vinculando as informações de registro de imóveis com os dados do CAR e do Incra para validar a titularidade das terras e identificar sobreposições ou disputas fundiárias.

7.2.7 Uso de Imagens de Alta Resolução e Sensoriamento Remoto Avançado

Uma alternativa é utilizar imagens de satélite de diferentes resoluções (como as fornecidas por plataformas comerciais ou o *Sentinel-2* da Agência Espacial Europeia) e integrar essas imagens a tecnologias de sensoriamento remoto de ponta. Isso permite que a equipe realize um levantamento detalhado da vegetação, uso do solo e áreas de preservação.

O uso de drones de alta precisão para captura de imagens em áreas específicas pode ajudar a mapear zonas de difícil acesso, documentando com precisão a estrutura fundiária e as condições ambientais.

A equipe pode empregar técnicas de classificação de imagens para distinguir entre diferentes tipos de cobertura vegetal, uso agrícola e APPs, possibilitando uma análise precisa da situação fundiária.

7.2.8 Modelagem Preditiva e Simulação de Cenários Futuros

Análises mais avançadas podem ser usadas ao explorar esse tema. Trata-se de utilizar modelos preditivos sofisticados, como o SWAT ou o InVEST, para prever os impactos de diferentes cenários de uso do solo e estrutura fundiária na bacia hidrográfica. Esses modelos podem simular cenários futuros de ocupação do solo com base na estrutura fundiária atual, impactos na disponibilidade de recursos hídricos, erosão do solo e fragmentação de vegetação em função das mudanças no uso da terra e modelos de geração de sedimentos e perda de solo com base em variações de práticas agrícolas e expansão urbana, por exemplo.

A equipe pode usar esses modelos para avaliar como diferentes estruturas fundiárias impactarão a bacia a longo prazo, permitindo a definição de áreas prioritárias para conservação e recuperação.

7.2.9 Consulta a Bancos de Dados Integrados

Ainda no âmbito das ferramentas SIG, também é possível acessar bancos de dados integrados, como o Cadastro Nacional de Imóveis Rurais (CNIR) e o SIGEF, combinando essas informações com a bases de dados próprias e de outros órgãos, como IBGE e, quando houver, com os Sistema de Meio Ambiente (estadual ou municipal). A integração desses dados permite uma análise mais robusta sobre a conformidade fundiária em relação à legislação ambiental, áreas com pendências jurídicas ou legais relacionadas à regularização fundiária e acesso a dados socioeconômicos que possibilitam entender a relação entre a estrutura fundiária e a produtividade agrícola ou práticas sustentáveis.

7.2.10 Análise Jurídica Fundiária Detalhada

Com uma ETD, que conte com o suporte de advogados ou especialistas jurídicos para analisar os aspectos legais das propriedades dentro da bacia hidrográfica, pode verificar a conformidade das propriedades com as normas ambientais e fundiárias vigentes, incluindo APPs, RLs e o cumprimento das exigências do CAR, identificar passivos ambientais e possíveis conflitos fundiários que necessitem de mediação ou regularização e avaliar a viabilidade jurídica para implementação de projetos de recuperação ambiental ou participação em programas de PSA.

7.3 Densidade Populacional

A avaliação da densidade populacional permite entender a distribuição e concentração das pessoas nas localidades que compõem a bacia hidrográfica. A análise da densidade populacional ajuda a identificar as áreas mais pressionadas pelo uso dos recursos hídricos e a avaliar o potencial impacto das atividades humanas no meio ambiente local. Este dado oferece informações valiosas sobre os

padrões de uso e ocupação do solo e permite prever os desafios e as necessidades de infraestrutura, saneamento e outros serviços que são fundamentais para a conservação hídrica da bacia.

Para sua avaliação é necessário levantar informações específicas, como: número de habitantes por área (dados censitários ou de estimativas populacionais); divisão entre áreas urbanas e rurais, que influencia o tipo de uso da terra e os níveis de pressão sobre os recursos naturais. Se a ETD desejar aprofundar ainda mais, pode investigar a distribuição populacional nas sub-bacias e microbacias para oferecer uma visão detalhada dos pontos de maior concentração de pessoas e dos possíveis focos de conflito pelo uso da água.

7.3.1 Coleta de Dados Censitários e Estimativas Populacionais

O IBGE oferece informações detalhadas sobre a população em diferentes regiões do Brasil, com dados de censos, estimativas anuais e informações demográficas específicas, como áreas urbanas e rurais.

- I. A ETD pode acessar os dados censitários mais recentes para o município e a região onde a bacia está localizada no [portal do IBGE](https://www.ibge.gov.br/)⁴⁶. Para isso, localize a opção Cidades e Estados (Figura 17).

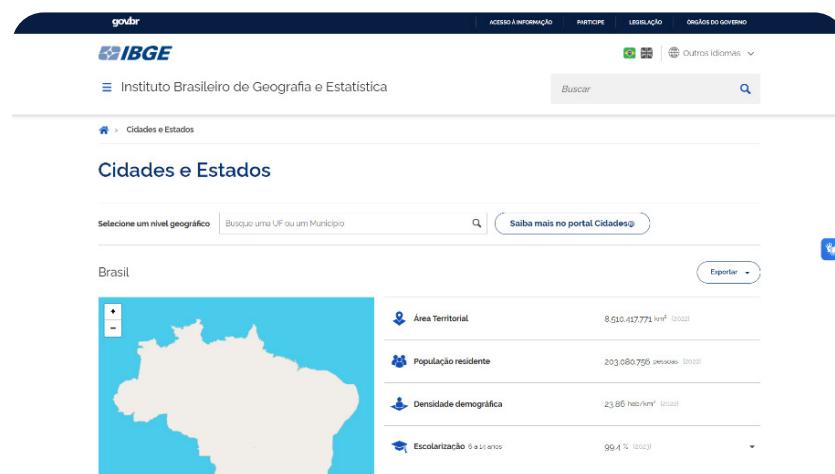


Figura 14 - Tela da página do IBGE para consulta de dados populacionais
Fonte: IBGE

- II. Em seguida, pesquisar informações populacionais para os municípios específicos da bacia, separando dados de população urbana e rural, se disponíveis.
- III. Verificar se há dados municipais disponíveis. Atentar para o fato de que muitos municípios realizam levantamentos populacionais independentes que podem complementar as informações do IBGE.

7.3.2 Consulta a Dados Públicos e Mapas Geográficos

A equipe pode utilizar plataformas públicas, como o [Portal de Mapas do IBGE](https://portaldemapas.ibge.gov.br/)⁴⁷, para entender a configuração espacial da área e verificar os pontos de maior concentração populacional, ainda que apenas visualmente. Esta é uma ferramenta digital gratuita e acessível, mantida pelo IBGE, que disponibiliza uma vasta coleção de mapas e informações geográficas para todo o território nacional. É uma plataforma robusta, ideal para ETDs que buscam informações sobre diversas variáveis geográficas e populacionais para embasar seus estudos e diagnósticos.

46 Link: <https://www.ibge.gov.br/> (visita em 09/07/2025)

47 Em novembro de 2024, o portal de mapas do IBGE dispunha de cerca de 33.000 mapas. Link: <https://portaldemapas.ibge.gov.br/portal.php#homepage> (visita em 09/07/2025)

No Portal, os usuários têm acesso a mapas detalhados que cobrem temas como:

- Densidade Populacional: Dados sobre a distribuição da população, tanto em áreas urbanas quanto rurais, são visualizados por região, município ou estado, permitindo uma análise precisa das pressões populacionais.
- Infraestrutura e Recursos Hídricos: O portal oferece informações sobre infraestrutura de transporte, saneamento e recursos hídricos, essenciais para compreender a acessibilidade e o impacto sobre a bacia hidrográfica.

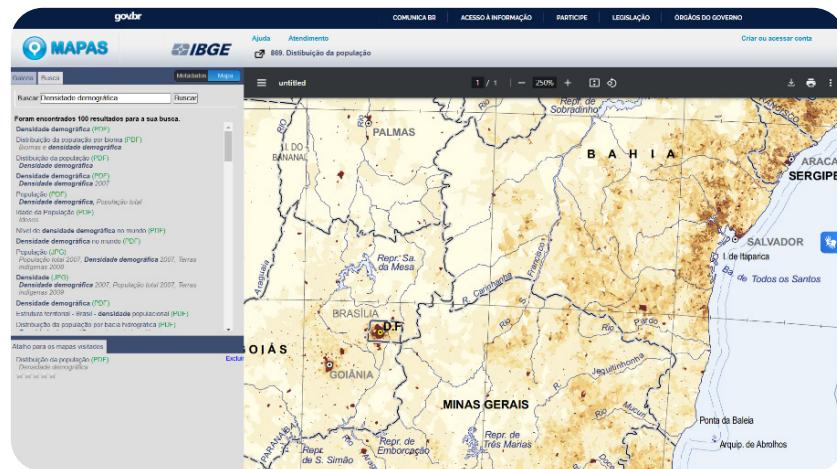


Figura 15 - Tela da página do IBGE para consulta de dados

Fonte: IBGE

Para acessar essas informações, basta navegar pelo portal, onde é possível buscar mapas interativos que permitem o zoom em localidades específicas. Além disso, a plataforma oferece a opção de download dos mapas em diferentes formatos, permitindo que os dados sejam utilizados e manipulados em SIG. Essa funcionalidade é especialmente útil para as ETDs que tenham capacidade de cruzar dados populacionais com variáveis ambientais e socioeconômicas, proporcionando uma análise integrada do território e suas dinâmicas.

7.3.3 Contato com Prefeituras

Em áreas com dados limitados, a prefeitura local pode fornecer estimativas populacionais, mapas de densidade e informações úteis sobre a distribuição populacional.

Para isto, a ETD pode entrar em contato com a Secretaria de Planejamento, Ação Social, Saúde ou outra instituição equivalente na prefeitura, para solicitar dados que complementem os dados do IBGE e informações específicas para a bacia, como estimativas de população rural, mapas de densidade urbana e rural e áreas de maior concentração populacional, entre outras.

7.3.4 Observação Direta e Mapeamento Local

Através de visitas de campo para coletar informações qualitativas sobre os padrões de ocupação, a ETD pode percorrer os principais pontos da bacia para observar e registrar áreas com maior densidade de moradias e infraestrutura. Em áreas rurais, pode-se registrar informações sobre assentamentos, comunidades dispersas e locais onde a pressão populacional sobre os recursos é maior. É importante registrar as áreas com potencial para crescimento urbano ou expansão agrícola, que podem impactar diretamente o uso dos recursos naturais.

7.3.5 Análise dos Dados Coletados

Após coletados, a ETD deverá compilar os dados populacionais de todas as fontes, priorizando os números e estimativas mais recentes, comparar a população nas áreas urbanas e rurais, observando a concentração de pessoas em cada sub-bacia e analisar onde as maiores densidades coincidem com os recursos hídricos e áreas de preservação, indicando zonas com maior risco de impacto ambiental.

7.3.6 Georreferenciamento e Observação de Campo

Pode-se realizar visitas a campo para verificar a distribuição da população nas áreas mapeadas, utilizando ferramentas como GPS ou aplicativos de georreferenciamento para registrar coordenadas dos locais observados.

É possível identificar pontos críticos onde a densidade populacional impacta diretamente recursos hídricos ou áreas de preservação, registrando informações qualitativas sobre ocupação e condições habitacionais, como qualidade de saneamento e pressão sobre os recursos naturais.

7.3.7 Análise Avançada de Dados Espaciais com SIG

Utilizar plataformas avançadas de SIG, como ArcGIS ou QGIS, permite à ETD criar mapas de densidade populacional detalhados e segmentados. Dados censitários e estimativas de crescimento populacional podem ser visualizados em setores específicos, combinados com variáveis de infraestrutura e recursos naturais para observar como a densidade se distribui e pressiona a área de estudo.

Da mesma forma, a INDE também se mostra uma ferramenta importante, fornecendo acesso a dados georreferenciados de diversas fontes, que podem ser integrados ao SIG para obter uma visão mais detalhada da distribuição populacional e da sua relação com a infraestrutura e os recursos ambientais da bacia. A integração de SIGs e INDE facilita a análise espacial detalhada e auxilia na projeção dos impactos populacionais.

7.3.8 Sensoriamento Remoto e Imagens de Satélite de Alta Resolução

O uso de sensoriamento remoto e imagens de satélite de alta resolução é uma metodologia avançada que permite à ETD analisar a dinâmica populacional e a expansão do uso do solo com precisão e abrangência. Com imagens de satélite, como as fornecidas pelo *Sentinel-2* e *Landsat*, é possível identificar áreas de ocupação recente, expansão urbana e os limites entre áreas rurais e urbanas. Essa análise pode revelar padrões de crescimento que impactam diretamente os recursos hídricos e o uso do solo, como a concentração de moradias em áreas ambientalmente sensíveis e a expansão em zonas de preservação.

Além disso, o processamento de imagens permite o cálculo de índices espectrais, como o NDVI que ajuda a identificar tendências de urbanização e desmatamento que podem afetar a disponibilidade e qualidade dos recursos hídricos. Com o apoio de um SIG, as imagens de satélite podem ser sobrepostas com outras camadas de dados, criando uma visualização geoespacial que permite à ETD estimar a densidade populacional.

7.3.9 Modelagem Preditiva de Crescimento Populacional

Para uma análise mais avançada, a ETD pode utilizar ferramentas de modelagem preditiva que projetam o crescimento populacional e suas implicações na bacia hidrográfica. Ferramentas como o

Land Change Modeler do software TerrSet⁴⁸ permitem realizar projeções e simular cenários de uso do solo e crescimento urbano. Esse modelo ajuda a entender como diferentes fatores, como expansão de infraestrutura e aumento da densidade populacional, podem impactar a bacia ao longo dos anos. Ao integrar dados históricos e parâmetros de crescimento, o modelo permite que a equipe simule cenários futuros e visualize como as mudanças demográficas poderão influenciar a área em estudo, gerando informações para planejar medidas de preservação e sustentabilidade.

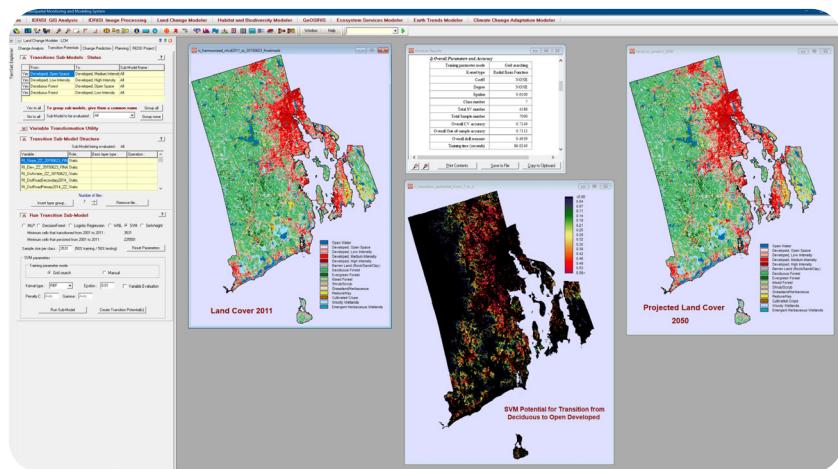


Figura 16 - Tela do software TerrSet

Fonte: Clark Labs

Além do *Land Change Modeler*, o SPSS⁴⁹ (*Statistical Package for the Social Sciences*) pode ser usado para análise estatística de dados demográficos e de densidade populacional. Com o SPSS, a ETD pode aplicar análises preditivas que auxiliam na construção de cenários de impacto com base nas tendências atuais de crescimento populacional e nas dinâmicas sociais da região. Essas análises ajudam a prever os principais desafios que a densidade populacional e o uso do solo poderão trazer para o ecossistema da bacia hidrográfica, criando uma base sólida para definir estratégias de manejo e conservação.

7.4 Atividades Econômicas

As atividades econômicas são altamente relevantes na dinâmica socioambiental de uma bacia hidrográfica, influenciando diretamente a utilização e a conservação dos recursos naturais. Por isso, diagnosticar as atividades predominantes como agricultura, pecuária, comércio, indústria e turismo é fundamental para avaliar seu impacto e dependência de recursos como água, solo e vegetação. Esse mapeamento permitirá localizar áreas de maior pressão ambiental e orientar as ações do futuro projeto Produtor de Água. Além disso, a análise das iniciativas de baixo impacto, como produção orgânica e práticas sustentáveis certificadas, destaca exemplos que podem ser replicados e ampliados quando da implantação do projeto.

Na área rural, as atividades econômicas assumem uma posição estratégica, pois é o objeto direto das tratativas com os produtores rurais. A agricultura e a pecuária, como atividades predominantes, representam tanto oportunidades quanto desafios para o equilíbrio entre a geração de renda e a conservação ambiental. Ao identificar tais atividades, o diagnóstico possibilita o estabelecimento de um diálogo que valorize a vocação econômica da bacia hidrográfica e a produção de serviços ambientais,

48 TerrSet: é um software geoespacial desenvolvido para análise ambiental e gestão de recursos naturais. Ele integra ferramentas avançadas de SIG e processamento de imagens, permitindo a modelagem e monitoramento de sistemas terrestres com foco no desenvolvimento sustentável, que auxilia na tomada de decisões baseadas em dados espaciais, abrangendo uma ampla gama de aplicações, desde o planejamento urbano até a conservação ambiental

49 SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*): (em tradução livre para o Português brasileiro: Pacote Estatístico para as Ciências Sociais) é um software utilizado para análise estatística em ciências sociais, oferecendo ferramentas para coleta, gerenciamento e análise de dados. Desenvolvido pela IBM, facilita testes estatísticos e criação de gráficos e relatórios.

podendo sugerir para o projeto práticas como sistemas agroflorestais, manejo integrado de pastagens e produção orgânica.



Foto 6 - Indústria às margens da Rodovia em Guapiaçu (SP)
Raylton Alves Batista/Banco de Imagens ANA

Diagnósticos que consideram essas atividades conseguem, não apenas promover a sua manutenção, mas também potencializar o engajamento dos produtores rurais no Programa Produtor de Água. Os principais dados que podem ser buscados são apresentados na tabela.

Tabela 11 – Descrição de dados de atividades econômicas

Dados	Descrição
Distribuição e localização das atividades econômicas	Mapeamento espacial das áreas dedicadas a cada atividade (ex.: hectares de cultivo, pastagem, áreas de turismo).
Escala e dimensão das atividades	Dados de produção, como número de estabelecimentos, volume produzido e tamanho das propriedades.
Nível de uso dos recursos naturais	Consumo de água para irrigação, uso do solo, área de vegetação removida ou preservada.

7.4.1 Consulta a Dados Públicos e Estatísticas Locais

A ETD pode buscar informações junto a fontes públicas, como o [Censo Agropecuário do IBGE⁵⁰](#), que inclui informações de produção agrícola e pecuária. As Secretarias de Agricultura e Meio Ambiente locais também podem disponibilizar dados locais, auxiliando no mapeamento das atividades predominantes. Outras fontes podem ser relatórios de desenvolvimento econômico e planos municipais de desenvolvimento rural, disponíveis nas prefeituras, agentes financeiros de fomento ou associações locais, geralmente contêm dados importantes sobre as atividades econômicas da região.

7.4.2 Observação Direta e Mapeamento Visual

Durante visitas de campo, a equipe pode observar e anotar as atividades econômicas visíveis, como plantações, áreas de pastagem, comércios e pequenas indústrias locais. Esse mapeamento visual permite uma primeira caracterização das atividades econômicas, sem a necessidade de uso de tecnologia avançada.

7.4.3 Mapeamento de Atividades Econômicas com Imagens de Satélite

A equipe do diagnóstico pode acessar imagens de satélite de média resolução, como as do *Google Earth Pro* ou do programa *Landsat*, para identificar áreas de atividade econômica e monitorar mudanças no uso do solo ao longo do tempo. Essas imagens permitem uma análise visual e espacial das áreas de cultivo e pastagem, identificando padrões que indicam degradação ou expansão das atividades econômicas.

7.4.4 Coleta de Dados com Apoio de Drones ou Fotografias Aéreas

Se houver acesso a drones, a ETD pode capturar imagens aéreas para identificar e monitorar áreas de uso econômico. Esse recurso é especialmente útil para mapear grandes extensões de terras utilizadas para agricultura ou pecuária e permite observar de forma detalhada os impactos ambientais das atividades econômicas.

Embora requeira um esforço de campo maior, permite uma análise mais fidedigna da situação da bacia.

7.5 Organização Comunitária

Esta variável revela como a comunidade se estrutura, participa e se mobiliza em relação aos desafios ambientais e sociais na região. A partir de sua análise é possível compreender o nível de engajamento local, a capacidade de articulação entre os membros da comunidade e a existência de associações e lideranças ativas, que são essenciais para a implementação das ações e para o sucesso de projetos do Programa Produtor de Água.

Seu estudo facilita a identificação de grupos influentes e lideranças que podem apoiar e impulsionar as iniciativas propostas pelo diagnóstico, aumentando a chance de adesão aos futuros projetos. Uma comunidade bem-organizada tende a ter mais sucesso em projetos, pois possui canais de comunicação estruturados e capacidade de mobilizar seus membros para ações coletivas.

Assim, para avaliar o grau de organização comunitária da bacia, informações sobre associações locais e lideranças, nível de participação e mobilização comunitária, existência de parcerias locais e capacidade de articulação para ações conjuntas podem servir como bons indicadores. Os resultados podem ser obtidos a partir da comparação das informações obtidas em regiões semelhantes ou por meio de metodologias que classifiquem o nível de engajamento comunitário com base em padrões de referência.

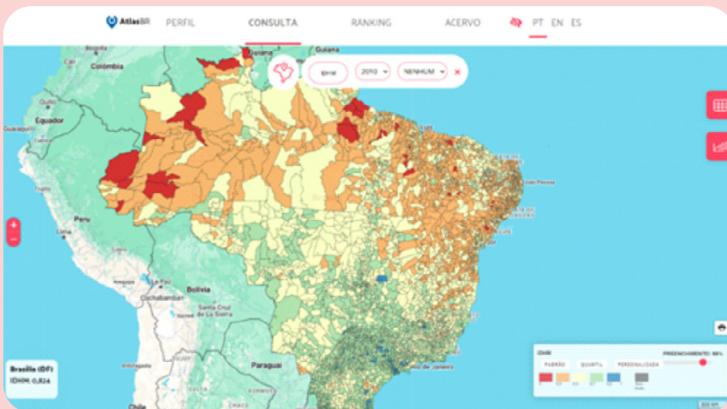
Um método relevante é a Escala de Capital Social Comunitário, que classifica o capital social em três níveis principais: baixo, moderado e alto, com base em critérios de estrutura organizacional, engajamento e cooperação. A tabela 12 apresenta como esta metodologia pode ser estruturada.



Foto 7 - Reunião com a sociedade civil e organizações governamentais.
Consórcio Intermunicipal Ribeirão Lajeado / Banco de Imagens ANA

Tabela 12 – Metodologia para a avaliação do grau de organização comunitária.

Passos	Descrição
1º Passo: Estabelecimento de Padrões de Referência	<p>Compare a densidade de associações e a representatividade de lideranças da área estudada com regiões de características socioeconômicas e ambientais semelhantes. Dados de censos comunitários ou regionais, como os realizados pelo IBGE ou pelo Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil, podem servir como referência para verificar se a quantidade e qualidade de associações é proporcional à população local.</p>
2º Passo: Defina critérios de Avaliação Qualitativa e Quantitativa	<p>Defina critérios mensuráveis e com possibilidade de comparação com outras áreas ou com a mesma área em épocas distintas, alguns sugeridos:</p> <ul style="list-style-type: none"> Número de Associações: Classifique o número de associações em relação à população. Para áreas rurais, por exemplo, pode-se esperar uma menor densidade em comparação com áreas urbanas. Um estudo de referência regional ou nacional pode definir um valor de densidade média de associações por mil habitantes, por exemplo. Representatividade das Lideranças: Avalie a representatividade com base na frequência de reuniões e nas decisões comunitárias. Lideranças que mobilizam um número significativo de participantes regularmente e estão presentes em instâncias de decisão (como sindicatos, cooperativas e associações) podem ser classificadas como mais influentes. Participação em Ações Comunitárias e Parcerias: Lideranças que articulam ações frequentes com a comunidade e firmam parcerias com entidades externas (ONGs, universidades, etc.) demonstram maior capacidade de articulação. Para entender essa representatividade, entrevistas com membros da comunidade e lideranças podem oferecer uma percepção sobre o impacto e a eficácia dessas associações.
3º Passo: Uso de Escalas de Avaliação de Capital Social	<p>Utilize uma escala adaptada como a de Putnam (2000) para categorizar o capital social em três níveis:</p> <ul style="list-style-type: none"> Alto Capital Social: Comunidade com múltiplas associações ativas, lideranças bem distribuídas e engajadas, e elevada participação em ações comunitárias. Capital Social Moderado: Comunidade com algumas associações e lideranças pontualmente influentes, participação em reuniões esporádica. Baixo Capital Social: Comunidade com poucas ou nenhuma associação ativa, baixa representatividade das lideranças e baixa frequência em ações coletivas.



Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil

Criado pelo PNUD, IPEA e Fundação João Pinheiro, reúne dados sobre desenvolvimento humano nos municípios e regiões metropolitanas do Brasil. Utilizando o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM), o Atlas avalia longevidade, educação e renda, permitindo análises detalhadas e comparações temporais.

Essa plataforma é essencial para diagnósticos socioeconômicos, facilitando a identificação de desigualdades e áreas prioritárias para políticas públicas e projetos sustentáveis, como o Programa Produtor de Água.

Figura 17 - Tela da página do Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil
Fonte: AtlasBR

Diante deste contexto, é plenamente possível que a Escala de Capital Social Comunitário seja aplicável para todas as ETDs, podendo variar apenas as ferramentas e metodologias de aquisição dos dados.

7.5.1 Observação Direta e Consulta a Associações e Representantes Locais

A ETD pode realizar visitas ao local e observar diretamente as interações entre os moradores e a presença de grupos comunitários ativos. Conversas informais com moradores permitem levantar percepções sobre o grau de organização e as iniciativas locais, além de ajudar a identificar lideranças informais.

Em muitos casos, prefeituras e associações de bairro têm registros de líderes comunitários e grupos organizados. A ETD pode consultar essas associações para obter uma lista básica de lideranças locais e associações, o que facilita o contato e a compreensão da estrutura organizacional existente.

7.5.2 Levantamento de Registros Públicos e Relatórios Locais

Atas de reuniões comunitárias, relatórios municipais e registros de atividades de associações, quando disponíveis, podem fornecer informações sobre a organização e as iniciativas já realizadas. Muitos desses documentos podem ser acessados por meio de órgãos locais, como a secretaria municipal ou a própria associação de bairro.

7.5.3 Participação em Reuniões Locais e Atividades Comunitárias

Quando possível, a ETD pode participar de reuniões ou atividades comunitárias, como assembleias e mutirões. Essa participação permite observar de perto a dinâmica da organização e o envolvimento dos moradores, além de fornecer uma percepção mais completa sobre o grau de mobilização da comunidade.

Além dos métodos apresentados, a ETD pode abordar metodologias um pouco mais complexas que permitem a coleta, integração e análise detalhada de dados para entender profundamente a estrutura e capacidade de mobilização da comunidade.

7.5.4 Mapeamento Social e Análise de Redes de Influência

Utilizando ferramentas de Análise de Redes Sociais (ARS)⁵¹, a ETD pode mapear os atores mais influentes e a interconectividade entre membros da comunidade. Essa metodologia permite identificar pontos centrais de influência e possíveis lacunas na rede, ajudando a estruturar uma estratégia de engajamento e parceria direcionada.

7.5.5 Oficinas de Planejamento Estratégico e Grupos Focais Avançados

A realização de oficinas de planejamento estratégico e grupos focais voltados para o diagnóstico permite discutir desafios, soluções e expectativas com profundidade. Nessas oficinas, a ETD pode envolver especialistas externos e parceiros institucionais para facilitar discussões mais técnicas e direcionadas, utilizando metodologias participativas avançadas, como o DRP.

7.6 Educação Ambiental

Esta variável foi considerada para avaliar o engajamento da comunidade da área de estudo em relação aos recursos naturais, práticas sustentáveis e participação em ações de conservação e fornece a percepção sobre o potencial de adesão e o apoio da população para implementar práticas que preservem a bacia hidrográfica. A tabela 13 apresenta algumas das informações que podem ser levantadas para a avaliação da educação ambiental.

Tabela 13 – Avaliação de aspectos relacionados à educação ambiental

Parâmetros	Descrição
Programas de Educação Ambiental Existentes	Identificar iniciativas locais, regionais ou federais em curso, que promovam a conscientização ambiental e envolvam escolas, associações comunitárias e grupos locais.
Grau de Conscientização Ambiental	Medir o conhecimento da comunidade sobre temas ambientais, como preservação de recursos hídricos, uso sustentável do solo e resíduos. Adaptado de Bertolini (2005).
Participação em Atividades de Educação Ambiental	Levantar dados sobre a frequência e a qualidade das atividades realizadas, como oficinas, palestras e mutirões, para entender o nível de engajamento
Infraestrutura Educativa e Recursos Disponíveis	Avaliar o acesso a materiais de apoio, equipamentos, espaços dedicados à educação ambiental e parcerias com ONGs e órgãos públicos.

7.6.1 Observação Direta de Práticas Ambientais

Durante as visitas de campo, a equipe pode observar as práticas ambientais cotidianas da comunidade, como descarte de resíduos, uso de recursos naturais (como água e lenha), e práticas

51 ARS é o estudo de como indivíduos e grupos interagem dentro de uma rede social digital. Utilizando gráficos e representações visuais para analisar as conexões e fluxos de informação e influência. É uma ferramenta poderosa para entender dinâmicas sociais complexas. Sugestão de leitura: [Introdução à análise de redes sociais](https://repositorio.ufba.br/handle/ri/24759) (Recuero, 2017) Link: <https://repositorio.ufba.br/handle/ri/24759> (visita em 09/07/2025).

de conservação (como hortas e uso de fossas). Essa observação fornece um panorama sobre o comportamento ambiental e pode ser registrado por meio de notas e fotos simples.

7.6.2 Análise de Material de Campanhas Locais de Conscientização

A ETD pode identificar se já foram realizadas campanhas de educação ambiental na área, bem como se já foram distribuídos panfletos, cartazes ou eventos de mobilização. Frequentemente, a instalação de grandes empreendimentos ou projetos de infraestrutura requer a implantação de programas de educação ambiental. Essa análise permite avaliar o histórico de sensibilização e observar quais tópicos ambientais já foram abordados, indicando o nível de informação que a comunidade recebeu anteriormente.

7.6.3 Realização de Grupos Focais com Diferentes Segmentos da Comunidade

A equipe pode organizar grupos focais com diferentes perfis de moradores (ex.: agricultores, jovens, professores). Essas sessões permitem coletar percepções sobre a educação ambiental e identificar fatores que influenciam as práticas locais. Cada grupo pode discutir questões específicas, como o uso da água, práticas de reciclagem e a percepção de problemas ambientais.

7.6.4 Pesquisa sobre Participação Comunitária em Atividades Ambientais

A equipe pode conduzir uma pesquisa com a comunidade para entender o nível de engajamento em atividades ambientais, como mutirões de limpeza, plantio de árvores e eventos de reciclagem. Perguntas sobre a frequência de participação e o interesse em se engajar em atividades futuras ajudam a avaliar o grau de envolvimento ambiental da população.

O DRP pode ser aplicado para que a equipe obtenha percepções diretas da comunidade sobre o meio ambiente e suas práticas sustentáveis. Esse método envolve atividades como mapeamento participativo e construção de painéis temáticos em oficinas, permitindo que a comunidade expresse suas preocupações e ideias de forma prática e visual.

7.7 Saúde Pública

A variável saúde pública é especialmente importante no diagnóstico socioambiental, pois relaciona fatores ambientais e a saúde da população, orientando ações de melhoria na qualidade de vida. Com o objetivo de identificar e mitigar riscos ambientais que afetam diretamente a saúde humana e vice-versa, essa variável ajuda a planejar intervenções eficazes e alinhadas às necessidades da comunidade. Dentro do diagnóstico, a desta variável pode ser útil para:

- I. Identificar riscos ambientais à saúde – Fatores como qualidade da água, poluição do solo e do ar impactam diretamente a saúde da população, resultando em doenças como infecções gastrointestinais, respiratórias e cutâneas.
- II. Relacionar práticas ambientais e saúde – Compreender como práticas inadequadas de saneamento, descarte de resíduos e uso do solo podem agravar problemas de saúde locais.
- III. Planejar ações de mitigação e prevenção – Com dados de saúde pública, as intervenções podem ser orientadas para reduzir a exposição a riscos e melhorar infraestrutura de saneamento e qualidade ambiental.

Para uma análise mais qualificada é importante buscar dados que evidenciem a relação entre ambiente e saúde pública, especialmente aqueles relacionados a doenças e condições ambientais.

7.7.1 Consulta ao Datasus⁵² para Dados de Saúde

A plataforma [Datasus⁵³](#), do Ministério da Saúde, fornece dados nacionais sobre diversas condições de saúde, como doenças de veiculação hídrica, incidências de internações e registros de mortalidade. A ETD pode explorar dados municipais, principalmente relacionados a doenças ligadas ao ambiente, como infecções gastrointestinais, doenças respiratórias, e doenças transmitidas por vetores (ex. dengue, leptospirose, febre amarela).

Esses dados estão disponíveis de forma pública e gratuita, podendo ser acessados e cruzados para identificar as doenças mais prevalentes e com impacto ambiental direto. Esse levantamento oferece à equipe uma visão inicial dos problemas de saúde pública mais comuns na região e de seus potenciais agravantes ambientais.

A equipe pode acessar o Datasus de maneira mais aprofundada, analisando séries temporais e cruzando dados de saúde com variáveis ambientais, como registros de doenças ligadas à água, ao saneamento e ao clima (ex. dengue, leptospirose, diarreias infecciosas). Além disso, a equipe pode fazer uso de filtros por faixa etária e condições específicas, possibilitando a identificação de grupos mais vulneráveis.

A análise de séries históricas permite identificar tendências e padrões temporais que podem indicar sazonalidade de doenças em relação a condições ambientais locais, como o aumento de doenças respiratórias no período seco.

7.7.2 Coleta de Informações em Unidades de Saúde Locais

Visitar postos de saúde e hospitais da região para coletar informações e relatórios anuais pode enriquecer o diagnóstico, fornecendo dados mais locais e específicos. A ETD pode buscar informações sobre as condições de saúde mais recorrentes, como casos de diarreias, arboviroses e doenças respiratórias, que costumam estar associadas à qualidade da água, do ar e ao saneamento básico.

Entrevistas informais com profissionais da saúde local também podem oferecer percepções sobre períodos do ano em que essas doenças se intensificam, facilitando a identificação de fatores ambientais sazonais que impactam a saúde da população.

7.7.3 Análise Espacial e Temporal de Dados de Saúde com Integração de SIG

A ETD pode utilizar plataformas avançadas de SIG, como QGIS ou ArcGIS, para integrar e analisar dados de saúde pública em escalas espacial e temporal, identificando padrões, tendências e pontos focais de doenças associadas a fatores ambientais. Essa análise inclui o uso de ferramentas de georreferenciamento para mapear dados de saúde, como incidências de doenças de veiculação hídrica, e correlacioná-los com variáveis ambientais como cobertura do solo e proximidade de fontes de poluição.

⁵² Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde

⁵³ Link: <https://datasus.saude.gov.br/transferencia-de-arquivos/> (visita em 09/07/2025)

8 EXEMPLOS DE DIAGNÓSTICOS DO PRODUTOR DE ÁGUA

8.1 Ribeirão Araras

O diagnóstico da Bacia do Ribeirão das Araras, realizado em 2017 para o Programa Produtor de Água - Projeto Araras, seguiu uma abordagem abrangente para caracterizar a bacia sob diversos aspectos (SAAE-PIUMHI, 2017). A área de estudo está localizada no município de Piumhi, MG, na Bacia do Rio São Francisco. O Ribeirão Araras é o principal manancial hídrico para o abastecimento urbano de Piumhi. Os principais aspectos metodológicos e tópicos abordados no diagnóstico incluem:

- Caracterização Geral da Área: Localização geográfica do município de Piumhi e da bacia do Ribeirão das Araras, seus limites municipais, área total, altitudes, e sua inserção na Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos do Alto São Francisco (SF1).
- Identificação dos Problemas: A apresentação inicial do diagnóstico já aponta um “quadro avançado de degradação” na área de cabeceira da sub-bacia do Ribeirão Araras, observada a partir da descrição de nascentes desprotegidas, remoção da cobertura vegetal em topes de morro e margens de cursos d’água, processos erosivos em vertentes, assoreamento de cursos d’água. A degradação é associada a anos de ocupação desordenada e ausência de técnicas de conservação do solo.
- Caracterização Climática: Análise do clima da região de Piumhi segundo a classificação de Köppen (tipo Cwa). Utilização de dados de precipitação média anual e mensal de uma estação do SAAE de Piumhi (período 2004-2013) e de uma estação pluviométrica da ANA (período 1975-2015), identificando os períodos úmido e seco.
- Geologia e Geomorfologia: Descrição do relevo do município e da bacia, identificando unidades geomorfológicas (relevo escarpado e relevo dissecado) e formações geológicas (Grupos Canastra e Bambuí) com base em estudos existentes. O maciço da Serra da Pimenta e o divisor de águas do Ribeirão da Água Fria são mencionados como delimitadores da bacia. A topografia foi observada através de MDE gerado a partir de imagem SRTM, embora com limitações de uso devido a zonas de sombra. Mapas planialtimétricos foram gerados.
- Cobertura Vegetal: Caracterização do bioma predominante (Cerrado). Utilização de dados do Plano Diretor de Piumhi para quantificar a área de vegetação nativa remanescente e identificar os tipos de formações vegetais presentes. Mapas de cobertura vegetal foram adaptados de fontes existentes.
- Recursos Hídricos: Delimitação das bacias/sub-bacias hidrográficas no município de Piumhi com base no Plano Diretor. Destaque para a importância estratégica do Ribeirão Araras como único manancial de abastecimento urbano. Menção à bacia do Ribeirão Sujo/Rio Piumhi e sua importância para captação suplementar e como receptor de esgoto tratado. Caracterização hidrográfica da primeira etapa do projeto, incluindo declividade média. Cálculo de características físicas da bacia e sub-bacia a montante (área, perímetro, extensão do curso d’água principal, coeficientes de compacidade e fator de forma, densidade de drenagem), indicando bacias alongadas com boa densidade de drenagem. Contabilização de nascentes na primeira etapa. Monitoramento semanal da vazão do Ribeirão das Araras através de régua linimétrica.
- Unidades de Paisagem: Caracterização e distribuição espacial das unidades de paisagens com base em fontes secundárias. descrição de unidades como cristas (áreas de recarga, aptidão

para preservação), vales encaixados (importância para oxigenação, necessidade de vegetação natural, solos instáveis sujeitos a erosão), topos de morros (áreas de recarga, necessidade de vegetação arbórea), rampas de colúvio (sujeitas a erosão laminar, aporte de sedimentos, necessidade de práticas seccionadoras de rampas), e planícies fluviais (favorecem infiltração, necessidade de vegetação ciliar). A caracterização dessas unidades oferece “fundamentos para o estabelecimento das medidas mitigadoras, corretivas e preventivas de impactos negativos”.

- Uso e Ocupação do Solo: Obtenção do uso do solo com base no CAR disponibilizado pelo IEF. Quantificação de vegetação nativa, reserva legal e área consolidada para a primeira etapa do projeto. Mapas detalhados foram apresentados em anexo.
- Áreas de Preservação Permanente (APPs): Estimativa da área de APPs em cursos d’água e nascentes para a primeira etapa do projeto com base em mapa hidrográfico do IGAM. Mapas com imagem de satélite e uso do solo mostram a delimitação das APPs.
- Socioeconomia: Apresentação do perfil socioeconômico da região de abrangência do Projeto Araras com base em estudos regionais. Aspectos abordados incluem:
 - Renda mensal dos moradores.
 - Fontes de renda (criação de gado, culturas agrícolas).
 - Idade, escolaridade e tempo de residência dos moradores.
 - Destino do lixo doméstico, com observação de lixo espalhado em propriedades.
 - Destino do esgoto doméstico, indicando predominância de fossas, mas também esgoto escorrendo pelo solo.
 - Caracterização da posse/propriedade (proprietário, empregado, arrendado, sem morador).
 - Avaliação do estado de degradação das margens do Ribeirão Araras, quantificando trechos totalmente degradados, parcialmente preservados e preservados.
 - Caracterização da APP do Ribeirão Araras, indicando grande parte (cerca de 80%) totalmente degradada, sem mata ciliar, com plantações, pastagem artificial, banco de areia ou barranco exposto.
 - Ligação entre a erosão, má utilização do solo, carreamento de sedimentos e assoreamento do ribeirão.

Em resumo, a metodologia do diagnóstico do Projeto Araras no Ribeirão das Araras combinou o uso de dados secundários (Planos Diretores, CAR, dados de órgãos ambientais e de recursos hídricos, estudos acadêmicos prévios) com levantamentos específicos (contagem de nascentes, monitoramento de vazão, avaliação do estado de degradação das margens). O diagnóstico focou nos aspectos físicos, bióticos e socioeconômicos relevantes para a gestão dos recursos hídricos, identificando explicitamente áreas e processos degradados, como a erosão, o assoreamento, a falta de cobertura vegetal e o tratamento inadequado de esgoto, especialmente nas áreas de cabeceira e margens do rio.

Em suma, o diagnóstico do Projeto Araras fornece uma caracterização aprofundada dos desafios ambientais e sociais na bacia do Ribeirão das Araras, servindo como fundamento para a implantação do projeto, visando mitigar a degradação e promover a conservação dos recursos hídricos através da implementação de práticas conservacionistas e de saneamento rural, adaptadas às características específicas da bacia e das propriedades.

8.2 Microbacia Morro da Palha

Diagnóstico Socioambiental da Microbacia do Morro da Palha

O diagnóstico socioambiental da microbacia do Morro da Palha, em São Francisco do Sul, Santa Catarina (ECOSFERA, 2018), foi desenvolvido como parte da etapa de Planejamento Estratégico para apresentar as características da área em estudo. Este diagnóstico serviu de base para o plano de ação.

O processo de diagnóstico incluiu:

- Visita Técnica: Foi realizada uma visita técnica com o objetivo de reunir a equipe do estudo com os principais representantes da região, conhecer as características gerais da área, identificar preliminarmente as possíveis áreas prioritárias e avaliar as condições para implantação das futuras ações de recuperação e conservação previstas no Programa Produtor de Água.
- Características Gerais: A microbacia é considerada predominantemente urbana. No entanto, existem núcleos de pastagem e cultivo agrícola, com foco principal no plantio de hortaliças, pepinos e outros frutos.
- Importância Estratégica: A microbacia é de grande importância para o município, pois contém o principal ponto de captação para abastecimento, denominado captação rio Olaria. Isso evidencia a necessidade de uma boa gestão da microbacia. A época de temporada turística intensa causa problemas de abastecimento, demandando alocação de recursos para melhorias.
- Análise Hídrica e de Sedimentos: A microbacia do Morro da Palha não é instrumentada, ou seja, não possui postos fluviométricos ou pontos de medição de vazão e sedimento. Isso impossibilitou a calibração, validação e análise de sensibilidade de modelos (como o SWAT), levando à opção por uma avaliação qualitativa dos resultados. Para uma calibração acurada do modelo SWAT, seriam necessários cerca de 10 a 20 anos de dados coletados.
- Características Físicas: A análise das características físicas de uma bacia hidrográfica permite avaliar a provável resposta a eventos hidrológicos com base em suas características morfológicas. Os principais índices físicos da microbacia Morro da Palha são: Área de drenagem ($7,50 \text{ km}^2$), densidade de drenagem ($1,37 \text{ km/km}^2$), comprimento do rio principal ($6,07 \text{ km}$) e coeficiente de compacidade (K_c) ($2,13$).
- Meio Biótico: O diagnóstico do meio biótico foi realizado para apresentar as características mais relevantes quanto à composição, distribuição e biota existente. Os roteiros de pesquisa foram definidos com base no Plano de Trabalho e cartogramas.
- Qualidade da Água: A caracterização da qualidade da água foi feita com base em dados da concessionária Águas de São Francisco e da empresa ArcelorMittal Vega. As análises indicaram valores acima dos máximos permitidos pela Resolução CONAMA nº 357/05 em diversos parâmetros químicos e biológicos.
- Áreas Prioritárias para Conservação: Uma análise multicritério foi utilizada para definir regiões prioritárias para conservação. Há um predomínio de regiões de média prioridade (60,10%), mas as áreas de alta prioridade constituem um percentual significativo do total da microbacia (25,25%). As áreas por prioridade são: alta (189,54 ha, 25,25%), média (451,08 ha, 60,10%), baixa (76,21 ha, 10,15%), muito baixa (33,73 ha, 4,49%). Estas áreas prioritárias, especialmente a montante do reservatório de captação, foram focos do plano de ação.

- Situação Atual: Com base na análise multicritério e no diagnóstico geral, a microbacia Morro da Palha é percebida como estando em fase de transição. O diagnóstico identificou deficiências ambientais, principalmente a montante do reservatório de captação.

Plano de Ações para a Microbacia do Morro da Palha

O Plano de Ação apresenta medidas que visam a melhoria na qualidade e na disponibilidade de recursos hídricos da Microbacia Morro da Palha. Este plano se baseou no Diagnóstico Socioambiental e deve nortear as ações futuras para recuperação e conservação da região.

As ações propostas refletem o contexto de ocupação da microbacia e buscam integrar atividades de caráter estrutural, ambiental e institucional para garantir o aumento efetivo na produção de água. Metas e horizontes de atuação de curto (1 a 5 anos), médio (6 a 10 anos) e longo prazo (11 a 15 anos) foram propostos para todas as ações. Um cronograma físico foi elaborado para espacializar as ações.

As principais áreas de ação incluem:

- Infraestrutura Cinza: Medidas para melhorar a infraestrutura cinza, especialmente a montante da captação Rio Olaria. Inclui ações para mitigar deficiências identificadas, como estruturas de reservação de água (cisternas e reservatórios).
- Infraestrutura Verde: Foco nas deficiências ambientais identificadas no diagnóstico, particularmente nas áreas prioritárias para conservação e recuperação a montante do reservatório de captação.
- Saneamento Básico: Medidas para melhorar o saneamento, incluindo a implantação de tratamento descentralizado de esgoto onde ainda não existe, fiscalização de unidades existentes para verificar o funcionamento, garantia de destinações adequadas para efluentes, conformidade com legislações ambientais e políticas para redução do consumo de água e, consequentemente, da geração de efluentes. As metas para implantação de sistemas de tratamento descentralizado são: 50% das unidades inadequadas em 5 anos, 75% em 10 anos e 100% em 15 anos.
- Monitoramento: Proposição de medidas para otimizar a gestão dos recursos hídricos e melhorar índices de qualidade e quantidade de água. Inclui acompanhar a quantidade de água produzida, monitorar a efetividade da implementação do plano e determinar momentos/locais para aplicação de medidas mitigatórias. É proposto o estabelecimento de pontos de monitoramento fixos e regularização de campanhas para criar uma base de dados única de qualidade da água do rio Morro da Palha. Os objetivos do monitoramento da qualidade da água incluem diagnósticos regulares, criação de banco de dados, identificação de fatores condicionantes e monitoramento da efetividade do plano. Tecnologias como o micromolinete podem ser consideradas para medição da velocidade do rio.
- Financiamento: A principal ação proposta é o requerimento de parte da Taxa de Preservação Ambiental (TPA) para financiar ações do Programa Produtor de Água na microbacia Morro da Palha. Este recurso poderia ser alocado em ações como saneamento básico, recuperação de áreas degradadas, financiamento da conservação de áreas prioritárias e estruturas de reservação.

Em resumo, o diagnóstico detalhou as características físicas, bióticas e socioeconômicas da microbacia Morro da Palha, destacando sua importância para o abastecimento municipal, a ausência de monitoramento quantitativo, problemas na qualidade da água e a identificação de áreas prioritárias para intervenção. O plano de ação, por sua vez, propõe um conjunto integrado de medidas (estruturais, ambientais, institucionais) para abordar as deficiências identificadas, com metas de curto, médio e

longo prazo, incluindo melhorias em infraestrutura, saneamento, monitoramento e a busca por fontes de financiamento como a TPA.

8.3 Rio Vermelho

O diagnóstico visou entender os principais vetores de pressão antrópica que atuam sobre a microbacia e que podem impactar a provisão de água para abastecimento público.

Buscou-se subsidiar a expansão do Programa Produtor de Águas do Rio Vermelho (FUNDAÇÃO CERTI, 2018a, 2018b e 2019), em execução no estado de Santa Catarina, nos municípios de São Bento do Sul e Campo Alegre, garantindo a disponibilidade hídrica em longo prazo.

O diagnóstico foi dividido em partes focando no Meio Físico, Meio Biótico e Socioeconômico.

No Meio Físico, incluiu a caracterização dos recursos hídricos (localização, características físicas, qualidade e quantidade - superficiais e subterrâneos), caracterização dos solos, e simulação da perda de solo e taxa de transferência de sedimentos para corpos d'água usando o modelo InVEST-SDR. Áreas com solo exposto, mineração e estradas de terra foram identificadas como principais contribuintes de sedimentos.

No Meio Biótico, a caracterização se baseou em dados do plano de manejo da APA, utilizando a metodologia da Avaliação Ecológica Rápida (AER) com coleta de dados *in situ* em pontos distribuídos, e dados de flora do IFFSC. O diagnóstico da vegetação utilizou dados secundários refinados com dados primários.

As informações socioeconômicas foram coletadas a partir de pesquisas bibliográficas (censos, IBGE, relatórios) e reconhecimento de campo. Foram levantados setores de atividades econômicas potenciais causadores de impacto (energia hidrelétrica, mineração).

O diagnóstico dos dados de esgoto indicou a necessidade de ampliação do sistema de fossas sépticas.

Os resultados do diagnóstico subsidiaram a priorização espacial de áreas para a expansão do Programa, utilizando análise multicritérios com critérios como a exportação de sedimentos modelada no InVEST.

O diagnóstico identificou os principais desafios do Programa.

As ações propostas para recuperação da cobertura vegetal e adequação de estradas rurais foram subsidiadas pelos resultados dos diagnósticos ambiental, socioeconômico e do estudo de priorização. Foram simulados cenários futuros de uso e cobertura da terra para verificar impactos das ações.

8.4 Rio Mosquito

O projeto na sub-bacia do Rio Mosquito, a montante do distrito de Maristela de Minas, insere-se no âmbito da parceria entre a ANA e o Estado de Minas Gerais para o fortalecimento do Programa Produtor de Água no Estado e contou com a parceria do Instituto Federal do Norte de Minas Gerais (IFNMG) para elaboração do diagnóstico, visando a identificação de áreas prioritárias para conservação e recuperação, com o intuito de melhorar a qualidade e a quantidade dos recursos hídricos (IFNMG, 2024).

A sub-bacia foi escolhida devido à sua relevância para o abastecimento hídrico regional e ao comprometimento de seus recursos naturais, incluindo um alto nível de comprometimento da disponibilidade hídrica e um processo de outorga coletiva em 2022. A localização, a montante de Maristela de Minas (Município de Curral de Dentro), abrange uma área de aproximadamente 355,91 km².

Aspectos Metodológicos do Diagnóstico Socioambiental

O diagnóstico foi realizado utilizando uma abordagem integrada, combinando levantamentos de campo e análises de dados geoespaciais. A metodologia teve como base a prospecção de informações ambientais e sociais, recorrendo prioritariamente a fontes públicas de dados (órgãos federais, estaduais, municipais, autarquias, prefeituras, associações), além de trabalhos de campo.

Os aspectos analisados no diagnóstico incluíram:

I. Meio Físico:

- a) Clima: Caracterização baseada em variáveis mensais de temperatura, precipitação e evapotranspiração, utilizando dados de base específica. A classificação climática de Köppen foi utilizada, identificando os tipos Cwa e Cwb na sub-bacia.
- b) Balanço Hídrico Climatológico (BHC): Analisado para o período de 1990 a 2022, indicando um déficit hídrico significativo e variações sazonais intensas.
- c) Relevo: Caracterização da hipsometria e declividade a partir de Modelo Digital de Elevação (MDE) obtido da missão ALOS/PALSAR. As classes de declividade foram analisadas.
- d) Geologia: Baseada em mapeamentos pré-existentes, refinada com verificações de campo e atualização de legendas. A área está inserida em unidades geológicas como Cobertura Detrito-Laterítica Paleogênica e Faixa Araçuaí.
- e) Hidrogeologia: Elaboração de domínios hidrogeológicos a partir de bases de dados da CPRM. A sub-bacia é dividida em domínios de Formações Cenozoicas (62,72%) e Meio Cristalino (37,28%). A região se localiza em um domínio Fraturado, com vazões típicas entre 1 e 10 m³/h.
- f) Pedologia (Solos): Adaptado de mapeamentos existentes, com verificações de campo e atualização baseada no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Latossolos Amarelos e Argissolos Vermelho-Amarelos são exemplos de solos encontrados.
- g) Uso e Cobertura da Terra: Mapeamento realizado com metodologia GEOBIA (Geographic Object-Based Image Analysis), apoiada por trabalhos de campo e imagens de sensoriamento remoto. As classes foram definidas com referência a manuais do IBGE e validadas em campanhas de campo.
- h) Vulnerabilidade à Erosão: Avaliada para os solos, variando de Muito Baixa a Muito Alta.

II. Meio Biótico:

- a) Flora: Caracterização da vegetação com base em dados secundários (plataformas científicas, programas de pesquisa) e primários (levantamentos de campo). Anexo A lista as espécies registradas. A área está inserida nos biomas Cerrado e Mata Atlântica.
- b) Fauna: Caracterização da fauna (ictiofauna, herpetofauna, avifauna, mastofauna voadora e não voadora) a partir de dados secundários (plataformas científicas, literatura, estudos ambientais, SIBBR) e trabalho de campo (busca ativa, vestígios, camas de areia). Anexo B lista as espécies registradas. Aproximadamente 35 espécies sobre algum grau de ameaça foram identificadas ou têm potencial de ocorrência.

III. Recursos Hídricos:

- a) Águas Superficiais: Caracterizadas a partir de informações secundárias (PDRH - PA1, estudos de regionalização do IGAM) e levantamentos de campo (visitas a pontos da rede de

drenagem, lagos, relatos de moradores, medição de vazão). O mapeamento de barramentos foi realizado. A bacia se encontra na zona de menor produtividade hídrica da porção mineira da bacia do Rio Pardo.

- b) Águas Subterrâneas: Caracterizadas com informações secundárias (PDRH - PA1, SISEMA) e dados de campo (amostras de água, nível estático, informações qualitativas/quantitativas). Ambos os estudos indicam baixa produtividade natural dos aquíferos e reservas entre moderadas e baixas.
 - c) Qualidade da Água: Avaliada para águas superficiais e subterrâneas através da coleta e análise de amostras em pontos específicos. Parâmetros como pH, turbidez, cor aparente, dureza, coliformes totais, coliformes termotolerantes e *Escherichia Coli* foram analisados. Coliformes foram identificados em 13 de 19 amostras superficiais. A presença de coliformes em amostras subterrâneas de cisternas também foi notada.
- IV. Caracterização Socioeconômica: Realizada com base em dados secundários (IBGE, SEDESE, prefeituras) e trabalho de campo. O trabalho de campo incluiu a aplicação de um questionário semiaberto com 75 questões e visitas a propriedades. Reuniões com associações e moradores foram realizadas. A importância do diagnóstico socioeconômico é multifacetada, incluindo o planejamento, a compreensão de desafios locais, a promoção da sustentabilidade e a participação das partes interessadas. Desafios como êxodo rural, baixa escolaridade, falta de assistência técnica para convivência com a seca, dificuldades de acesso a saneamento básico e infraestrutura viária foram identificados.
- V. Cadastro Fundiário: Elaborado a partir de bases de dados do SICAR (Cadastro Ambiental Rural) e INCRA (imóveis rurais certificados).
- VI. Estrutura Viária: Mapeamento da malha viária (rodovias, vias urbanas, estradas vicinais e florestais).
- VII. Aspectos Legais e Ambientais: Análise de Áreas de Preservação Permanente (APP) e Reserva Legal (RL), incluindo conflitos de uso do solo. Identificação de áreas degradadas utilizando imagens de satélite e análise NDVI. Análise de barramentos e captações hídricas irregulares. A presença de processos minerários ativos também foi mapeada.

Com base no diagnóstico, o relatório fornece uma base sólida para a implementação do projeto e inclui plano de ações, visando a sustentabilidade e a segurança hídrica da região. O plano de ações inclui:

- I. Identificação de Áreas Prioritárias: Foram identificadas e mapeadas áreas prioritárias para a conservação e recuperação visando à implantação do PSA.
 - a) Conservação: A bacia apresenta 7.660 hectares com "Muito Alta" prioridade à conservação, concentradas em poucas propriedades. Essas áreas possuem características favoráveis à infiltração e baixa produção de sedimentos.
 - b) Recuperação: A bacia possui 303 hectares de "Muito Alta" prioridade e 1.837 hectares de "Alta" prioridade à recuperação. Essas áreas estão associadas a passivos ambientais como pastagem, solo exposto e agricultura.
- II. Prospecção de Ações e Custos: Foi realizada uma prospecção de ações elegíveis de conservação e recuperação, com estimativas de áreas e custos financeiros e a distribuição de áreas elegíveis por propriedade rural.
- III. Proposta de Monitoramento: Sugerida uma rede mínima de monitoramento hidrológico (quantidade e qualidade da água, superficial e subterrânea) para avaliar os efeitos da eventual implantação do Programa Produtor de Água. A rede inclui pontos estratégicos na rede de

drenagem, considerando uso do solo, captações, poluição e áreas prioritárias. Parâmetros e frequência de coleta/medição foram propostos.

- IV. Abordagem aos Produtores: A análise socioeconômica e as reuniões de campo indicaram um grande interesse da população pela implantação do programa (49,1% muito favoráveis, 43,1% favoráveis), com 91,2% dispostos a participar. No entanto, desafios como desconfiança (histórico de descaso governamental) e receios foram notados. Os principais benefícios esperados pelos moradores incluem o aumento da disponibilidade de água, conservação de nascentes e promoção da saúde. O plano precisa abordar esses desafios e fortalecer a confiança.
- V. Superação de Desafios Legais: O diagnóstico identificou questões legais importantes, como o não atendimento à legislação de APP/RL e a existência de barramentos/captações irregulares. A remoção de espécies exóticas (Eucalipto) em áreas de regeneração ou APPs/RLs também requer ações específicas e conformidade legal. A implementação do plano exigirá a adequação a estas questões, incluindo a necessidade de Planos de Recuperação de Áreas Degradadas e Alteradas (PRADA).
- VI. Políticas Públicas e Investimentos: O sucesso das recomendações depende do apoio contínuo de políticas públicas integradas, investimentos em infraestrutura hídrica, manejo do solo e assistência técnica.

O projeto na sub-bacia do Rio Mosquito utilizou uma metodologia abrangente para diagnosticar a situação socioambiental da região, identificando os desafios (escassez hídrica, degradação ambiental, conflitos de uso, questões legais) e o grande potencial para a implementação do Programa Produtor de Água. O plano de ações proposto visa guiar futuras intervenções, priorizando áreas estratégicas para conservação e recuperação, estabelecendo um sistema de monitoramento e buscando engajar a comunidade e o poder público para garantir a sustentabilidade dos recursos hídricos na bacia.

8.5 Alto Descoberto

Aspectos Metodológicos do Diagnóstico da Situação Atual

O diagnóstico constituiu uma etapa fundamental para subsidiar o planejamento estratégico do Programa Produtor de Água no Descoberto (PPAD) na bacia do Alto Descoberto, abrangendo territórios do Distrito Federal e Goiás. Teve como objetivo caracterizar e analisar a situação atual da área de estudo, destacando limitações, regulações, potencialidades e oportunidades relevantes para a implementação do plano (AQUAFLORA, 2020).

A metodologia utilizada foi fundamentada em uma vasta revisão bibliográfica sobre a região, focada em segurança hídrica e meio ambiente. As principais fontes de informação consultadas incluíram:

- Planos de Recursos Hídricos recentes, como o PRH-PARANAÍBA-DF, do qual o Alto Descoberto faz parte.
- Estudos apoiados pela The Nature Conservancy (TNC), incluindo trabalhos realizados no âmbito da Aliança para Fundos de Água da América Latina.
- O livro “Gestão da Crise Hídrica 2016-2018”.
- Estudo de águas subterrâneas.
- Caracterização hidroambiental do Plano de Manejo da APA bacia do Rio Descoberto - MMA & ICMBIO.
- Estudos hidrológicos e de monitoramento.

O diagnóstico envolveu a sistematização e interpretação de informações relacionadas às características físicas, biológicas, sociais, econômicas e institucionais da bacia do Alto Descoberto. A análise buscou destacar as inter-relações entre esses aspectos.

Dentre os aspectos técnicos e socioeconômicos analisados, destacam-se:

- Aspectos Físico-Bióticos: Incluindo clima, balanço hídrico, relevo, geologia, hidrogeologia, solos, uso e cobertura da terra, flora e fauna.
- Recursos Hídricos: Análise da disponibilidade e demanda hídrica, e mudanças nos regimes de precipitação e vazão. Estudos indicaram uma situação preocupante de insegurança hídrica, com alto grau de comprometimento em alguns meses.
- Aspectos Legais e Institucionais: Análise da legislação ambiental e de recursos hídricos, e levantamento de planos e programas existentes na bacia.
- Cadastro Ambiental Rural (CAR) e dados fundiários.
- Aspectos Técnicos - Ativo e Passivo Ambiental: Mapeamento de Áreas de Preservação Permanente (APP), Reserva Legal (RL) e áreas desmatadas, identificando passivos e ativos ambientais. Identificação de áreas potenciais para restauração e conservação com prioridade "Muito Alta" ou "Alta".

Um elemento central da metodologia de diagnóstico foi a priorização de áreas e intervenções estratégicas. Esta foi realizada através de uma análise multicritério utilizando técnicas de Geoprocessamento (SIG). Os critérios para priorização foram definidos a partir de um processo participativo com membros da Unidade Gestora do Projeto (UGP) do PPAD, utilizando metodologia analítica hierárquica, entrevistas com atores-chave e um questionário online. Os critérios selecionados foram representados espacialmente no ambiente SIG. Para a análise territorial, a bacia do Alto Descoberto foi subdividida em 24 áreas de drenagem (sub-bacias), considerando a posição na bacia (alto, médio, baixo trechos) para as bacias maiores. A priorização resultou na classificação das sub-bacias por nível de prioridade (Muito Alta, Alta, Média, Baixa) para ações de melhoria da segurança hídrica.

Plano de Ações Proposto

O plano de ações estratégicas foi elaborado com base no diagnóstico e no engajamento dos parceiros, visando abordar os fatores de degradação e os riscos à segurança hídrica. As ações estratégicas foram agrupadas em três linhas principais, visando aperfeiçoar a situação hídrica da bacia:

1. Aumento da Oferta Hídrica:

- Restauração e Conservação: Focada na recuperação de APP hídricas (margens de rios, nascentes, veredas, campos de murundus) e áreas de recarga. As áreas prioritárias para recuperação (uso antrópico em APP e RL nas sub-bacias prioritárias) somam aproximadamente 730 hectares. A meta inicial proposta é restaurar 370,2 hectares, considerando 50% de adesão dos proprietários em áreas prioritárias. Estima-se um custo de referência de R\$ 28.200,00 por hectare para restauração via plantio total. O custo total estimado para intervenção e PSA em 5 anos para restauração é de aproximadamente R\$ 10,77 milhões.
- Adequação de Estradas Rurais: Visando diminuir processos de degradação que geram sedimentos, como abaulamento e melhoria dos sistemas de drenagem. A meta sugerida para o PPAD é adequar 37 km de estradas, complementando metas de outros programas.

2. Diminuição da Demanda Hídrica:

- Aperfeiçoamento dos Sistemas de Irrigação: Apoio técnico e financeiro para melhoria do manejo (uso de sensores, cálculo de lâmina d'água) e conversão de sistemas. A meta é apoiar ações em 760 hectares de áreas agrícolas irrigadas.
- Conservação de Solos Agrícolas: Implementação de práticas mecânicas como construção de barraginhas (bacias de infiltração) e terraços. Metas iniciais sugeridas são 600 barraginhas e apoio à construção de 500 hectares de terraços, alinhadas a metas de outros programas. Essas práticas aumentam a infiltração e diminuem a erosão.
- Apoio à Transição para Sistemas de Produção Agroecológicos: Estímulo à adoção de sistemas agrícolas de base agroecológica. A meta exploratória é apoiar a transição em 200 propriedades, equivalente a 100 hectares.

3. Valorização do Produtor Rural:

- Capacitação de Produtores Rurais: Realização de cursos sobre temas como gestão administrativa/financeira, acesso a crédito, cooperativismo e desenvolvimento de agroindústrias. Meta inicial sugerida: Realização de 4 cursos em 2 anos.
- Apoio à Certificação Agropecuária: Orientação técnica para obtenção de certificações como Selo BPA (Boas Práticas Agropecuárias) e Selo Azul de Sustentabilidade Hídrica, que atestam boas práticas e uso racional da água/solo. Meta sugerida: Certificação de 1.050 propriedades rurais (50% das propriedades nas sub-bacias prioritárias).
- Apoio ao Cooperativismo Rural: Estímulo à criação de organizações coletivas. Meta sugerida: Criação de 3 pequenas cooperativas agrícolas, uma em cada Unidade Hidrográfica principal do Alto Descoberto.
- Integração com Políticas de Controle de Expansão Urbana/Chacreamento: Reconhecendo o impacto negativo destes processos.

As ações a serem desenvolvidas no nível da propriedade rural deverão estar inseridas em Projetos Individuais de Propriedade (PIPs), caso o proprietário aceite participar.

Para estimular o engajamento dos produtores, o desenvolvimento de um Mecanismo de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) é considerado altamente recomendável e fundamental. Foram realizadas estimativas preliminares de custos, incluindo os custos de intervenção e de PSA para as ações estratégicas. O custo total estimado de intervenções + PSA para as ações estratégicas em 5 anos é de aproximadamente R\$ 33,9 milhões.

O plano estratégico também aborda a importância da articulação institucional, do engajamento das partes interessadas (governo, setor privado, produtores rurais, ONGs, academia), e da comunicação. A UGP é vista como um coordenador central e uma plataforma neutra para superar a fragmentação de iniciativas e promover a sinergia.

Fontes de financiamento com potencial de retorno foram identificadas, estimando-se uma captação total de aproximadamente R\$ 50,2 milhões em 5 anos, com a maior parte vindo de uma possível Taxa de Conservação de Mananciais.

O plano prevê o monitoramento das ações e a avaliação de sua efetividade através de critérios e indicadores. A visão de sucesso a longo prazo (2050) é que a bacia do Alto Descoberto se torne referência na produção sustentável de água e alimento, garantindo a segurança hídrica para 1,5 milhões de pessoas e mantendo a vocação rural.

8.6 Ribeirão Lajeado

Este projeto visa a proteção, recuperação e preservação do ribeirão, que é o único manancial de abastecimento público para Penápolis, São Paulo, e contribui para o Rio Tietê. O objetivo geral do trabalho foi apresentar o diagnóstico da bacia, verificar a qualidade da água e propor medidas para recuperação e conservação das Áreas de Preservação Permanente (APPs) (SHS CONSULTORIA, 2017).

Aspectos Metodológicos do Diagnóstico

O diagnóstico ambiental da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado foi uma etapa crucial do projeto. A metodologia envolveu diversas atividades:

1. Levantamento Bibliográfico e Legal: Análise de diagnósticos anteriores (1991 e 2003), legislação pertinente (federal, estadual, municipal) e outros estudos relacionados à bacia.
2. Subdivisão da Bacia: A bacia total (422,47 km²) foi dividida em 6 sub-bacias (Bacias 1 a 6), utilizando como critério a localização de pontos de coleta de água. Essa divisão permitiu análises comparativas com o diagnóstico anterior de 2003.
3. Base Cartográfica e Geoprocessamento: Utilizou-se o programa Quantum GIS para elaborar a base cartográfica, incluindo camadas como hidrografia, microbacias, fitofisionomia. Foram registradas coordenadas UTM para os pontos visitados, compondo uma tabela de atributos. A maior parte dos trechos entre os pontos também foi percorrida.
4. Caracterização Ambiental de Campo:
 - Mata Ciliar e APPs: A equipe percorreu aproximadamente 58 km ao longo do Ribeirão Lajeado e afluentes, em ambas as margens. Os trechos das APPs foram classificados quanto ao grau de conservação da cobertura vegetal: Conservados (>= 30m vegetação natural), Perturbados (< 30m mas bom estado), e Degradados (sem ou pouca vegetação, solo compactado, erosão). Foi usada uma planilha padronizada para registrar as características observadas.
 - Nascentes: As principais nascentes do Ribeirão Lajeado e afluentes foram caracterizadas, incluindo sua situação ambiental (degradada, perturbada, conservada).
 - Usos do Solo: Foram documentados os usos do solo nas APPs e áreas do entorno, destacando atividades agrícolas (cana-de-açúcar, agricultura familiar), pecuária (bovinos, equinos), urbanização, condomínios, pesqueiros etc.
 - Pontos Críticos: Identificação e registro fotográfico de fatores de degradação como erosão, assoreamento, disposição inadequada de resíduos sólidos, acesso de gado aos cursos d'água.
5. Coleta e Análise da Qualidade da Água: Amostras foram coletadas em oito pontos do ribeirão. Análises físico-químicas e microbiológicas foram realizadas, comparando os resultados com os limites da Resolução CONAMA nº 357/05, considerando o corpo d'água como Classe 2 (a montante da captação) e Classe 3 (a jusante). Foram identificados parâmetros fora do padrão, como DBO, coliformes termotolerantes/totais e surfactantes, principalmente a jusante da Estação de Tratamento de Esgotos (ETE), indicando possíveis fontes de contaminação.
6. Cálculo de Vazões: Utilizou-se o método da Regionalização Hidrológica de São Paulo, via calculadora do SigRH, para calcular as vazões mínimas (Q_{7,10}) do Ribeirão Lajeado e seus afluentes, importante para a análise de disponibilidade hídrica.
7. Priorização de Áreas: Com base no diagnóstico ambiental e na análise das vazões, as 6 bacias foram classificadas em ordem de criticidade para a tomada de medidas de recuperação. As

Bacias 1 e 3 foram consideradas as mais críticas, seguidas pelas Bacias 2, 4, 6 e 5. A área a montante da captação (Bacias 1, 2 e 3) foi priorizada para recuperação/conservação. Cursos d'água específicos dentro dessas bacias também foram identificados como necessitando de intervenção urgente.

Plano de Ações (Estratégias Sugeridas)

O plano de ações propõe medidas para a recuperação de áreas degradadas e a conservação das áreas em bom estado, com base nos achados do diagnóstico. As estratégias foram detalhadas em Planos de Ação (PAs) específicos para cada uma das 6 bacias.

As principais ações sugeridas incluem:

1. Eliminação/Minimização de Fatores de Degradação:

- Cercamento: Isolar as APPs para impedir o acesso de animais como o gado, que causam pisoteio e erosão.
- Contenção de Fogo: Criação e manutenção de aceiros para proteger a vegetação em recuperação.
- Controle de Pragas: Controle de formigas cortadeiras antes do plantio.
- Controle de Plantas Competidoras: Remoção ou controle (inclusive químico, com ressalvas) de plantas invasoras.

2. Técnicas de Recuperação e Conservação:

- Condução da Regeneração Natural: Permitir a recuperação espontânea da vegetação onde as condições são favoráveis, geralmente requerendo apenas cercamento e controle de fatores de degradação.
- Enriquecimento/Adensamento: Introdução de mudas nativas em áreas com vegetação esparsa ou baixa diversidade para preencher lacunas e aumentar a biodiversidade. Pode ser feito por semeadura direta ou plantio.
- Plantio Total: Utilizado em áreas desprovidas de vegetação (Degradas). Envolve preparo do solo (abertura de covas), plantio de mudas nativas (pioneeras e não-pioneeras da região), e cuidados pós-plantio. Recomenda-se o plantio na época chuvosa e replantio de mudas que não vingarem.

3. Adequação de Estradas Rurais: Proposição de medidas corretivas e preventivas para controlar a erosão em estradas vicinais próximas aos cursos d'água, como melhorias na drenagem, construção de bacias de contenção, e dissipadores de energia.

4. Monitoramento: Sugere-se a elaboração de relatórios de monitoramento e avaliação das ações para verificar o sucesso, identificar falhas e propor correções, garantindo a eficiência das atividades.

O plano enfatiza que, para o sucesso das ações, é fundamental a conscientização dos proprietários rurais e a utilização da educação ambiental como instrumento complementar. As ações propostas visam, em última instância, garantir a sustentabilidade da produção de água para abastecimento público. O projeto também reconhece e se alinha a iniciativas municipais existentes, como o Programa de Manejo de Solo e o Projeto Conservador das Águas.

Em resumo, a experiência do Ribeirão Lajeado combinou uma metodologia diagnóstica detalhada (campo, laboratório, GIS, análise comparativa) para identificar problemas e prioridades, com a proposição de um plano de ações focado em técnicas de recuperação e conservação de APPs e controle de fatores de degradação, alinhado a um contexto institucional e legal local.

8.7 Barracão dos Mendes PRISMA CEIVAP

A microbacia de Barracão dos Mendes, localizada na sub-bacia do alto curso do Rio Grande, em Nova Friburgo - RJ, foi eleita como prioritária para receber o primeiro ciclo do Programa Mananciais do CEIVAP e a elaboração do PRISMA (AGEVAP, 2023). O PRISMA é um processo dinâmico, contínuo e integrado, com enfoque em bacias/microbacias. A elaboração do PRISMA segue etapas de planejamento participativo e as orientações do Programa Mananciais.

Diagnóstico Socioambiental da Microbacia de Barracão dos Mendes

O diagnóstico é a etapa inicial e fundamental para compreender a situação de uma microbacia onde um projeto nos moldes do Programa Produtor de Água será implementado. No caso de Barracão dos Mendes, o diagnóstico teve o propósito de subsidiar o planejamento estratégico e a tomada de decisões, identificando desafios, potencialidades e áreas prioritárias. Ele também buscou caracterizar a situação inicial da qualidade dos recursos hídricos ("linha de base").

O diagnóstico integra duas partes:

1. Diagnóstico Geral: Abrangeu aspectos ambientais (meio físico e meio biótico) e socioeconômicos da microbacia.
 - O diagnóstico do meio biótico visou apresentar as características mais relevantes da composição e distribuição da biota, com roteiros de pesquisa definidos com base no Plano de Trabalho e cartogramas.
 - O diagnóstico do meio físico envolveu análise de informações secundárias e atividades de campo, como coleta de dados e contato com a população local. As informações foram georreferenciadas e mapeadas.
2. Diagnóstico Rural Participativo (DRP): Aplicado às áreas prioritárias da microbacia. O DRP visou atualizar o diagnóstico quanto à problemática ambiental focada em recursos hídricos e qualificar e quantificar as demandas ainda existentes na microbacia de forma participativa.
 - A metodologia do DRP foi adaptada devido aos protocolos da pandemia de Covid-19. Em vez de oficinas comunitárias, foram realizadas visitas individuais às propriedades. Embora isso tenha limitado a discussão no âmbito comunitário, permitiu identificar problemas e discutir soluções apropriadas para cada caso diretamente com as famílias.
 - O DRP utilizou o Plano Individual de Propriedade (PIP) como ferramenta. Informações sobre a propriedade, o proprietário(a), a situação atual e as demandas para cada tema diagnosticado foram registradas na capa e folha resumo do PIP. As demais folhas do PIP seriam completadas posteriormente.
 - Informações secundárias geradas pelo Programa Rio Rural (executado pela EMATER-RJ) naquela microbacia, como DRPs e PIPs anteriores, foram utilizadas como base e revisadas/adaptadas para o Programa Mananciais.

Resultados do Diagnóstico (Demandas): O DRP identificou demandas que visam solucionar problemas com recursos do Programa Mananciais. As demandas foram detalhadas por área focal,

comunidade e propriedade visitada. A maior demanda identificada foi relacionada ao tratamento de esgoto doméstico, com 111 unidades solicitadas (incluindo fossa séptica tradicional e Bacia de Evapotranspiração). Foi apresentado um resumo das demandas identificadas em 93 propriedades em tabela. O diagnóstico também identificou potencialidades da microbacia.

Plano de Ações (Intervenções) para a Microbacia de Barracão dos Mendes

O plano de ações, que se constitui no projeto executivo apresenta as medidas que visam a melhoria na qualidade e disponibilidade dos recursos hídricos da microbacia de Barracão dos Mendes. O plano se baseou nas demandas e problemas identificados no diagnóstico.

As intervenções são apresentadas para cada tema onde houve demandas financeiráveis pelo Programa Mananciais. Cada demanda se constitui num projeto-tipo. Os projetos incluem layouts, memorial descritivo e planilhas orçamentárias. As ações buscam integrar atividades de caráter estrutural, ambiental e institucional. A implementação é viabilizada através de intervenções em áreas focais prioritárias, avançando gradativamente para toda a microbacia conforme a disponibilidade de recursos. Os Planos Individuais de Propriedade (PIPs) descrevem a situação individual da propriedade, definem as intervenções a serem realizadas e a metodologia de acompanhamento.

Principais intervenções propostas, com custos totais indicados:

- Saneamento Rural: Inclui a instalação de unidades de tratamento de efluentes domésticos como fossas sépticas (fossa + filtro anaeróbio + sumidouro) e Bacias de Evapotranspiração ("fossa de bananeiras"). Os produtos incluem relatórios de instalação e treinamento dos beneficiários para manejo e manutenção dos sistemas.
- Recuperação e Manutenção de Estradas Rurais Vicinais: Visa a melhoria no sistema de drenagem em trechos críticos das estradas rurais. Os produtos incluem relatórios detalhados das obras de drenagem.
- Sistemas Agroflorestais (SAFs): Implementação de SAFs em propriedades que demandaram recomposição florestal em APPs. Inclui definição de espécies e layouts. Os produtos incluem relatos da visita à propriedade, estratégia operacional, métodos de implantação/manutenção e treinamento.
- Isolamento de Nascentes: Instalação de cercas e aceiros para proteção de nascentes. Os produtos incluem relatórios de instalação e detalhamento de implantação.
- Racionalização do uso da água: Inclui a implantação de sistemas de irrigação mais eficientes. Os produtos incluem plano de trabalho, relatórios de instalação e monitoramento.
- Capacitação: Cursos e treinamentos personalizados para a realidade da microbacia. Os temas incluem adequação ambiental de propriedades e manejo agroflorestal; saneamento rural (tratamento de efluentes domésticos/agrícolas); boas práticas de produção agropecuária (manejo integrado de pragas e doenças, conservação do solo, economia de água); e construção/recuperação/manutenção de estradas rurais sustentáveis. A capacitação dos beneficiários sobre o manejo e manutenção do SAF faz parte da implantação.
- Sistema de Monitoramento e Avaliação Hidrológica: Proposta para otimizar a gestão dos recursos hídricos e melhorar os índices de qualidade e quantidade de água. O sistema abrange o monitoramento da implantação do PRISMA (quantidade de propriedades atendidas, área restaurada etc) e o monitoramento do incremento dos Serviços Ambientais hídricos (redução de turbidez, coliformes, aumento de vazão etc). Foram propostos pontos de monitoramento

qualiquantitativo da água superficial na microbacia. Os produtos são relatórios técnicos sobre as campanhas de monitoramento.

- Sustentabilidade Financeira: Apresenta uma proposta para a sustentabilidade financeira do PRISMA, com foco na captação de recursos, buscando modelos existentes e consolidados, com objetivos quantificáveis e orçamento real. Há perspectiva de atração de atores privados.

8.8 Ribeirão Pipiripau

O Programa Produtor de Água na Bacia do Ribeirão Pipiripau, realizado no Distrito Federal e divisa com Goiás é fruto de um Acordo de Cooperação Técnica iniciado entre vários parceiros, como os órgãos gestores de recursos hídricos ANA e ADASA e diversas instituições públicas e privadas, como CAESB, TNC, Banco do Brasil, Fundação Banco do Brasil, IBRAM, SEAPA, EMATER-DF e SESI. A bacia do Pipiripau foi escolhida para a implantação do projeto devido a características ideais, como tamanho adequado, degradação ambiental avançada, grande volume de informações disponíveis e alto grau de conflito pelo uso dos recursos hídricos (TNC, 2010).

Aspectos Metodológicos do Diagnóstico Socioambiental

A elaboração do diagnóstico socioambiental da bacia do ribeirão Pipiripau foi uma etapa fundamental e complexa, prevista para durar 90 dias, mas que se estendeu por vários meses devido a dificuldades, principalmente na obtenção de informações fundiárias. A atividade compreendeu cinco etapas principais:

- I. Levantamento de informações pré-existentes: Reunião e análise de estudos e documentos anteriores sobre a bacia. As principais fontes incluíram o Plano de Proteção Ambiental da Bacia da CAESB, Nota Técnica da ANA sobre disponibilidade hídrica, Resoluções ANA/ADASA sobre outorga, e artigos acadêmicos sobre dados fundiários e diagnóstico ambiental.
- II. Elaboração da malha fundiária: Criação de um mapa detalhado das propriedades rurais na bacia. Esta etapa foi desafiadora, inicialmente com dados do SICAD e da SEAPA, mas necessitou de complementação e digitalização devido a falhas e "vazios cartográficos". Técnicos de campo da EMATER-DF, com vasto conhecimento da área, foram essenciais para identificar as fronteiras e nomes dos proprietários usando imagens de satélite, permitindo a digitalização de cada propriedade em ambiente SIG (Sistema de Informação Geográfica). Essa malha fundiária digitalizada é uma base de dados importante para calcular áreas de terreno, Reserva Legal (RL) e Área de Preservação Permanente (APP) em cada propriedade, subsidiando o diagnóstico ambiental e legal individual. O diagnóstico fundiário revelou que 45% das propriedades têm déficit de APP, 64% têm déficit de RL, e 84% apresentam algum passivo ambiental.
- III. Elaboração de mapas de uso atual do solo: A TNC (The Nature Conservancy) liderou esta etapa, utilizando imagens de satélite recentes (ALOS de 2008 e SPOT de 2007) georreferenciadas em relação à base cartográfica do SICAD. A fusão de imagens de diferentes resoluções (10m e 2,5m) resultou em uma imagem multiespectral de 2,5m para o mapeamento.
- IV. Processamento de informações e elaboração de dados conclusivos sobre passivos ambientais e áreas prioritárias: Combinação dos dados levantados nas etapas anteriores. Este envolveu a análise das áreas com déficit de vegetação em APPs e RLs, a identificação de fatores de degradação e a análise da qualidade da água. O diagnóstico destacou o elevado grau de erosão e sedimentação como o maior fator de poluição e degradação da qualidade da água. Apesar da boa qualidade em relação à poluição por esgotos (DBO classe 1 em análise histórica), a bacia possui a segunda pior qualidade de água (IQA = 68,5) entre os mananciais da

- CAESB, impactada por parâmetros como turbidez e cor, que têm forte relação com os índices pluviométricos, indicando proteção deficiente dos cursos d'água e escoamento superficial.
- V. Estudos de valoração ambiental e estimativa de custos para implantação do projeto: Cálculo dos custos de recuperação e conservação.
- VI. O diagnóstico serviu para reunir os subsídios necessários para o planejamento e execução das ações do programa.

Plano de Ações (Metas e Custos)

O Programa Produtor de Água do Pipiripau tem como objetivo a revitalização ambiental da bacia, com resultados verificáveis na quantidade e qualidade da água. As ações propostas buscam mitigar os problemas identificados no diagnóstico, especialmente a erosão, a degradação das APPs e a falta de cobertura vegetal.

As principais ações previstas são:

- I. Recuperação e Conservação Florestal:
- Foco na recuperação das matas ciliares degradadas e áreas de reserva legal.
 - Previsão de construção de 4 viveiros na Granja Modelo do Ipê (SEAPA) com capacidade para 1 milhão de mudas durante o projeto.
 - Os custos estimados para recuperação por hectare incluem produção, plantio, cercamento e manutenção por 2 anos: R\$ 7.589,55 para RL e R\$ 10.790,50 para APP.
 - Define-se contrapartidas dos produtores rurais, geralmente a manutenção das obras. No Pipiripau, a intenção é que os proprietários restarem a RL (Programa fornece mudas) e o Programa financeie toda a restauração das APPs.
- II. Conservação de Solo e Água:
- Visa reduzir a erosão e sedimentação, que são os maiores problemas ambientais da bacia.
 - Apesar da vocação agrícola, a bacia tem baixo nível de práticas conservacionistas, com muitos terraços existentes necessitando manutenção.
 - Necessidade estimada de manutenção de terraços em 8.500 ha, implementação de novos terraços em 6.300 ha, readequação de 500 Km de estradas rurais e construção de 8.760 barragens.
 - O custo total estimado dessas intervenções (a preço de mercado) é de aproximadamente R\$ 5,9 milhões.
- III. Pagamentos por Serviços Ambientais (PSA):
- Instrumento para compensar os proprietários rurais pelos custos de conservação e restauração que beneficiam toda a sociedade.
 - Três modalidades de PSA: Conservação de fragmentos florestais, Restauração florestal e Conservação de solo e água.
 - As áreas prioritárias para PSA foram definidas com base na vulnerabilidade à erosão (cruzamento de solo e declividade) e no conceito de Área Ativa de Rio (AAR), que considera a real necessidade de largura da proteção ciliar para a sustentabilidade dos ecossistemas aquáticos. Áreas de maior risco de erosão ou dentro da AAR têm maior prioridade.

- O valor de referência para o PSA foi baseado no método do custo de oportunidade, estimado em R\$ 137,00 por hectare por ano, utilizando o retorno econômico da atividade pecuária como referência.
- A atividade de conservação florestal (floresta em pé) terá o maior pagamento (valor base + 25%) para premiar proprietários que já conservam e incentivar a conservação. A conservação de solo e água tem menor remuneração. Os valores finais de PSA são ajustados por um peso de prioridade da área (Muito Alta, Alta, Média, Baixa).
- O custo total estimado para PSA para um cenário de 100% de engajamento é de cerca de R\$ 10,18 milhões ao longo de 10 anos.

O projeto será implementado em 5 etapas, cada uma cobrindo aproximadamente 20% da bacia, com duração de 1 ano por etapa de intervenção em campo. Os pagamentos de PSA serão efetuados por 10 anos no total (5 anos para cada produtor rural participante). A sub-bacia do Taquara foi escolhida como área piloto para a primeira etapa devido ao seu perfil adequado e organização dos produtores. O diagnóstico da sub-bacia do Taquara indicou déficit de RL (384 ha) e APP degradada (19 ha).

Os resultados esperados com a implementação do Programa incluem o aumento da recarga do aquífero e da vazão do rio na estiagem, e a redução da turbidez da água, diminuindo o custo do tratamento pela CAESB e atenuando os conflitos pelo uso da água.

9 DO DIAGNÓSTICO AO PLANO DE AÇÃO E MONITORAMENTO

O diagnóstico socioambiental, incluindo a identificação e mapeamento das áreas prioritárias, deverá ter conteúdo suficiente para que a equipe de trabalho consiga elaborar um plano de ação para a estruturação de um projeto do Programa Produtor de Água na respectiva bacia hidrográfica.

As ações e estratégias a serem apresentadas no Plano de Ação serão delineadas a partir dos problemas, demandas e potenciais identificados na etapa de diagnóstico.

Um complemento indissociável do plano de ação é a proposição de um sistema de monitoramento dos fatores com mais vinculação ao problema identificado, indicando a forma de obtenção dos dados associados a esses fatores, a forma de tratamento e armazenamento destes dados e os custos associados às fases de implantação, manutenção e divulgação dos dados e dos indicadores que melhor representem estes fatores.

O diagnóstico, ao definir a situação atual, ou a linha de base, também é essencial para o acompanhamento da eficiência de implantação do plano de ação. Ele permite acompanhar a evolução das ações e o sistema de monitoramento permite aferir se estão surtindo o efeito desejado.

O plano de ação consiste em um processo de planejamento elaborado para uma referida bacia, de forma a dotar os tomadores de decisão, responsáveis pelo projeto, de mecanismos que permitam planejar ações para a melhoria da segurança hídrica local. As ações e estratégias, bem como as responsabilidades do grupo de parceiros são definidas nessa etapa.

Esse planejamento deve necessariamente ser acompanhado de um cronograma com as ações e atividades previstas para a implantação do projeto, bem como estimativas de custo e as fontes de financiamento para todas as etapas.

9.1 Custos estimados

O plano de ações, ao dimensionar a ordem de grandeza das ações propostas, deve indicar os investimentos para a implementação das ações necessárias para atender as necessidades expostas no diagnóstico.

De maneira prospectiva, um cronograma de execução e seus custos associados, deverão acompanhar o plano de ações, com indicações claras, em separado, dos custos associados ao sistema de monitoramento.

Devem ser calculados os custos de investimento para as áreas destinadas ao projeto incluindo insumos e serviços para as ações previstas (conservação de remanescente de vegetação nativa, recuperação de áreas degradadas, adequação de estradas, programas de monitoramento, capacitação e comunicação etc.), assim como o valor do PSA por hectare por ano. Uma análise integrada dos custos deve demonstrar o investimento total previsto.

9.2 Estratégia de mobilização e comunicação

O plano de ações embasado nas áreas prioritárias, proporcionará uma indicação clara das regiões com maior potencial de respostas eficazes às ações propostas, tornando-se um direcionador para as frentes de mobilização que buscarão a adesão de produtores rurais, para ingressarem no projeto, após o que haverá a definição, em caráter executivo, de quais ações serão necessárias para a adequação hidro ambiental da sua propriedade.

10 CONCLUSÃO

A elaboração do diagnóstico socioambiental é uma etapa de extrema importância para o planejamento e execução de bons projetos no âmbito do Programa Produtor de Água, funcionando como o eixo estruturante de todas as ações subsequentes. Por meio de uma caracterização detalhada do meio físico, biótico, socioeconômico e político-institucional, o diagnóstico permite compreender de forma integrada a situação atual da bacia ou microbacia hidrográfica e identificar os vetores de pressão sobre os recursos hídricos. Essa compreensão é essencial para garantir que os projetos se baseiem em evidências técnicas robustas e que as intervenções propostas sejam direcionadas às áreas onde terão maior efetividade em termos de melhoria da quantidade e qualidade da água.

Além de subsidiar a priorização de áreas e a seleção de práticas conservacionistas, o diagnóstico estabelece a linha de base qualquantitativa dos recursos hídricos, parâmetro fundamental para o monitoramento e a avaliação de resultados ao longo do tempo. A definição desta linha de base permite aferir a efetividade das intervenções, ajustar estratégias de manejo adaptativo e conferir transparência aos resultados, aspectos imprescindíveis para assegurar a credibilidade e a perenidade das iniciativas perante os financiadores, parceiros e a sociedade.

Outro aspecto central é a estimativa de custos e o mapeamento de oportunidades de financiamento, que viabilizam a execução das ações previstas no Plano de Ação. A partir das informações consolidadas no diagnóstico, é possível dimensionar de forma realista os investimentos necessários, identificar sinergias com programas existentes e articular parcerias institucionais que fortaleçam a governança local. Esse processo confere maior eficiência na alocação de recursos humanos, técnicos e financeiros, garantindo o melhor aproveitamento dos esforços empreendidos.

Por fim, o diagnóstico cumpre papel estratégico na construção de consensos e no fortalecimento da governança socioambiental, pois promove o engajamento dos atores locais desde o início do projeto, integrando conhecimento técnico e saberes locais. Ao oferecer uma visão sistêmica e participativa da bacia hidrográfica, cria as condições para que os projetos se tornem mais legítimos e resilientes. Assim, investir em diagnósticos de qualidade é investir na efetividade, na sustentabilidade e no legado das ações de conservação de água e solo promovidas pelo Programa Produtor de Água.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA DE BACIA DO VALE DO PARAÍBA DO SUL – AGEVAP. PRISMA: Projetos participativos para incremento dos serviços ambientais na microbacia Alvo – Barracão dos Mendes. Nova Friburgo, RJ, 56 p. Disponível em: <<https://agevap2-my.sharepoint.com/>>. Acesso em: 11 jul. 2025.

AQUAFLORA MEIO AMBIENTE. Diagnóstico da situação atual e priorização de áreas e intervenções estratégicas na bacia do Alto Descoberto. Brasília, 2020. 183 p. Disponível em: <<https://produtordeaguadescoberto.df.gov.br/documentos/>>. Acesso em: 11 jul. 2025.

BEGON, M.; HARPER, J. L.; TOWNSEND, C. R. Ecologia: de indivíduos a ecossistemas. Porto Alegre: Artmed Editora, 2007. 752 p.

BERTOLINI, G. R. F.; POSSAMAI, O. Proposta de instrumento de mensuração do grau de consciência ambiental, do consumo ecológico e dos critérios de compra dos consumidores. Revista de Ciência e Tecnologia, v. 13, n. 25/26, p. 17-25, 2005. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/237474382>>. Acesso em: 8 out. 2024.

BOCHNER, J. K. Proposta metodológica para identificação de áreas prioritárias para recomposição florestal: estudo de caso bacia hidrográfica do rio Macacu-RJ. 2010. 135 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2010. Disponível em: <<https://rima.ufrrj.br/jspui/handle/20.500.14407/11369>>. Acesso em: 16 jul. 2024.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB; BRANDAO, C. J. Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos. São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, 2023. 326 p. ISBN 978-85-89629-83-6. Disponível em: <https://biblioteca.ana.gov.br/sophia_web/acervo/detalhe/102373?i=1>. Acesso em: 18 set. 2025.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Súmula da 10ª Reunião Técnica de Levantamento de Solos. Rio de Janeiro, 1979. 83 p. (EMBRAPA-SNLCS. Miscelânea, 1).

FUNDAÇÃO CERTI. Diagnóstico socioeconômico – Planejamento estratégico de ampliação do Programa Produtor de Água do rio Vermelho em São Bento do Sul e Campo Alegre – SC. Florianópolis: Fundação CERTI, 2018a. 86 p.

FUNDAÇÃO CERTI. Diagnóstico ambiental e mapeamento de áreas prioritárias para ampliação do Programa Produtor de Água do rio Vermelho – Planejamento estratégico de ampliação do Programa Produtor de Água do rio Vermelho em São Bento do Sul e Campo Alegre – SC. Florianópolis: Fundação CERTI, 2018b. 72 p.

FUNDAÇÃO CERTI. Plano modelo de viabilidade e sustentabilidade econômica para programas de pagamento por serviços ambientais (PSA) em Santa Catarina. Florianópolis: Fundação CERTI, 2019. 69 p.

IBGE. Manual técnico de uso da terra. Rio de Janeiro: IBGE, 2013. 170 p. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=281615>>. Acesso em: 30 out. 2024.

IBGE. Manual técnico da vegetação brasileira: sistema fitogeográfico, inventário das formações florestais e campestres, técnicas e manejo de coleções botânicas, procedimentos para mapeamentos. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. 272 p. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=263011>>. Acesso em: 30 out. 2024.

ICMBio. Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção: volumes I a VII. Brasília, DF: ICMBio/MMA, 2018. Disponível em: <<https://www.gov.br/icmbio/>>. Acesso em: 22 out. 2024.

IFNMG. Diagnóstico socioambiental para a sub-bacia do rio Mosquito (bacia hidrográfica do rio Pardo) no Estado de Minas Gerais. Salinas, 2024. 304 p.

ECOSFERA CONSULTORIA. Elaboração do planejamento estratégico do Programa Produtor de Água da microbacia Morro da Palha em São Francisco do Sul. Palhoça: Ecosfera Consultoria, 2018. 136 p.

MARTINELLI, G.; MORAES, M. A. (org.). Livro vermelho da flora do Brasil. Rio de Janeiro: Andrea Jakobsson; Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2013. 1100 p. Disponível em: <<https://dspace.jbrj.gov.br/jspui/handle/doc/26>>. Acesso em: 22 out. 2024.

MARTINS, E. S.; REATTO, A.; CARVALHO JUNIOR, O. A.; GUIMARÃES, R. F. Ecologia de paisagem: conceitos e aplicações potenciais no Brasil. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004. 35 p. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/569511>>. Acesso em: 22 out. 2024.

ODUM, E. P.; BARRETT, G. W. Fundamentos de ecologia. São Paulo: Cengage Learning, 2013. 612 p.

PRIMACK, R. B.; RODRIGUES, E. Biologia da conservação. Londrina: E. Rodrigues, 2001. 328 p.

PUTNAM, R. Bowling alone: the collapse and revival of American community. New York: Simon & Schuster, 2000.

RECUERO, R. Introdução à análise de redes sociais. Salvador: EDUFBA, 2017. 80 p. Disponível em: <<https://repositorio.ufba.br/handle/ri/24759>>. Acesso em: 22 out. 2024.

SAAE-PIUMHI. Diagnóstico socioambiental da bacia do Ribeirão das Araras – Piumhi, MG. Piumhi, 2017. 30 p.

SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE, SUSTENTABILIDADE E AÇÕES CLIMÁTICAS – SEMAC. SERhidro GEO. Disponível em: <<https://serhidro-semac.hub.arcgis.com>>. Acesso em: 20 dez. 2024.

SHS CONSULTORIA. Caracterização da mata ciliar, APPs, nascentes e usos do Ribeirão Lajeado nos municípios de Penápolis, Alto Alegre e Barbosa. São Carlos: SHS Consultoria, 2017. 185 p.

TNC; ANA; SEAPA; EMATER-DF. Relatório de diagnóstico socioambiental da bacia do Ribeirão Pipiripau. Brasília: ANA, 2010. 59 p.

ANEXO A - TERMO DE REFERÊNCIA PARA CONTRATAÇÃO DE PESSOA JURÍDICA PARA ELABORAÇÃO DE DIAGNÓSTICO SOCIOAMBIENTAL

1 INTRODUÇÃO

O Programa Produtor de Água, desenvolvido pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), é uma iniciativa que promove a conservação de recursos hídricos por meio do incentivo à adoção de práticas sustentáveis em bacias hidrográficas. O programa busca integrar as dimensões ambiental, social e econômica, fomentando ações que assegurem a qualidade e a disponibilidade de água para múltiplos usos, ao mesmo tempo em que valorizam o papel do produtor rural como gestor de serviços ambientais.

Nesse contexto, o diagnóstico socioambiental desempenha um papel estratégico. Eles constituem a base para o planejamento e a implantação das ações do programa, permitindo identificar as características socioeconômicas e ambientais das bacias hidrográficas envolvidas. Esses diagnósticos fornecem informações essenciais para a seleção de áreas prioritárias, definição de intervenções e engajamento das comunidades locais.

Este Termo de Referência tem como objetivo a contratação de serviços técnicos especializados para a realização do diagnóstico socioambiental detalhados, que subsidiem a implementação de projetos no âmbito do Programa Produtor de Água. A presente contratação visa assegurar a qualidade técnica e metodológica dos estudos, garantindo que as decisões sejam fundamentadas em dados confiáveis e em análises criteriosas, alinhadas aos objetivos do programa.

2 OBJETO

O presente Termo de Referência tem como objeto a contratação de Pessoa Jurídica para a prestação de serviços especializados para a realização do diagnóstico socioambiental da bacia do rio [INSERIR].

Os produtos gerados deverão fornecer subsídios técnicos para a tomada de decisão quanto à seleção de áreas prioritárias, definição de intervenções e estratégias de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA), promovendo a sustentabilidade ambiental, social e econômica na área de abrangência.

3 CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA DE INTERESSE

[Apresentar aspectos gerais da bacia objeto do diagnóstico, tais como localização no território nacional, regional e estadual e principais informações sobre o clima local, bioma pertencente, principais cursos d'água integrantes da bacia etc.]

4 OBJETIVO

4.1 Geral

Elaboração de um diagnóstico socioambiental na área de interesse.

4.2 Específicos

- Elaborar um diagnóstico socioambiental com vista a contribuir com o real entendimento das ações geradoras que já impactaram e continuam a impactar a bacia do rio [INserir];
- Fornecer uma análise integrada de todos os fatores ambientais atingidos para subsidiar a construção de proposições de ações e medidas de controle ambiental;
- Disponibilizar uma base de dados georreferenciados capaz de municiar os responsáveis pela gestão do território a tomada das melhores decisões e mais adequado manejo; e,
- Apresentar dados para elaboração de Projeto no âmbito do Programa Produtor de Água.

5 METODOLOGIA DE DIAGNÓSTICO

5.1 Diagnóstico Socioambiental

O diagnóstico socioambiental deverá fundamentar-se na análise integrada dos componentes abióticos, bióticos e socioeconômicos, focando especificamente na avaliação dos impactos presentes na bacia do rio [INserir], incluindo seus efeitos e extensões. Para fornecer uma base sólida para identificar as ações que causam os impactos na área em questão, é necessário obter e analisar dados primários e secundários, além de revisar os impactos ambientais decorrentes de atividades antrópicas.

A delimitação da área de estudo para a realização do diagnóstico socioambiental deve incorporar abordagens técnicas em duas escalas, ambas situadas, total ou parcialmente, na bacia de contribuição. Essas áreas devem ser determinadas com base em uma análise preliminar da extensão territorial dos efeitos potenciais e reais na bacia do rio [INserir], orientando a coleta de dados primários e secundários necessários para sustentar a análise e sistematização das informações ambientais.

Os diagnósticos das diversas variáveis devem ser ilustrados com tabelas, gráficos, diagramas, croquis, mapas, fluxogramas ou qualquer outra forma que facilite tanto a análise individual quanto a análise integrada. As informações cartográficas precisam ser atualizadas, caracterizando adequadamente a área de estudo, em escalas compatíveis com o nível de detalhamento dos fatores socioambientais estudados.

5.1.1 Elaboração de mapa de uso e ocupação do solo da área de estudo

Solicita-se a elaboração de um levantamento detalhado de uso e ocupação do solo na área de interesse utilizando técnicas de sensoriamento remoto. A empresa contratada deverá observar as seguintes especificações:

Especificações mínimas exigidas.	
Tipo da imagem	Multiespectral (RGB)
Sensor / Satélite	Indiferente
Resolução radiométrica	6 bits ou superior
Resolução espacial	5 metros ou superior
Época de passagem	Não anterior a janeiro de 2024

A empresa contratada deverá realizar a interpretação das imagens de satélite em duas etapas distintas. Na primeira etapa, deverá conduzir uma análise preliminar no escritório, efetuando a classificação não supervisionada para identificar as principais feições presentes no campo.

Em seguida, deverá conduzir uma amostragem em campo para verificar e realizar a classificação supervisionada das imagens. O produto consistirá em um mapa temático, destacando as principais feições identificadas e verificadas em campo, consolidando essas informações no referido mapa.

O mapa, ou conjunto de mapas, deverá(ão) ser elaborados na escala 1:5.000 e entregue(s) juntamente com as imagens em estado bruto e/ou o mosaico de imagens compilado.

5.1.2 Levantamento dos dados secundários

A empresa contratada deverá considerar uma área de estudo que inclua todos os fatores ambientais, direta e indiretamente, afetados pelos efeitos potenciais e reais previsíveis na bacia do rio [INserir]. Esses fatores ambientais devem fornecer informações atualizadas que caracterizem a área de forma objetiva, sintética e integrada. Mapas temáticos, quadros e ilustrações pertinentes aos temas socioambientais devem ser incorporados para uma abordagem analítica e consolidada.

Os dados mínimos necessários nesta fase deverão ser apresentados posteriormente pela consultoria contratada em seu Plano de Trabalho.

5.1.3 Levantamento dos dados primários

Na caracterização e diagnóstico socioambiental da área especificada neste Termo de Referência, devem ser considerados com maior detalhe, por meio de dados primários, os fatores ambientais diretamente impactados pelos aspectos que levam à análise dos impactos atuais e seus efeitos, e não apenas uma caracterização geral da bacia do rio [INserir].

A área de estudo deve incluir a calha de drenagem principal e as microbacias dos seus afluentes. Esses aspectos devem ser analisados por meio de dados primários.

É necessário apresentar justificativas para o método de amostragem adotado e para a seleção dos pontos de amostragem de dados primários. Todos os pontos de amostragem devem ser georreferenciados e plotados em mapas específicos para cada tema em relação às áreas de estudo. Os pontos e métodos de amostragem devem ser representativos dos ecossistemas presentes nas áreas de estudo.

A seguir são apresentados os principais temas de diversos fatores ambientais dos meios físico, biótico e socioeconômico, que poderão elucidar e caracterizar as ações geradoras de impactos na dinâmica hídrica do rio [INserir].

Ressalta-se que a listagem a seguir apresentada não é exaustiva, podendo a contratada realizar a investigação de outros dados primários, caso devidamente justificado. Devendo recorrer às técnicas mais ajustadas à realidade da bacia do rio [INserir], observando o estado da arte do arcabouço técnico existente.

A contratada submeterá a relação de variáveis, com respectivas metodologias para a aprovação da equipe gestora do contrato no Produto 1 – Plano de Trabalho.

5.1.4 Variáveis Físicas e Ambientais

- 5.1.4.1 Estrutura Fundiária da Bacia
- 5.1.4.2 Uso do Solo e Cobertura Vegetal
- 5.1.4.3 Recursos Hídricos – Rede de Drenagem
- 5.1.4.4 Recursos Hídricos – Qualidade da Água
- 5.1.4.5 Recursos Hídricos – Quantidade de Água
- 5.1.4.6 Solo ou Edafologia
- 5.1.4.7 Relevo

5.1.4.8 Biodiversidade

5.1.5 Variáveis Socioambientais

5.1.5.1 Densidade Populacional

5.1.5.2 Atividades Econômicas

5.1.5.3 Organização Comunitária

5.1.5.4 Educação Ambiental

5.1.5.5 Saúde

6 EQUIPE TÉCNICA

A empresa contratada deverá apresentar equipe técnica mínima para a execução dos serviços previstos, incluindo os profissionais destacados a seguir. Estes profissionais deverão apresentar as qualificações técnicas descritas e comprovar registro em seus respectivos conselhos profissionais.

A equipe deverá obrigatoriamente ter experiência comprovada por meio de documentos e atestados emitidos por pessoa jurídica, conforme detalhamento a seguir: *[o usuário deve definir quais os profissionais e titulações serão exigidas para o serviço, sugestões:*

- 01 (um) Coordenador do Diagnóstico, com formação superior em qualquer área do conhecimento, com pelo menos 10 (dez) anos de formação e experiência comprovada (através de atestados e/ou documentos equivalentes) em coordenação de estudos de diagnósticos socioambientais;
- 01 (um) Geólogo, com pelo menos 07 (sete) anos de formação e experiência comprovada (através de atestados e/ou documentos equivalentes) em levantamentos geológicos destinados a estudos de avaliação de impactos ambientais;
- 01 (um) Geógrafo, com pelo menos 07 (sete) anos de formação e experiência comprovada (através de atestados e/ou documentos equivalentes) em levantamentos geomorfológicos destinados a estudos de avaliação de impactos ambientais;
- 01 (um) Engenheiro ou Geógrafo, com pelo menos 07 (sete) anos de formação e experiência comprovada (através de atestados e/ou documentos equivalentes) em levantamentos pedológicos destinados a estudos de avaliação de impactos ambientais;
- 01 (um) Engenheiro, com pelo menos 07 (sete) anos de formação e experiência comprovada (através de atestados e/ou documentos equivalentes) em estudos hidrológicos e/ou hidrossedimentológicos destinados a estudos de avaliação de impactos ambientais;
- 01 (um) Biólogo ou Engenheiro Florestal, com pelo menos 07 (sete) anos de formação e experiência comprovada (através de atestados e/ou documentos equivalentes) em levantamentos florísticos destinados a estudos de avaliação de impactos ambientais;
- 01 (um) Biólogo, com pelo menos 07 (sete) anos de formação e experiência comprovada (através de atestados e/ou documentos equivalentes) em levantamentos de ictiofauna destinados a estudos de avaliação de impactos ambientais;
- 01 (um) Sociólogo, com pelo menos 07 (sete) anos de formação e experiência comprovada (através de atestados e/ou documentos equivalentes) em estudos sociais destinados a estudos de avaliação de impactos ambientais;

- 01 (um) Economista, com pelo menos 07 (sete) anos de formação e experiência comprovada (através de atestados e/ou documentos equivalentes) em estudos econômicos ou socioeconômicos destinados a estudos de avaliação de impactos ambientais;
- 01 (um) Profissional de Geoprocessamento, com pelo menos 05 (cinco) anos de formação superior e experiência comprovada (através de atestados e/ou documentos equivalentes) em mapeamento temático para suporte a estudos de impactos ambientais.]

7 PRODUTOS ESPERADOS E PRAZO DE EXECUÇÃO

7.1 Produto 1 – Plano de Trabalho

Documento inicial que estrutura e orienta a execução do diagnóstico socioambiental, detalhando as metodologias, recursos e cronogramas necessários para alcançar os objetivos definidos no contrato. Ele deve conter minimamente os seguintes elementos:

a) Introdução

Apresentação do contexto do diagnóstico, objetivos gerais e específicos do trabalho, e relação com as diretrizes do Programa Produtor de Água.

b) Metodologia

Descrição detalhada das metodologias a serem empregadas para levantamento de dados, análises socioambientais e identificação de áreas prioritárias. As metodologias devem incluir abordagens específicas para cada variável socioambiental relevante e contemplar o nível de complexidade técnica para atender às condições locais.

c) Recursos Humanos e Materiais

Composição da equipe técnica responsável, destacando qualificações e experiências relevantes. Inclusão de ferramentas e tecnologias que serão utilizadas, como SIG, drones, ou ferramentas de análise estatística, conforme aplicável.

d) Cronograma de Execução

Apresentação de um cronograma detalhado que inclua as etapas do diagnóstico, prazos intermediários e entregas dos produtos contratados. O cronograma deve respeitar os prazos estabelecidos no contrato e ser compatível com as metas do Programa.

e) Planos de Comunicação e Participação Comunitária

Estratégias para envolvimento de atores locais, como produtores rurais, comunidades e representantes de órgãos públicos, visando garantir transparência e adesão às práticas propostas.

Prazo de Entrega:

O Plano de Trabalho deverá ser entregue no prazo de até **30 (trinta)** dias corridos a partir da emissão da Ordem de Serviço. Após sua entrega, será realizada a análise e validação pela equipe gestora do contrato, podendo ser solicitadas adequações ou complementações dentro do prazo estabelecido em contrato.

7.2 Produto 2 – Relatório Preliminar de Diagnóstico Socioambiental

Documento técnico que apresentará uma síntese inicial dos levantamentos e análises realizadas sobre as variáveis socioambientais definidas no Plano de Trabalho. Esse relatório servirá como base para ajustes metodológicos, validação de dados e direcionamento das próximas etapas do diagnóstico.

Elementos mínimos:

- a) Introdução
 - Contextualização do diagnóstico em relação à bacia hidrográfica e aos objetivos do Programa Produtor de Água.
 - Resumo do Plano de Trabalho aprovado, incluindo a abordagem metodológica adotada e a delimitação da área de estudo.
- b) Metodologia Aplicada
 - Detalhamento das técnicas e ferramentas utilizadas para coleta e análise de dados até o momento.
 - Apresentação das fontes de dados secundários (ex.: IBGE, INDE, DATASUS) e informações primárias obtidas em campo.
- c) Levantamento das Variáveis Socioambientais
 - Variáveis Socioeconômicas: Dados preliminares sobre densidade populacional, organização comunitária, educação ambiental, atividades econômicas e suas pressões sobre os recursos naturais.
 - Variáveis Ambientais: Aspectos iniciais do uso do solo, recursos hídricos e cobertura vegetal, conforme aplicável.
- d) Análises Preliminares
 - Identificação das áreas de maior vulnerabilidade ambiental e social na bacia.
 - Mapas temáticos e gráficos ilustrando os resultados preliminares das variáveis analisadas.
- e) Identificação de Lacunas e Limitações
 - Relato das dificuldades encontradas na coleta de dados e na aplicação das metodologias previstas.
 - Proposta de ajustes necessários para a continuidade do diagnóstico.

Prazo de Entrega:

O Relatório Preliminar de Diagnóstico Socioambiental deverá ser entregue no prazo de **60 (sessenta)** dias corridos após a aprovação do Plano de Trabalho pela Unidade Gestora do Projeto. A entrega será acompanhada de apresentação técnica para a equipe gestora do contrato, visando discutir os resultados obtidos, validar os dados preliminares e alinhar os próximos passos do diagnóstico.

Formato:

O relatório deve ser entregue em formato digital, seguindo as normas da ABNT para a redação de relatórios técnicos, assinado por todos os membros da Equipe Técnica envolvida no Diagnóstico, contendo mapas, gráficos, tabelas e fotografias datadas que ilustrem os dados coletados. Os mapas devem ser apresentados com legendas claras e compatíveis com a escala da bacia hidrográfica, além de ser entregues em formato editável e shapefile para análise posterior.

7.3 Produto 3 – Mapa de Uso e Ocupação do Solo e Mapa Integrado das Variáveis Socioambientais

Produtos cartográficos que sintetizam e integram as informações coletadas e analisadas ao longo do diagnóstico socioambiental. Este mapa será uma ferramenta estratégica para a visualização espacial e análise integrada das inter-relações entre variáveis socioambientais, subsidiando a tomada de decisões no âmbito do Programa Produtor de Água.

Elementos mínimos:

a) Base Cartográfica

Representação da área da bacia hidrográfica, com delimitação de sub-bacias, principais cursos d'água, áreas de preservação permanente (APP) e unidades de conservação, conforme dados oficiais (ex.: IBGE, INDE).

b) Camadas de Informações

- Densidade Populacional: Áreas com diferentes concentrações populacionais, incluindo separação entre áreas urbanas e rurais.
- Organização Comunitária: Distribuição espacial de associações, lideranças comunitárias e outras estruturas organizativas locais.
- Atividades Econômicas: Localização e intensidade das principais atividades econômicas, como agricultura, pecuária, turismo e comércio.
- Educação Ambiental: Regiões com iniciativas de educação ambiental, incluindo escolas e associações atuantes.
- Saúde Pública: Padrões espaciais das incidências de doenças associadas a fatores ambientais.

c) Análises Espaciais

- Identificação de áreas de maior pressão ambiental (ex.: sobreposição de atividades econômicas intensivas com APPs degradadas).
- Classificação de zonas prioritárias para intervenções, considerando múltiplos critérios, como vulnerabilidade social, degradação ambiental e potencial para recuperação.

d) Layout e Elementos Visuais

- Mapas temáticos em alta resolução, com legendas claras e escalas adequadas.
- Destaque para áreas críticas e prioritárias para intervenções do Programa Produtor de Água.
- Inclusão de gráficos e tabelas para facilitar a interpretação dos dados.

Prazo de Entrega:

O Mapa Integrado das Variáveis Socioambientais deverá ser entregue no prazo de **60 (sessenta)** dias corridos após a aprovação do Relatório Preliminar de Diagnóstico Socioambiental.

Formato:

A entrega incluirá:

- Versão impressa de alta qualidade (tamanho mínimo A3).

- Versão digital em formato PDF para apresentação.
- Arquivos editáveis (ex.: .shp ou .kml), compatíveis com QGIS.

7.4 Identificação de Áreas Prioritárias para Intervenção

Relatório técnico detalhado, que apresenta as áreas prioritárias da bacia hidrográfica para intervenções de conservação e manejo sustentável. Este produto será baseado na análise integrada das variáveis socioambientais, destacando as áreas que demandam maior atenção para ações voltadas à mitigação de impactos e recuperação ambiental, conforme os objetivos do Programa Produtor de Água.

Elementos mínimos:

- a) Critérios de Priorização
 - **Pressões Ambientais:** Identificação de áreas com maior degradação do solo, poluição hídrica e desmatamento, com base nos dados levantados no diagnóstico socioambiental.
 - **Vulnerabilidade Socioambiental:** Áreas habitadas por comunidades mais vulneráveis, considerando indicadores de densidade populacional, saúde pública e atividades econômicas.
 - **Potencial para Recuperação:** Regiões com características favoráveis para intervenções, como capacidade de recarga hídrica, remanescentes florestais conectados e solos com bom potencial de restauração.
 - **Alinhamento com o Programa:** Priorização de locais que possam gerar benefícios hídricos imediatos, como áreas de nascentes e APPs degradadas.
- b) Descrição das Áreas Priorizadas
 - Detalhamento das características específicas de cada área identificada, como localização geográfica, extensão, principais impactos identificados e potenciais ações para mitigação ou recuperação.
 - Indicação de propriedades rurais inseridas nessas áreas, sempre que possível, facilitando futuras tratativas para implementação de práticas conservacionistas.
- c) Análise Espacial
 - Uso de mapas temáticos para apresentar as áreas prioritárias de forma clara e objetiva.
 - Sobreposição de camadas de dados geoespaciais, como declividade, cobertura vegetal e densidade populacional, para justificar a escolha das áreas destacadas.
 - Ferramentas de SIG para análise multicritério, evidenciando os fatores considerados na priorização.
- d) Recomendações para Intervenção
 - Sugestões de práticas edáficas, vegetativas ou mecânicas para conservação do solo e dos recursos hídricos nas áreas identificadas.
 - Propostas de ações complementares, como educação ambiental, formação de parcerias locais e incentivos econômicos.

Prazo de Entrega:

O Produto 4 deverá ser entregue no prazo de 60 (sessenta) dias corridos após a aprovação do Mapa Integrado das Variáveis Socioambientais. A entrega incluirá:

Formato:

O relatório deve ser entregue em formato digital, seguindo as normas da ABNT para a redação de relatórios técnicos, assinado por todos os membros da Equipe Técnica envolvida.

- **Relatório Técnico:** Documento detalhado em formato digital e impresso, com descrição das áreas prioritárias, critérios de seleção e justificativas técnicas.
- **Mapas Temáticos:** Versões impressas (tamanho mínimo A3) e digitais (PDF e arquivos compatíveis com SIG).
- **Tabela Resumo:** Apresentação de um quadro sintético com as áreas prioritárias, indicadores utilizados e as recomendações de intervenção.

7.5 Produto 5 – Relatório Final de Diagnóstico Socioambiental

Documento consolidado que reúne os resultados do diagnóstico socioambiental da bacia hidrográfica, integrando todas as análises e entregas realizadas nos produtos anteriores. Este relatório será a base para orientar as ações do Programa Produtor de Água na área de estudo, oferecendo um panorama detalhado das condições socioambientais e recomendações estratégicas para intervenção e gestão sustentável dos recursos naturais.

Elementos mínimos:

- a) Introdução
 - Contextualização do diagnóstico socioambiental, objetivos, metodologia utilizada e relação com o Programa Produtor de Água.
 - Resumo dos produtos anteriores e como eles foram integrados no relatório final.
- b) Descrição Geral da Área de Estudo
 - Caracterização geográfica e ambiental da bacia hidrográfica, incluindo limites, usos predominantes e relevância hídrica.
 - Breve histórico da ocupação e dinâmicas socioeconômicas.
- c) Análise Integrada das Variáveis Socioambientais
 - Síntese dos dados levantados e das análises realizadas nos produtos anteriores, com foco nas variáveis socioambientais diagnosticadas.
 - Discussão sobre os principais desafios e oportunidades identificados, incluindo:
 - Uso do solo e cobertura vegetal.
 - Atividades econômicas.
 - Saúde pública.
 - Educação ambiental.
 - Organização comunitária.
- d) Identificação de Áreas Prioritárias
 - Inclusão das áreas prioritárias para intervenção, com mapas temáticos e justificativas detalhadas baseadas nos critérios técnicos adotados.
- e) Recomendações Estratégicas

- Propostas de ações específicas para mitigação de impactos, conservação ambiental e recuperação de áreas degradadas.
 - Sugestões de práticas edáficas, vegetativas e mecânicas adequadas à realidade local.
 - Indicação de estratégias para o engajamento da comunidade e fortalecimento de parcerias institucionais.
- f) Indicadores para Monitoramento e Avaliação
- Proposta de indicadores para acompanhar a eficácia das ações implementadas, com base no diagnóstico realizado.
- g) Anexos e Material Complementar
- Mapas, gráficos e tabelas detalhados.
 - Registro das fontes de dados e ferramentas utilizadas no diagnóstico.
 - Registro das reuniões realizadas, se aplicável, com síntese das contribuições da comunidade e instituições envolvidas.
- h) Estimativas de custos de implantação das ações propostas.

Prazo de Entrega:

O Produto 5 deverá ser entregue no prazo de 45 (quarenta e cinco) dias corridos após a aprovação do Produto 4 – Identificação de Áreas Prioritárias para Intervenção.

Formato:

- **Relatório Técnico Consolidado:** em formato digital, com linguagem acessível e apresentação gráfica adequada, seguindo as normas da ABNT para a redação de relatórios técnicos, assinado por todos os membros da Equipe Técnica envolvida, acompanhado das respectivas Anotações de Responsabilidade Técnica (ART) ou Registro de Responsabilidade Técnica (RRT), emitidas desde o início dos trabalhos.
- **Mapas e Arquivos Geoespaciais:** Impressos e digitais (PDF e arquivos compatíveis com SIG), com representações detalhadas das análises realizadas.
- **Resumo Executivo:** Documento síntese (máximo de 10 páginas) destacando os principais achados e recomendações do diagnóstico.

8 PRAZOS E CRONOGRAMAS DE EXECUÇÃO

A tabela a seguir apresenta o cronograma físico-financeiro para o acompanhamento da execução dos serviços e os pagamentos à contratada. O pagamento pelos serviços será realizado conforme estipulado no cronograma físico-financeiro. Após a aprovação de cada produto, a contratada estará autorizada a emitir a nota fiscal relativa à remuneração pelos serviços executados. Não haverá remuneração para nenhum outro serviço ou produto além dos mencionados no cronograma. Além disso, os valores serão pagos de acordo com o percentual estipulado pelo contratante para cada etapa prevista neste Termo de Referência.

Cronograma físico-financeiro para entrega e remuneração dos produtos.

Produtos	Mês 1	Mês 2	Mês 3	Mês 4	Mês 5
Produto 1 – Plano de Trabalho	10%				
Produto 2 – Relatório Preliminar de Diagnóstico Socioambiental		20%			
Produto 3 – Mapa de Uso e Ocupação do Solo e Mapa Integrado das Variáveis Socioambientais			20%		
Produto 4 – Identificação de Áreas Prioritárias para Intervenção				20%	
Produto 5 – Relatório Final de Diagnóstico Socioambiental					30%
Desembolso mensal	10%	20%	20%	20%	30%
Desembolso acumulado	10%	30%	50%	70%	100%



PROGRAMA
PRODUTOR DE ÁGUA



AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS
E SANEAMENTO BÁSICO

MINISTÉRIO DA
INTEGRAÇÃO E DO
DESENVOLVIMENTO
REGIONAL

GOVERNO DO
BRASIL
DO LADO DO Povo BRASILEIRO

ISBN 978-658810178-0



9 786588 101780