

Desenvolvido por:



FUNDAÇÃO
renova

**PLANO DE MONITORAMENTO DO PROJETO PILOTO DE RECUPERAÇÃO
DAS LAGOAS - PROJETO DE RECUPERAÇÃO AMBIENTAL DE LAGOAS
MARGINAIS**

Março/2023



**PLANO DE MONITORAMENTO DO PROJETO PILOTO DE RECUPERAÇÃO DAS
LAGOAS
REVISÃO 4**

Projeto de Recuperação Ambiental de Lagoas Marginais

RT-005_199-535-2577_04

São Paulo / 2023



REVISÕES							
TE:		A - PRELIMINAR	C - PARA CONHECIMENTO	E - PARA CONSTRUÇÃO	G - CONFORME CONSTRUÍDO		
TIPO DE EMISSÃO		B - PARA APROVAÇÃO	D - PARA COTAÇÃO	F - CONFORME COMPRADO	H - CANCELADO		
REV	TE	DESCRIÇÃO	POR	VER.	APR.	AUT.	DATA
00	B	Documento para a Fundação Renova	LB/ACA	ANG			25/05/2021
01	B	Documento para a Fundação Renova	LB/ACA	ANG			08/07/2021
02	B	Documento para a Fundação Renova	LP	ARCG			05/08/2022
03	B	Documento para a Fundação Renova	LB	ANG			06/09/2022
04	B	Documento para a Fundação Renova	ER/ACA	ANG			24/03/2023



SUMÁRIO

1 PLANO DE MONITORAMENTO DO PROJETO PILOTO DE RECUPERAÇÃO DAS LAGOAS.....	6
1.1 Introdução	6
1.2 Objetivos	8
1.3 Área de Estudo	8
1.4 Modelo Conceitual e Objetivos da Recuperação	13
2 PROTOCOLOS DE MONITORAMENTO	14
2.1 Aspectos físicos e químicos da água e sedimentos	14
2.1.1 Parâmetros físicos e químicos da água.....	14
2.1.2 Parâmetros físicos e químicos dos sedimentos.....	17
2.1.3 Procedimentos para a Garantia da Qualidade.....	20
2.1.3 Topobatimetria e nível de água	21
2.2 Aspectos bióticos	22
2.2.1 Grupos faunísticos e florísticos bioindicadores.....	22
2.2.2 Implicações da heterogeneidade ambiental das unidades alvo	23
2.2.3 Aspectos relativos ao esforço amostral	25
2.2.5 Condição da cobertura vegetal no entorno das lagoas e morfologia das lagoas e calha fluvial adjacente	27
2.2.6 Fitoplâncton.....	29
2.2.7 Macrófitas aquáticas.....	32

2.2.8 Macroinvertebrados Bentônicos.....	34
2.2.9 Formas Adultas de Odonata	37
2.2.10 Anurofauna.....	39
2.2.11 Ictiofauna.....	41
2.3 Equipes de execução	44
2.4 Medidas de Acompanhamento.....	45
2.5 Cronograma.....	45
3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47

Lista de Figuras

Figura 1 - Localização das lagoas marginais selecionadas para intervenção e monitoramento da intervenção do Programa de Monitoramento de Intervenções do Sistema Lacustre dos rios Gualaxo do Norte e Carmo..11

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Lagoas selecionadas para intervenção e monitoramento de intervenções.....	12
Tabela 2 - Parâmetros a serem monitorados na água superficial.....	15
Tabela 3 - Parâmetros a serem monitorados nos sedimentos superficiais.....	17
Tabela 4 - Quantificação do esforço amostral para a ictiofauna.....	43
Tabela 5 - Equipes de execução e dias em campo por campanha de monitoramento para os diferentes estudos temáticos.....	44
Tabela 6 - Cronograma de execução do Programa de Monitoramento.	46

1 PLANO DE MONITORAMENTO DO PROJETO PILOTO DE RECUPERAÇÃO DAS LAGOAS

1.1 Introdução

Com o rompimento da barragem de Fundão, em novembro de 2015, impactos relacionados ao fluxo de rejeitos ocorreram por toda a extensão do rio Doce, nos estados de Minas Gerais e Espírito Santo. Ecossistemas fluviais, lacustres e terrestres situados no trecho a jusante da barragem até o reservatório da UHE Risoleta Neves (Candonga) foram intensamente afetados pela passagem do fluxo de rejeito e pela deposição, em espessas camadas, de uma mistura de rejeitos, solos, detritos e outros materiais carregados. Dezenas de pequenas lagoas situadas nas planícies aluviais dos rios Gualaxo do Norte, Carmo e Doce – a grande maioria originada pelo garimpo artesanal de ouro - foram também afetadas. Muitas dessas lagoas foram soterradas e outras foram parcialmente assoreadas, convertendo-se em áreas brejosas.

Nos anos de 2017 e 2018, a Fundação Renova conduziu trabalhos de identificação de lagoas marginais afetadas e a caracterização da deposição de rejeitos ali ocorrida, como parte integrante de um Plano de Manejo de Rejeitos. A partir desses estudos, em abril de 2018 foi requisitado pelos órgãos ambientais um estudo mais aprofundado com foco inicial em 119 lagoas deste sistema de pequenas lagoas marginais dos rios Gualaxo do Norte e Carmo, nos municípios de Mariana e Barra Longa. Nesse contexto, o presente projeto de Recuperação Ambiental de Lagoas Marginais busca contribuir para um melhor entendimento das funções ecológicas desempenhadas por este sistema lacustre, os impactos decorrentes do rompimento da barragem de Fundão e as condições atuais das lagoas, de forma a subsidiar o planejamento e implementação, em escala piloto, de intervenções visando sua recuperação.

A iniciativa piloto de recuperação ambiental de lagoas marginais tem como foco a implementação de ações para a recuperação de 9 lagoas afetadas. Nesse propósito, ao longo de várias etapas, o projeto de Recuperação Ambiental de Lagoas Marginais reuniu fundamentações e planejamentos para a execução das intervenções e seu monitoramento, incluindo etapas de revisão bibliográfica, visitas técnicas a campo, seleção de lagoas para intervenção e monitoramento, seleção

de lagoas não afetadas como ambientes de referência ('lagoas branco'), e desenvolvimento de projetos específicos de intervenções para recuperação, em âmbito conceitual e executivo (GOLDER 2021).

Essencialmente, as ações planejadas visam o exercício, em escala piloto, de intervenções destinadas à recuperação de características estruturais que maximizem o potencial para a ocupação pela biodiversidade nas lagoas selecionadas. Basicamente, a reconfiguração topobatimétrica será a principal intervenção a ser implementada em cada lagoa, visando restituir parcialmente o seu volume interno. Além disso, serão configurados, na extensão possível, taludes de inclinação suave, dotados de contornos de fundo, formando zonas litorâneas rasas e onduladas, provendo espaços heterogêneos que favoreçam a ocupação espontânea por uma biota diversificada e o incremento das produtividades primária e secundária da lagoa.

Em atendimento ao requerido junto ao Item 6 do Eixo Prioritário 1 da Ação Civil Pública nº 69758-61.2015.4.01.3400 (ACP155Bi), o Projeto Piloto de Recuperação de Lagoas Marginais deverá contemplar um programa específico de monitoramento de intervenções, foco do presente documento. Este Programa abrangerá as 9 unidades alvo a serem recuperadas, outras 9 lagoas afetadas em condição similar, constituindo sítios controle, e 3 lagoas não afetadas (*i.e.*, situadas fora das planícies aluviais impactadas pelo rompimento da barragem de Fundão, no trecho Fundão – Candonga), que constituirão sítios de referência, aqui referidas como 'lagoas branco'.

Adicionalmente, o presente Plano de Monitoramento prevê a inclusão, entre os alvos de estudo, de duas novas lagoas originadas da atividade garimpeira após o rompimento da barragem de Fundão. Considerou-se que estes alvos extra de monitoramento constituem um controle relevante para os fins do monitoramento, tendo em vista que lagoas de garimpo recém abertas em áreas afetadas ilustram os estágios iniciais da formação de lagoas marginais dos rios Gualaxo do Norte e Carmo a partir da ação humana - sem a interferência de ações de uma recuperação planejada - e, como tal, representam uma referência importante com relação ao potencial de ocupação pela biodiversidade, assim como em relação a eventuais riscos ecológicos, impactos ambientais e demandas conflitantes (*tradeoffs*) potencialmente advindos de intervenções visando a sua restauração.

Dessa forma, o presente Plano de monitoramento tem como alvo um total de 23 lagoas.

O presente documento apresenta arcabouço e protocolos de monitoramento a serem aplicados em campanhas realizadas após a implementação de intervenções para recuperação, de forma a permitir a avaliação de respostas referentes a aspectos bióticos e abióticos selecionados. Estes incluem a análise de parâmetros físicos e químicos da água e dos sedimentos das lagoas, e grupos biológicos indicadores, como fitoplâncton; macrófitas aquáticas; macroinvertebrados bentônicos; formas adultas de Odonata (libélulas); ictiofauna (peixes); anurofauna (anfíbios) e condição da cobertura vegetal no entorno das lagoas.

1.2 Objetivos

O presente Programa de monitoramento de intervenções tem como objetivo geral o acompanhamento, em bases sistematizadas, da evolução da condição ambiental de lagoas afetadas pelo rompimento da barragem de Fundão submetidas a intervenções visando a sua recuperação, provendo subsídios para ações de manejo adaptativo e avaliação da performance das intervenções.

Tem-se como objetivos específicos:

- ✓ Avaliar o estado e a evolução da condição ambiental das unidades alvo do monitoramento com base nos diferentes temas e grupos indicadores selecionados: aspectos físicos e químicos da água e dos sedimentos; topobatimetria e morfologia dos canais fluviais e lagoas; condição da cobertura vegetal do entorno; fitoplâncton; macrófitas aquáticas; macroinvertebrados bentônicos e formas adultas de Odonata; anfíbios; peixes.
- ✓ Prover informações para subsidiar a gestão ambiental e manejo adaptativo dos projetos de recuperação ambiental de lagoas marginais.

1.3 Área de Estudo

As 23 lagoas alvo do presente Plano de monitoramento situam-se em um raio de aproximadamente 30 km a partir do centro de Mariana (MG). Partindo de Belo Horizonte (MG), o acesso às lagoas pode ser realizado pela rodovia BR-356 até Mariana, por cerca de 120 km. As lagoas situadas na matriz florestal podem ser acessadas a partir de Mariana pela MG-262, por cerca de 15 km e, em seguida, em via local por 6 km até distrito de Monsenhor Horta. Do centro de Monsenhor Horta,

toma-se via local não pavimentada por aproximadamente 22 km até a região das lagoas. Para acessar as lagoas situadas na matriz agrícola (*i.e.*, lagoas T09-GN-KM626 (2) e T09-GN-KM627-1 (4)) a partir de Mariana (MG), utiliza-se o mesmo trajeto até o centro do distrito de Monsenhor Horta e, na sequência, segue por via local sentido distrito de Paracatu de Baixo por cerca 12 km até a lagoa da matriz agrícola.

Tendo em vista o propósito de constituir um piloto de recuperação ambiental, este conjunto de lagoas apresenta características bastante heterogêneas, ainda quando consideradas no âmbito de uma mesma matriz (*i.e.*, florestal ou agrícola) - o que possibilita contemplar diferentes contextos e possibilidades no exercício das ações almejadas.

O polígono original das lagoas afetadas em foco, correspondente ao contorno do espelho d'água na condição pré-rompimento, varia entre 46,13 m² e 2.495,82 m², e suas margens apresentam diferentes graus de sinuosidade. Conforme referido, no cenário atual estas unidades alvo apresentam-se fortemente assoreadas – a maioria afigura-se a formações brejosas rasas (*e.g.*, 20 cm a 50 cm de profundidade) durante a estação chuvosa e, no período seco, a metade delas sequer acumula alguma água (**Tabela 1**). Entre as lagoas em foco, apenas quatro potencialmente se conectam hidrologicamente com o rio Gualaxo do Norte em períodos de cheia com tempos de recorrência inferiores a 25 anos (**Tabela 1**).

Com relação às três lagoas branco selecionadas, duas (FID-4 e FID-21) correspondem a açudes não originários do garimpo, formados em áreas de várzea a partir do barramento de pequenos tributários. São estruturas de tamanho maior (6.390 m² e 7.000 m², respectivamente) do que a média de tamanhos do sistema lacustre do rio Gualaxo do Norte (379,9 ± 42,93 m² Golder, 2020), com perímetro extenso parcialmente tomado por vegetação nativa complexa e proximidade a áreas brejosas, que contribuem para a configuração de um quadro relativamente natural, porém com limitações relativas aos usos a que tais estruturas são tipicamente submetidas, como o uso do entorno pelo gado e potencial povoamento por espécies de peixes exóticas. Já a terceira lagoa branco (FID-3) é uma antiga lagoa de garimpo naturalizada, com área de 1.478 m² e submetida a uso similar (*e.g.*, açude). Esta antiga lagoa de garimpo representa uma condição única na paisagem em questão e constitui referência

para um máximo potencial quanto às funções ecológicas esperadas em uma condição naturalizada (GOLDER, 2021). A localização dessas lagoas branco é apresentada na **Figura 1**.

Com base no exposto acima, os protocolos de monitoramento aqui tratados devem prever uma grande variedade de situações, bem como alteração substancial do cenário nas nove das unidades alvo sob intervenção, após a execução das ações de recuperação.

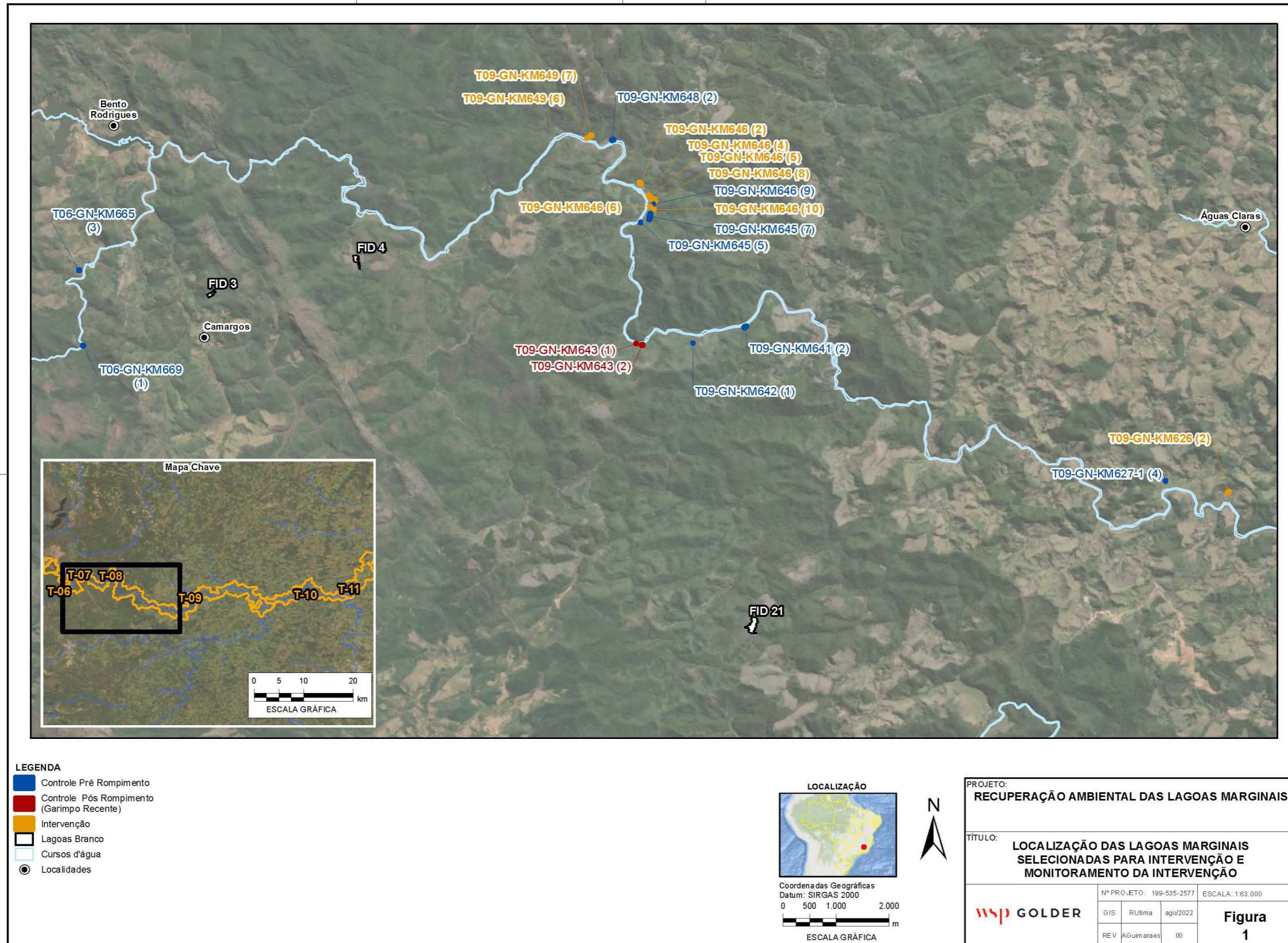


Figura 1 - Localização das lagoas marginais selecionadas para intervenção e monitoramento da intervenção do Programa de Monitoramento de Intervenções do Sistema Lacustre dos rios Gualaxo do Norte e Carmo

Tabela 1 - Lagoas selecionadas para intervenção e monitoramento de intervenções

LAGOA	COORDENADAS		PAPEL DA LAGOA NO MONITORAMENTO				ÁREA (M2) ⁽²⁾	MATRIZ	N. ESTIMADO DE UNIDADES AMOSTRAIS ⁽³⁾	CONECTIVIDADE HIDROLÓGICA ⁽⁴⁾	ÁGUA SUPERFICIAL NA ESTAÇÃO SECA / 2020 ⁽⁵⁾
	UTM -X	UTM -Y	Controle pré-intervenção	Controle pós-rompimento (lagoa de garimpo recente) ⁽¹⁾	Intervenção	Lagoas Branco (Sítios de referência)					
T06-GN-KM665 (3)	-43,4233	-20,2612	X				308,18	Florestal	12	TR = 2 anos	Presente
T06-GN-KM669 (1)	-43,4226	-20,2741	X				309,14	Florestal	12	NA	Ausente
T09-GN-KM626 (2)	-43,2274	-20,2991			X		482,55	Agrícola	13	> TR 25 anos	Presente
T09-GN-KM627-1 (4)	-43,2381	-20,2972	X				72,78	Agrícola	8	> TR 25 anos	Presente
T09-GN-KM641 (2)	-43,3098	-20,2709	X				999,32	Florestal	16	TR = 2 anos	Ausente
T09-GN-KM642 (1)	-43,3187	-20,2737	X				46,13	Florestal	7	> TR 25 anos	Presente
T09-GN-KM645 (5)	-43,3276	-20,2531	X				186,77	Florestal	10	> TR 25 anos	Ausente
T09-GN-KM645 (7)	-43,326	-20,2521	X				2495,82	Florestal	22	> TR 25 anos	Presente
T09-GN-KM646 (10)	-43,3253	-20,2508			X		137,63	Florestal	9	> TR 25 anos	Ausente
T09-GN-KM646 (2)	-43,3276	-20,2464			X		838,51	Florestal	16	> TR 25 anos	Ausente
T09-GN-KM646 (4)	-43,3262	-20,2484			X		283,66	Florestal	11	> TR 25 anos	Ausente
T09-GN-KM646 (5)	-43,326	-20,2488			X		312,92	Florestal	12	> TR 25 anos	Ausente
T09-GN-KM646 (6)	-43,326	-20,2504			X		183,41	Florestal	10	> TR 25 anos	Ausente
T09-GN-KM646 (8)	-43,3253	-20,2493			X		1844,76	Florestal	20	> TR 25 anos	Presente
T09-GN-KM646 (9)	-43,3254	-20,250	X				110,75	Florestal	9	> TR 25 anos	Ausente
T09-GN-KM648 (2)	-43,3324	-20,239	X				701,97	Florestal	15	TR = 5 anos	Presente
T09-GN-KM649 (6)	-43,3367	-20,2387			X		186,07	Florestal	10	> TR 25 anos	Presente
T09-GN-KM649 (7)	-43,3361	-20,2382			X		803,09	Florestal	15	> TR 25 anos	Presente
T09-GN-KM643 (1)	-43,3283	-20,2738		X			131,64	Florestal	9	> TR 25 anos	Presente
T09-GN-KM643 (2)	-43,3273	-20,2740		X			728,05	Florestal	15	TR = 10 anos	Presente
FID 3	-20,2653	-20,2653				X	1478,00	Florestal	18	NA	Presente
FID 4	-20,2594	-20,2594				X	6391,00	Agrícola	28	NA	Presente
FID 21	-20,3217	-20,3217				X	7004,00	Agrícola	29	NA	Presente

(1) Lagoa de garimpo formada pelo garimpo em área afetada, em 2017

(2) Área estimada com base em imagem de satélite WorldView de 07/2015 – anterior ao rompimento da barragem de Fundão (Jacobs CH2M 2017);

(3) Número de unidades amostrais para temas selecionados do meio biótico, estimado com base em De Marco *et al.* (2014), utilizando a fórmula: $n = 2^{\log_{10}(S)+1}$, sendo S = área da lagoa;

(4) Tempo de recorrência para conectividade hidrológica, baseado em modelagem (GOLDER, 2021)

(5) Presença de espelho d'água, verificado em campo em maio de 2020 (GOLDER, 2021). No caso da lagoa de garimpo recente, a aferição foi feita a partir de imagens da plataforma Google Earth.

NA = Não se aplica – lagoas não situadas às margens do rio Gualaxo

1.4 Modelo Conceitual e Objetivos da Recuperação

Conforme referido em Golder (2021), em ambientes lacustres, a analogia aos processos sucessionais naturais é frequentemente útil no entendimento das alterações ocorrentes na condição ambiental a partir da ação humana, bem como no entendimento das formas de intervenção necessárias à sua recuperação. Ao longo de suas trajetórias sucessionais, as lagoas progressivamente acumulam sedimentos e detritos (LESSMAN; NIXDORF 2011), resultando em paulatina redução do espelho d'água livre e da profundidade, convertendo-se em áreas úmidas ou brejosas, eventualmente em condição de hidroperíodo intermitente (BIGGS *et al.* 1994; SAYER *et al.* 2012) e, finalmente, em ambientes terrestres.

Em analogia à referida progressão temporal dos estágios sucessionais típicos de ambientes lacustres, considerou-se que o assoreamento e remodelamento físico das lagoas, resultantes do súbito e volumoso influxo de rejeito e detritos liberados com o rompimento de Fundão, equivaleria a um rápido 'envelhecimento' (*i.e.*, avanço do processo sucessional) do sistema lacustre em foco, sendo esta condição refletida por todo um conjunto de aspectos físicos, químicos e bioecológicos.

Dessa forma, com base nos elementos reunidos na fase diagnóstica do Projeto de Recuperação Ambiental de Lagoas Marginais (GOLDER, 2021), definiu-se como modelo conceitual para as intervenções de recuperação nas lagoas selecionadas a reconfiguração de ambientes lênticos típicos de um estágio sucessional intermediário, cuja complexidade estrutural seja, essencialmente, maximizada a partir da restituição de volume interno e da configuração, na extensão possível, de taludes de inclinação suave, dotados de contornos de fundo, formando zonas litorâneas rasas e onduladas, provendo espaços heterogêneos que favoreçam a ocupação espontânea por uma biota diversificada e o incremento das produtividades primária e secundária da lagoa.

Em consideração aos aspectos acima referidos, definiu-se como objetivo primário de recuperação o exercício, em escala piloto, de intervenções destinadas à recuperação de características estruturais que maximizem o potencial para ocupação das lagoas selecionadas pela biodiversidade.

2 PROTOCOLOS DE MONITORAMENTO

2.1 Aspectos físicos e químicos da água e sedimentos

As coletas e análises das amostras, bem como a calibração dos equipamentos serão realizadas por laboratório que possua reconhecimento de competência por meio de acreditação ou homologação (Rede Brasileira de Calibração – RBC ou Rede Brasileira de Laboratórios de Ensaio – RBLE), conforme disposto na Deliberação Normativa COPAM nº 167, de 29 de junho de 2011.

Os procedimentos técnicos de amostragem e preservação das amostras de água e sedimentos estarão de acordo com as seguintes normas:

- ✓ Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 9898/1987 – Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores;
- ✓ Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras: água, sedimentos, comunidades aquáticas e efluentes líquidas da Agência Nacional das Águas – ANA; CETESB (2011); e,
- ✓ Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA (2012).

Para a realização das coletas de água superficial e sedimentos, o laboratório irá contar com pessoal qualificado com formação técnica em química ou área correlata, além de acreditação nos termos da ABNT NBR ISO/IEC 17025/2015 junto ao Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO).

Deverão ser utilizadas, complementarmente, abordagens amostrais qualitativa e quantitativa para o monitoramento dos parâmetros físicos e químicos da água e dos sedimentos, seguindo a metodologia adotada no Programa de Monitoramento Quali-Quantitativo Sistemático – PMQQS (GOLDER, 2017), que abrange uma rede de ambientes lóticos e lênticos na bacia do rio Doce.

2.1.1 Parâmetros físicos e químicos da água

Nas lagoas que apresentarem lâmina d'água na ocasião da campanha amostral, devem ser coletadas duas amostras de água superficial para a realização de análises descritas na **Tabela 2**. Uma

das coletas deve realizada o mais próximo possível do ponto central de cada lagoa, utilizando um balde de aço inox com auxílio de extensores e a outra coleta deve ser realizada em uma das margens. Para as lagoas conectadas a drenagens, deve-se coletar uma amostra em um ponto de entrada da drenagem e outro ponto na saída da lagoa. Nas lagoas que apresentaram lâmina d'água superior a dois metros, coletar uma amostra de água em diferentes profundidades, utilizando garrafa de Van Dorn para realização destas coletas. As amostras devem ser mantidas em frascos adequados, identificadas e preservadas até o envio ao laboratório. O holding time das amostras deve ser cumprido de acordo com as instruções do laboratório que irá analisar as amostras. Os resultados analíticos devem ser comparados com as legislações aplicáveis.

Em cada uma das amostras coletadas devem ser analisados os parâmetros descritos a seguir:

Tabela 2 - Parâmetros a serem monitorados na água superficial

PARÂMETRO	UNIDADE
Sólidos totais	mg/L
Sólidos dissolvidos totais	mg/L
Sólidos em suspensão	mg/L
Sólidos sedimentáveis	mg/L
Cor verdadeira	mg Pt/L
DBO, 5 dias, 20°C	mg/L de O ₂
Carbono orgânico total	mg/L
Carbono orgânico dissolvido	mg/L
Alcalinidade total	mg/L de CaCO ₃
Dureza total	mg/L de CaCO ₃
Escherichia coli (E. coli)	UFC / 100mL
Clorofila-a	µg/L
Feoftina	µg/L
Cálcio	mg/L de Ca
Cianeto	mg/L de CN
Cloreto Total	mg/L

PARÂMETRO	UNIDADE
Magnésio	mg/L de Mg
Sódio	mg/L de Na
Sulfeto Total	mg/L
Sulfeto (H ₂ S não dissociado)	mg/L de S
Nitrato	mg/L
Nitrito	mg/L
Nitrogênio total Kjeldahl	mg/L
Nitrogênio orgânico	mg/L
Nitrogênio amoniacal total	mg/L
Fósforo total	mg/L
Fósforo dissolvido	mg/L
Polifosfatos	mg/L
Metais e Metalóides (formas total e dissolvida)	
Alumínio	mg/L
Antimônio	mg/L
Arsênio	mg/L
Bário	mg/L
Berílio	mg/L
Boro	mg/L
Cádmio	mg/L
Cromo	mg/L
Cobalto	mg/L
Cobre	mg/L
Ferro	mg/L
Chumbo	mg/L
Manganês	mg/L
Mercúrio	mg/L
Molibdênio	mg/L

PARÂMETRO	UNIDADE
Níquel	mg/L
Selênio	mg/L
Prata	mg/L
Vanádio	mg/L
Zinco	mg/L

Alguns parâmetros de qualidade da água superficial devem ser monitorados in situ, incluindo pH, oxigênio dissolvido (OD), condutividade elétrica, turbidez e temperatura. As determinações deverão ser realizadas de acordo com o Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras (ANA; CETESB, 2011) utilizando uma sonda multiparâmetros. A transparência da Água: deverá ser determinada com o uso do disco de Secchi (COLE, 1994).

2.1.2 Parâmetros físicos e químicos dos sedimentos

A coleta de sedimento superficial deverá ser realizada nos mesmos pontos de coleta de água superficial, ou seja, em até dois pontos por lagoa, utilizando amostrador Van Veen (draga), capaz de escavar substratos grossos, devido ao seu peso elevado e sistema de alavanca. A amostragem deverá ser realizada no sedimento superficial.

Tabela 3 - Parâmetros a serem monitorados nos sedimentos superficiais

PARÂMETRO	UNIDADE
pH	-
Potencial de oxi-redução	mV
Distribuição granulométrica	%
Carbono orgânico total	%
Fósforo total	mg/kg
Nitrogênio total Kjeldahl	µg/kg
HCH (Alfa-HCH)	µg/kg
HCH (Beta-HCH)	µg/kg

PARÂMETRO	UNIDADE
HCH (Delta-HCH)	µg/kg
HCH (Gama-HCH/Lindano)	µg/kg
Clordano (Alfa)	µg/kg
Clordano (Gama)	µg/kg
DDD	µg/kg
DDE	µg/kg
DDT	µg/kg
Dieldrin	µg/kg
Endrin	µg/kg
Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPA)	µg/kg
Hidrocarbonetos Totais de Petróleo (HPT)	mg/kg
Bifenilas Policloradas	µg/kg
Fenóis	mg/kg
Alumínio	mg/kg
Antimônio	mg/kg
Arsênio	mg/kg
Bário	mg/kg
Berílio	mg/kg
Boro	mg/kg
Cádmio	mg/kg
Cromo	mg/kg
Cobalto	mg/kg
Cobre	mg/kg
Estrôncio	mg/kg
Ferro	mg/kg
Chumbo	mg/kg
Manganês	mg/kg

PARÂMETRO	UNIDADE
Mercúrio	mg/kg
Molibdênio	mg/kg
Níquel	mg/kg
Selênio	mg/kg
Prata	mg/kg
Vanádio	mg/kg
Zinco	mg/kg

Materiais e equipamentos necessários para a amostragem

Os materiais e equipamentos necessários para o monitoramento dos parâmetros físicos e químicos dos sedimentos estão apresentados a seguir:

- ✓ Barco, acessórios e equipamentos de segurança do barco (por exemplo, âncora, cabo, motor);
- ✓ Frascaria adequada para cada tipo de análise ou ensaio. O quantitativo de frascos a serem levados para cada campanha de amostragem deverá prever um excedente de pelo menos 20% em relação ao número de amostras a serem coletadas;
- ✓ Caixas térmicas para armazenagem de amostras;
- ✓ Água deionizada (tipo 1) para brancos de campo e limpeza dos equipamentos;
- ✓ Sabão não fosfatado para limpeza dos equipamentos não descartáveis;
- ✓ Sacos ou bolsas de gelo para a conservação de amostra.
- ✓ GPS;
- ✓ Câmera fotográfica;
- ✓ Corda de nylon (20 m);
- ✓ Sonda multiparamétrica calibrada e verificada;

- ✓ Carta-controle contendo informações diárias sobre a verificação dos eletrodos anteriormente ao início das atividades de amostragem;
- ✓ Soluções de calibração e kit de manutenção de multiparâmetro de qualidade de água;
- ✓ Equipamento de filtragem manual;
- ✓ Filtros descartáveis com porosidade de 0,45 µm para filtração em campo de amostras a serem submetidas a análises das frações dissolvidas das substâncias de interesse;
- ✓ Balde de aço inox AISI 316L polido;
- ✓ Garrafa de Van Dorn em aço inox AISI 316L polido;
- ✓ Batiscafo em aço inox AISI 316L polido (para amostras que não podem sofrer aeração);
- ✓ Disco de Secchi;
- ✓ Kit de coleta de sedimentos (trado manual / amostrador Van Veen (draga) ou equivalente);
- ✓ Sacos e/ou jarros de amostragem pré-rotulados;
- ✓ Colher de aço inoxidável;
- ✓ Bacia de aço inoxidável (para misturar amostras compostas de sedimento).

2.1.3 Procedimentos para a Garantia da Qualidade

Procedimento para Descontaminação de Equipamentos

Após as coletas de água e sedimento, todos os equipamentos e ferramentas utilizados em campo, que tiverem contato com as amostras e que não são considerados descartáveis, serão obrigatoriamente descontaminados entre a realização de cada ponto de amostragem, através da utilização de espátulas, esponjas e lavagem com água e detergente alcalino, isento de fosfato. Este procedimento tem como objetivo minimizar a possibilidade de contaminação cruzada entre os pontos de amostragem.

Procedimento para Gerenciamento dos Resíduos Gerados em Campo

Os resíduos sólidos gerados, proveniente das atividades de campo, como equipamentos de proteção individual, (EPI), mangueiras, plástico e papelão, dentre outros, serão recolhidos e descartados devidamente.

Procedimento para Encaminhamento para Análise Laboratorial

Todas as amostras coletadas serão armazenadas em recipientes ou sacos plásticos, devidamente identificadas e mantidas sob refrigeração em caixas de poliestireno antes do transporte final para o laboratório. As amostras serão encaminhadas para laboratório acreditado pela ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005 juntamente com as respectivas cadeias de custódia.

Ressalta-se que os limites de quantificação de cada parâmetro de qualidade de água avaliados serão compatíveis com os padrões de qualidade definidos para águas enquadradas como classe 2 segundo a Resolução CONAMA n° 357/2005 e da Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG n° 01/2008. Além disso, os limites de quantificação para as análises de metais em sedimentos serão também compatíveis com os níveis de classificação estabelecidos na Resolução CONAMA n° 454/2012.

2.1.3 Topobatimetria e nível de água

A topobatimetria e a medição do nível de água devem ser realizadas através do sistema de ecobatímetro multifeixe ou tecnologia similar. Para as lagoas que apresentarem lâmina d'água inferior a 50 cm deve ser utilizado o sistema RTK (*real time Kinematic*) de alta precisão, que consiste em técnica de posicionamento e navegação GNSS, baseada na medição de fase da onda portadora dos sinais dos satélites, a qual é corrigida e enviada por uma estação de referência (BASE) a um segundo receptor GNSS (ROVER), através da transmissão dos dados de correção via rádio, permitindo-se obter uma acurácia horizontal e vertical de cerca de 0,02 metro. Os levantamentos devem abranger uma área adjacente (buffer) de, no mínimo, 5 metros do entorno de cada lagoa. Estes levantamentos irão ocorrer uma vez por ano de amostragem. As campanhas deverão ocorrer durante o período seco.

Materiais e equipamentos

Os materiais e equipamentos necessários para a topobatimetria e medição do nível de água estão apresentados a seguir:

- ✓ Barco, acessórios e equipamentos de segurança do barco (por exemplo, âncora, cabo, motor);
- ✓ GPS;
- ✓ Câmera fotográfica;
- ✓ Ecobatímetro multifeixe / tecnologia similar e/ou sistema RTK.

2.2 Aspectos bióticos

2.2.1 Grupos faunísticos e florísticos bioindicadores

Para o monitoramento de aspectos relativos ao meio biótico foram selecionados elementos e grupos taxonômicos capazes de prover indicações relativas à condição de cada lagoa individualmente, sendo estes a ‘condição da cobertura vegetal do entorno das lagoas’ e os grupos biológicos indicadores ‘fitoplâncton’, ‘macrófitas aquáticas’, ‘macroinvertebrados bentônicos; formas adultas de Odonata (libélulas)’, ‘anfíbios anuros’ e ‘peixes’, todos amplamente utilizados em programas de monitoramento da biodiversidade em lagoas (OERTLI *et al.* 2005; De MARCO *et al.* 2014; VAN ONSEM; TRIEST 2015). Conjuntamente, os temas selecionados visam permitir a interpretação de respostas da biodiversidade frente à condição da água e aspectos estruturais e funcionais das lagoas.

Para vários dos grupos indicadores selecionados, são relativamente escassas as referências na literatura técnico-científica no contexto e região específica em foco. No entanto, cabe destacar alguns estudos realizados pela Fundação Renova contemplando ambientes fluviais e ripários do rio Gualaxo do Norte, incluindo os estudos de monitoramento conduzidos por Bicho do Mato (2019, 2020), no âmbito da ‘Avaliação dos Impactos e Monitoramento da Fauna e Flora Terrestres nos Estados de Minas Gerais e Espírito Santo’, onde constam estudos para formas larvais e adultas de Ephemeroptera, Trichoptera e Odonada, além de anfíbios; Aplysia 2019, com dados para a ictiofauna e macroinvertebrados bentônicos em trechos selecionados do rio Gualaxo do Norte; Ecology Brasil (2019), no âmbito do Programa de Monitoramento Quali-Quantitativo Sistemático – PMQQS,

contemplando o monitoramento do fitoplâncton e macroinvertebrados bentônicos; e Econservation (2018), trazendo dados de monitoramento de fitoplâncton, macroinvertebrados bentônicos e peixes para a porção do alto rio Doce.

Diferentes procedimentos e métodos são propostos nas Seções seguintes para o estudo de cada um dos grupos indicadores selecionados.

2.2.2 Implicações da heterogeneidade ambiental das unidades alvo

A heterogeneidade de condições e biotas associadas é uma característica comum entre lagoas de um sistema lacustre, fato que lhes confere elevada relevância para a conservação da biodiversidade no âmbito de paisagens ecológicas (WILLIAMS *et al.* 2004; BIGGS *et al.* 2005), superando outros tipos de corpos d'água em número de espécies e, segundo Céréghino *et al.* (2007), também em número de espécies raras.

No sistema lacustre em foco, em particular, observa-se grande heterogeneidade de condições apresentadas pelas unidades alvo do monitoramento, sendo este um aspecto de fundamental importância para o escopo a ser trabalhado. Ali constam lagoas que foram completamente assoreadas com o rompimento da barragem de Fundão e que, atualmente, encontram-se tomadas por vegetação terrestre, ou por um misto de vegetação terrestre e espécies higrófilas; lagoas assoreadas tomadas por formações tipicamente higrófilas, porém sem a constituição de espelho d'água; formações brejosas constituídas em áreas alagadas rasas; e, finalmente, unidades alvo dotadas de estrutura típica de lagoas, com espelho d'água contínuo, zona de maior profundidade e zonas litorâneas diferenciadas - como, por exemplo, lagoas formadas pela atividade garimpeira após o rompimento da barragem, assim como as lagoas não afetadas ou 'lagoas branco', aqui consideradas. Ainda, o conjunto de unidades alvo contém lagoas de diferentes tamanhos e hidroperíodos (formações úmidas perenes e temporárias), e que se conectam ao rio Gualaxo em diferentes tempos de recorrência de episódios de cheia (**Tabela 1**). Adicionando ainda maior complexidade ao quadro, espera-se que, com as intervenções planejadas, ocorra expressiva alteração da condição apresentada pelas nove lagoas alvo das ações de recuperação.

Este quadro traz implicações para a definição dos protocolos a serem implementados em cada contexto, bem como para a análise dos resultados e avaliação da efetividade das ações de recuperação

ambiental. No caso, prevê-se que a comparabilidade dos cenários pré e pós-intervenção a partir de métricas e índices ecológicos será dificultada pela heterogeneidade presente dentro e entre conjuntos de unidades alvo dos grupos controle, intervenção e referência.

Dessa forma, para a avaliação dos resultados das intervenções, o esforço analítico deverá contemplar a identificação e caracterização de padrões e gradientes de condições configuradas pelo rol de unidades alvo em consideração ao modelo conceitual de recuperação referido na **Seção 1.4**, cuja fundamentação é atrelada ao entendimento de processos sucessionais em ambientes lacustres.

No caso:

- ✓ as três ‘lagoas branco’ constituem uma aproximação (ambientes análogos) a ecossistemas lacustres de referência, não afetados pelo rompimento de Fundão, consistindo de lagoas naturalizadas, em estágio intermediário de sucessão, originadas ou não do garimpo;
- ✓ as duas lagoas recentemente formadas pelo garimpo em área afetada constituem um controle para o estágio sucessional inicial típico das lagoas de garimpo originais;
- ✓ o conjunto das 18 lagoas afetadas representa, no cenário anterior à implementação das intervenções previstas, o gradiente de estágios sucessionais tardios configurados sobre o sistema lacustre após o rompimento da barragem de Fundão;
- ✓ Do conjunto acima, as 9 lagoas alvo das intervenções constituem, no cenário anterior à implementação das intervenções, a condição frente à qual serão confrontados os resultados do manejo realizado; após implementação das intervenções, estas configurarão ecossistemas lênticos em estágio sucessional inicial, cujo manejo visa a maximização das possibilidades de ocupação pela biodiversidade lacustre.

Assim, na análise dos dados bioecológicos deverão ser considerados tanto aspectos quantitativos como qualitativos pertinentes à estrutura (*e.g.*, riqueza taxonômica, densidades e abundâncias relativas, composição de tamanhos ou estágios de desenvolvimento, entre outros) e composições taxonômica e funcional (*e.g.*, categorias funcionais ou guildas) das comunidades e papel bioindicador de táxons associados aos ecossistemas em questão, buscando-se a interpretação de padrões em consideração ao arcabouço elencado acima.

2.2.3 Aspectos relativos ao esforço amostral

Para os grupos indicadores ‘macrófitas aquáticas’, ‘macroinvertebrados bentônicos’, ‘formas adultas de Odonata (libélulas)’ e ‘anfíbios anuros’ adota-se, como diretriz geral para uma alocação equitativa do esforço amostral nas lagoas, a identificação dos principais tipos de micro habitats presentes, buscando-se uma adequada representação da heterogeneidade ambiental presente (DE MARCO *et al.* 2014).

Nos casos em que a unidade alvo consista em uma ‘lagoa branco’ (3 unidades alvo ao todo) ou uma lagoa recuperada, onde a coluna d’água é maior (*e.g.*, de 1,5 m a 3 m de profundidade nas ‘lagoas branco’), os transectos amostrais deverão ser estabelecidos na sua zona litorânea, posicionados paralelamente à margem sobre os diferentes tipos de habitat, sempre que possível, até 2 m dentro das lagoas.

Para as lagoas fortemente assoreadas (*e.g.*, lagoas controle), em que a coluna d’água se restringe, na maioria das vezes, a poucas dezenas de centímetros, não se aplica a distinção de zonas litorâneas, de forma que os micro habitats presentes podem ser reconhecidos e amostrados ao longo de toda a sua extensão. As amostras deverão então ser tomadas dentro dos limites do polígono correspondente ao espelho d’água original, ou seja, nos limites do espelho d’água que a lagoa apresentava no cenário pretérito ao rompimento da barragem de Fundão, utilizando polígonos elaborados por Jacobs/CH2M (2017), como referido em Golder (2021b).

Diferentes categorias de habitat podem ser identificadas com foco nos requerimentos dos diferentes grupos indicadores a serem monitorados, sendo esta categorização necessária apenas como forma de garantir que os tipos relevantes de habitat para cada grupo bioindicador sejam adequadamente amostrados. A título de exemplo, em um estudo da biodiversidade em lagoas envolvendo múltiplos táxons, De Marco *et al.* (2014) elencaram como principais categorias de habitat:

- ✓ Áreas com macrófitas emergentes;
- ✓ Áreas brejosas cobertas pela macrófita *Typha dominguensis* (taboa);
- ✓ Áreas com macrófitas flutuantes;

- ✓ Áreas com macrófitas submersas;
- ✓ Áreas marginais sombreadas pela cobertura arbórea;
- ✓ Áreas perturbadas onde a cobertura vegetal marginal é praticamente ausente.

Dessa forma, a amostragem a ser executada deve prever uma alocação equitativa de esforço/tempo segundo as diferentes categorias de habitat reconhecidas no local. Assim, o esforço amostral previsto - seja na forma de busca ativa por unidade de tempo ou esforço (*e.g.*, no caso dos anfíbios anuros, macroinvertebrados bentônicos e odonatos adultos), ou de área amostrada em parcelas (*e.g.*, macrófitas aquáticas) -, deve ser alocado proporcionalmente à representação dos diferentes tipos de habitat presentes nas lagoas.

No caso da comunidade planctônica, tendo em vista a pequena dimensão das lagoas, o protocolo poderá se resumir a um único ponto de coleta, conforme referido na **Seção 2.2.6**.

No caso da ictiofauna prevê-se que, em função da heterogeneidade de condições apresentadas pelas unidades alvo do monitoramento (*e.g.*, áreas brejosas rasas; lagoas assoreadas, perenes ou não; até lagoas de constituição mais típica, como as ‘lagoas branco’ e as lagoas recuperadas), será necessária a aplicação de distintos conjuntos de técnicas e aparatos (artes de pesca), conforme os tipos de habitat presentes nos cenários anterior e posterior às intervenções previstas. Dessa forma, o monitoramento da ictiofauna deverá prever, como etapa inicial, a definição de artes de pesca e níveis de esforço a serem aplicados ao contexto específico de cada unidade-alvo (**Seção 2.2.11**).

Coleta de espécimes testemunho

A coleta de espécimes testemunho é, em muitas situações, essencial para a correta determinação taxonômica. Assim, prevê-se a necessidade de coleta de exemplares pertinentes a grupos de taxonomia complexa ou de difícil determinação em campo, que demandem comparações com espécimes já tombados em coleções científicas, observando-se limites explicitados pelas autoridades competentes nas respectivas licenças de captura e coleta. Nesses casos, os indivíduos coletados deverão ser eutanasiados seguindo as normativas pertinentes e fixados conforme técnicas usuais de preparação,

registrados e encaminhados para tombamento em coleções científicas junto às instituições depositárias determinadas nas licenças de pesquisa.

Prevenção contra dispersão de espécies exóticas

A entrada de espécies invasoras pode resultar em impactos sobre a biodiversidade nativa associada às lagoas. Assim, é importante cuidar para que este risco seja minimizado quando da realização dos protocolos de amostragem, em especial considerando que várias lagoas podem ser amostradas em sequência, em uma mesma campanha. Dessa forma, os equipamentos e materiais utilizados nas amostragens deverão ser checados e limpos anteriormente à sua utilização em cada lagoa, para eventual remoção de sedimentos, organismos vivos e seus propágulos, incluindo fragmentos de vegetação, sementes, desovas etc.

2.2.5 Condição da cobertura vegetal no entorno das lagoas e morfologia das lagoas e calha fluvial adjacente

A condição da cobertura vegetal será documentada anualmente por meio de levantamento aerofotogramétrico utilizando aeronaves remotamente pilotadas (RPA / drone), abrangendo um raio mínimo de 10 metros do perímetro de cada lagoa alvo.

O imageamento por drone deverá atender, ainda, às necessidades de documentação da condição geral das lagoas, da calha fluvial adjacente e de eventuais canais de conexão entre as lagoas e o rio Gualaxo do Norte, permitindo detectar eventuais alterações de ordem morfológica deflagradas por processos hidrológicos. Dessa forma, a abrangência do imageamento em cada unidade alvo deve ser ajustada de forma a contemplar este propósito.

Das imagens obtidas e processadas serão extraídas métricas referentes ao percentual de cobertura vegetal e porte da vegetação na área imageada. Tomando por referência o esforço de mapeamento realizado para a constituição de linha de base, em maio de 2020 (GOLDER, 2021a), o monitoramento da cobertura vegetal do entorno será feito a partir de planos de voo de malha dupla (*double grid*), sendo os sobrevoos realizados entre 80 e 90 m de altura, respeitando obstáculos

identificados em campo, resultando em um GSD (*Ground Sample Distance*) com elevada resolução espacial (por exemplo, variando entre 2,25 e 2,5 cm/pixel).

Para uma adequada calibração das imagens com relação às tipologias da cobertura vegetal adjacente às lagoas, deverá ser realizada anualmente uma averiguação expedita em campo, onde estas tipologias deverão ser caracterizadas quanto às principais espécies formadoras do aspecto fitofisionômico.

A documentação do grau de cobertura vegetal nas áreas imageadas será baseada na leitura correspondente à vegetação, utilizando contagem de pixels, sendo os totais confrontados com aqueles obtidos em episódios anteriores de monitoramento. Nesse propósito, será obtido um índice de cobertura de vegetação. Poderão ainda ser utilizados diferentes recursos de processamento (*i.e.*, algoritmos) para aproximação (*proxy*) de leituras pertinentes à saúde da vegetação, como os índices NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) ou VARI (*Visible Atmospherically Resistant Index*), baseados na refletância da vegetação versus solo exposto, a partir de imagens RGB (*red-green-blue*).

Para a documentação do porte da cobertura vegetal, as imagens obtidas a cada episódio de monitoramento serão sobrepostas ao modelo digital de elevação (MDS) gerado em maio de 2020, que constituirá a linha de base do monitoramento, possibilitando averiguar diferenças alcançadas no desenvolvimento da cobertura vegetal - em altura e, também, em volume - frente ao cenário inicialmente documentado (linha de base) e entre episódios de monitoramento.

O imageamento aéreo ocorrerá uma vez ao ano, entre janeiro (período chuvoso) e abril (final do primeiro mês do período seco).

Materiais e equipamentos

Os materiais e equipamentos necessários são listados abaixo:

- ✓ GPS

- ✓ Drone quadricóptero (multirrotores), como por exemplo Phantom 4 Pro da DJI, para registro fotográfico e levantamento da área para obtenção de modelo digital de superfície e ortomosaico
- ✓ Software para processamento de imagens, como por exemplo: Pix4D Mapper Pro, DroneDeploy, Agisoft Metashape (antigo Photoscan)

2.2.6 Fitoplâncton

A amostragem do fitoplâncton será realizada em um único ponto em cada lagoa, preferencialmente na sua porção mais profunda. Estes pontos deverão ser geolocalizados, de forma a permitir sua reamostragem a cada campanha.

Deverão ser utilizadas, complementarmente, abordagens amostrais qualitativa e quantitativa para o monitoramento da comunidade fitoplanctônica, seguindo a metodologia adotada no Programa de Monitoramento Quali-Quantitativo Sistemático – PMQQS (GOLDER, 2017), que abrange uma rede de ambientes lóticos e lênticos na bacia do rio Doce.

A retirada da amostra fitoplanctônica será feita na sub-superfície (cerca de 20 cm de profundidade) dos corpos d'água com garrafa Van Dorn. Para as análises qualitativas, um volume suficiente de amostra será filtrado em rede de plâncton, com abertura de malha de 20 µm e fixadas com formol a 5 %, ou o material será coletado pela passagem da rede diretamente na sub-superfície da água. Para o estudo quantitativo do fitoplâncton, amostras de 1 litro serão acondicionadas em frascos escuros e fixadas com solução de lugol-acético.

Amostras qualitativas serão avaliadas sob microscopia óptica de campo claro. Os organismos fitoplanctônicos deverão ser identificados, sempre que possível, em nível específico, seguindo literatura específica relevante (*e.g.*, KOMÁREK; ANAGNOSTIDIS 1989, 1998 e 2005; ROUND *et al.* 1990; ROUND 1971; ROUND 1965, dentre outras).

Para a análise quantitativa, a contagem do fitoplâncton deverá ser realizada nas amostras que foram acondicionadas em frascos escuros e preservadas em lugol acético 0,5 %, utilizando-se um microscópio invertido, de acordo a metodologia descrita por Utermöhl (1958). Os organismos devem

ser contados sob o aumento de 400 vezes, com o auxílio de retículo de Whipple aferido com régua micrométrica calibrada, com contagem em campos ou transectos, garantindo a precisão dos resultados. Durante a contagem deve ser estabelecido um limite de precisão de duas maneiras, através da curva de rarefação das espécies, ou seja, adicionando novas unidades de contagem (campos ou transectos) até a estabilização de ocorrência de espécies na análise, bem como pelo estabelecimento de um número mínimo de 100 indivíduos da espécie dominante contados de modo a se determinar erro padrão de até 20% na contagem, obtido por meio da seguinte fórmula (APHA 2005, CETESB 2005):

- a. Erro na contagem, de acordo com a Equação 1:

$$E = \left(\frac{2}{\sqrt{N}} \right) \cdot 10 \quad (1)$$

Em que:

- b. (E) denota o erro na contagem, em %;
- c. (N) denota o número unidades constatadas.
- d. As identificações dos organismos fitoplanctônicos devem ser feitas em nível específico, sempre que possível. Os sistemas de classificação recomendados são: Round (1971) para as classes de Chlorophyta; Round (1990) para Bacillariophyta; Komárek & Anagnostidis (1989, 1998 e 2005) para Cyanobacteria; e o de Round (1965) para as demais classes.

Espécies abundantes e dominantes: considerando espécies dominantes aquelas cujas densidades são maiores do que 50% da densidade total da comunidade e espécies abundantes aquelas cujas densidades superam a densidade média das populações de cada amostra, conforme Lobo & Leighton (1986);

Frequência de Ocorrência: considerando a relação entre o número de ocorrências de uma dada espécie e o número total de amostras analisadas. As espécies constantes são aquelas onde $F > 50\%$; as comuns, $10\% < F < 50\%$; e as raras, quando $F < 10\%$. Calculados através da Equação 2:

$$F = \left(\frac{P_i}{P_t} \right) \cdot 100 \quad (2)$$

Em que:

- e. (F) denota a frequência de ocorrência;
- f. (P_i) denota o número de amostras em que a espécie *i* está presente;
- g. (P_t) denota o número total de amostras analisadas.

Materiais e equipamentos

Os materiais e equipamentos necessários para o monitoramento do fitoplâncton estão apresentados a seguir:

- ✓ GPS
- ✓ Lugol acético
- ✓ Formalina 5%
- ✓ Rede de plâncton com malha de 20 µm de interstício.
- ✓ Frasco de polietileno
- ✓ Sacos plásticos médios
- ✓ Água destilada
- ✓ Pisseta
- ✓ Balde (60l)
- ✓ Luvas cirúrgicas descartáveis
- ✓ EPI: Perneiras, luvas, salva-vidas, colete refletivo, luvas de couro, protetor solar, óculos escuros, repelente de insetos
- ✓ Facão
- ✓ Caixa organizadora
- ✓ Caixa para freezer

- ✓ Caixa de isopor 17 litros
- ✓ Seringas médias

2.2.7 Macrófitas aquáticas

Deverão ser utilizadas, complementarmente, abordagens amostrais qualitativa e quantitativa para o monitoramento da comunidade de macrófitas aquáticas.

Na abordagem qualitativa, deverão ser registradas, em caminhamento ao longo do perímetro das lagoas e em áreas brejosas, as espécies de macrófitas ocorrentes nas unidades alvo selecionadas.

Para a abordagem quantitativa, será empregada na amostragem da flora de macrófitas a metodologia adaptada por De Marco *et al.* (2014) a partir da abordagem PLOCH (OERTLI *et al.* 2005), desenvolvida para a avaliação da condição ambiental em lagoas.

Em um caminhamento ao redor da unidade alvo, deverão ser identificados os tipos de micro habitats presentes, de forma a garantir que as amostras representem a heterogeneidade ambiental correspondente à unidade alvo. Como referência, as principais categorias de habitat reconhecidas por De Marco *et al.* (2014) são referidas na **Seção 2.2.3**. Outras categorias poderão ser adotadas quando pertinente.

Nos casos em que a unidade alvo consista em uma ‘lagoa branco’ (3 unidades alvo ao todo), uma lagoa recuperada ou as lagoas de garimpo recentes, onde a coluna d’água é maior, os transectos amostrais deverão ser estabelecidos na sua zona litorânea, posicionados paralelamente à margem sobre os diferentes tipos de habitat, sempre que possível, até 2 m dentro das lagoas.

Para as lagoas assoreadas (*e.g.*, lagoas controle), em que a coluna d’água se restringe, na maioria das vezes, a poucas dezenas de centímetros, não se aplica a distinção de zonas litorâneas, de forma que os micro habitats presentes podem ser reconhecidos e amostrados ao longo de toda a sua extensão.

Amostras quantitativas deverão ser tomadas por meio de parcelas quadradas de 0,5 m x 0,5 m (0,25 m²), dispostas a intervalos regulares de distância em transectos posicionados sobre os diferentes habitats identificados.

Uma estimativa do número mínimo de parcelas a serem amostradas em cada unidade alvo é apresentada na **Tabela 1**, com base na metodologia empregada por De Marco *et al.* (2014), sendo o número total de amostras em cada lagoa estabelecido com base na sua área, utilizando a seguinte fórmula:

$$n = 2^{\log_{10}(S)+1}$$

Onde **n** é o número de amostras requeridas em uma lagoa de área **S**.

Para as lagoas alvo do presente programa de monitoramento, a estimativa apresentada na **Tabela 1** tem por base o tamanho da lagoa no cenário pretérito ao rompimento da barragem de Fundão, fornecido por Jacobs CH2M (2017).

Em cada parcela deverá ser obtida a listagem de espécies incidentes, e estimada a cobertura de cada espécie na parcela, usando a seguinte escala:

0 = ausente;

1 = 0 a 20% de cobertura;

2 = 21 a 40% de cobertura;

3 = 41 a 60% de cobertura;

4 = 61 a 80% de cobertura;

5 = 81 a 100% de cobertura.

Materiais e equipamentos

Os materiais e equipamentos necessários para o monitoramento de herpetofauna estão apresentados a seguir:

- ✓ Câmera fotográfica
- ✓ GPS

- ✓ Moldura de 50 cm x 50 cm de madeira ou PVC (parcela quadrada)
- ✓ Frascos de polietileno
- ✓ Sacos plásticos médios
- ✓ Luvas de trabalho
- ✓ Lupa
- ✓ EPI: Perneiras, luvas, salva-vidas, colete refletivo, luvas de couro, protetor solar, óculos escuros, repelente de insetos
- ✓ Fita de marcação
- ✓ Facão
- ✓ Bainha de facão
- ✓ Lima
- ✓ Caixa organizadora
- ✓ Prancha para exsiccatas
- ✓ Tesoura de poda

2.2.8 Macroinvertebrados Bentônicos

Em um caminhamento ao redor da unidade alvo, deverão ser identificados os tipos de micro habitats presentes, de forma a garantir que as amostras representem a heterogeneidade ambiental correspondente à unidade alvo. O número de amostras a serem tomadas em cada lagoa (ver **Tabela 1**) deve ser distribuído proporcionalmente em função da extensão de cada micro-habitat.

As amostras serão tomadas utilizando rede com moldura em formato D (D-frame net) com malha de 500 μm , em curtos lances de arrasto tomados durante 30 segundos em cada ponto amostral/habitat.

As amostras colhidas serão fixadas em etanol 80% e posteriormente triadas em laboratório para a identificação dos táxons presentes e contagem de indivíduos por táxon. Para análise do material, as

amostras de sedimento devem ser lavadas com água corrente em rede com malha 0,25 mm, reduzindo o volume da amostra ao eliminar partículas orgânicas e inorgânicas finas. No processo de triagem, caso o número de organismos na amostra seja muito elevado, poderá ser adotado procedimento de homogeneização da amostra e partição do conteúdo amostral em alíquotas, registrando-se os dados de abundância relativa por táxon até o limite máximo de 300 organismos por amostra composta / habitat (BARBOUR, 1999).

A determinação taxonômica deverá ser feita com o auxílio de lupa e microscópio óptico até o menor nível taxonômico possível com base na literatura especializada relevante, tendo-se família como nível mínimo - à exceção de táxons de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera, que deverão ser identificados ao nível mínimo de gênero.

Os organismos identificados deverão também ser classificados quanto ao seu enquadramento em grupos funcionais ou grupos tróficos funcionais (*e.g.*, raspadores, fragmentadores, coletores-catadores, coletores-filtradores, predadores, conforme MERRITT; CUMMINS, 1996; CUMMINS; MERRITT; ANDRADE, 2005; MERRITT; CUMMINS; BERG 2008; BAPTISTA *et al.* 2006; SHIMANO *et al.*, 2012; RAMIREZ *et al.*, 2014, de forma a permitir uma interpretação funcional das comunidades amostradas.

Para a comunidade bentônica deverá também ser aplicado o Índice Multimétrico Bentônico (IBM), que consiste na avaliação de um conjunto de métricas bentônicas como: riqueza; % Oligochaeta; % CHOL (Chironomidade + Oligochaeta); % EPT (Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera); % Coletores-catadores; e BMWP-CETEC (Biological Monitoring Working Party - Centro Tecnológico de Minas Gerais), segundo Ferreira (2009). No caso, as porcentagens representam as proporções dos organismos utilizados para compor o índice em relação à fauna total, segundo Ferreira *et al.* (2012).

A métrica BMWP-CETEC corresponde ao escore atribuído a cada família de acordo com a lista de Junqueira *et al.* (1998), considera a presença/ausência das famílias de macroinvertebrados bentônicos, atribuindo um valor de 0 a 10 conforme seu grau de tolerância ou sensibilidade a poluentes (sendo o valor 1 atribuído aos organismos mais tolerantes e o valor 10 aos organismos mais sensíveis

aos impactos) (METCALFE 1989). Junqueira *et al.* (2018) adaptaram o índice em estudo relativo ao alto rio Doce, assim como o Índice Saprobial Minas-Rio - ISMR (JUNQUEIRA *et al.*, 2018; JUNQUEIRA; FRIEDRICH 2011; JUNQUEIRA; FRIEDRICH; PEREIRA DE ARAUJO 2010). Aínda, Bicho do Mato (2019) aplicaram o índice no estudo relativo à avaliação dos impactos do rompimento da barragem de Fundão e monitoramento da fauna e flora terrestres nos estados de Minas Gerais e Espírito Santo.

Para aplicação do Índice Multimétrico Bentônico (IBM), atribui-se a cada métrica que integra o índice a classificação em escores (1, 3 ou 5) de acordo com as respostas dos organismos frente aos impactos, segundo Ferreira (2009). O somatório dos resultados dos escores atribuídos às métricas deve ser dividido em quatro categorias, que refletem as condições da qualidade da água. Assim um resultado de 6-12 reflete condição de água "ruim"; 13-18 água "regular"; 19-24 água "boa" e 25-30 água "muito boa".

Materiais e equipamentos

Os materiais e equipamentos necessários para o monitoramento de macroinvertebrados bentônicos são apresentados a seguir:

- ✓ Câmara fotográfica
- ✓ GPS
- ✓ Rede com moldura em formato D, com malha de aresta de 500 μ
- ✓ Frascos de polietileno
- ✓ Bandejas plásticas
- ✓ Sacos plásticos médios
- ✓ Luvas cirúrgicas descartáveis
- ✓ Álcool 80%
- ✓ Lupa
- ✓ Pinças

- ✓ EPI: Perneiras, luvas, salva-vidas, colete refletivo, luvas de couro, protetor solar, óculos escuros, repelente de insetos
- ✓ Fita de marcação
- ✓ Facão
- ✓ Bainha de facão
- ✓ Lima
- ✓ Caixa organizadora
- ✓ Caixa para freezer
- ✓ Caixa de isopor 17 litros
- ✓ Pinças grandes
- ✓ Seringas pequenas

2.2.9 Formas Adultas de Odonata

A amostragem de formas adultas de Odonata (libélulas) será restrita às ocasiões de coleta pertinentes ao período chuvoso (outubro a março). As campanhas para monitoramento de formas adultas de odonatas, bem como as campanhas de monitoramento de anurofauna (Seção 2.2.10) irão ocorrer imediatamente antes das campanhas de monitoramento de aspectos físicos e químicos e demais aspectos bióticos, de modo a minimizar a possibilidade de afugentamento da fauna.

Em um caminhar ao redor da unidade alvo, deverão ser identificados os tipos de micro habitats presentes, de forma a garantir que as amostras representem a heterogeneidade ambiental correspondente à unidade alvo. O número de amostras a serem tomadas em cada lagoa (ver **Tabela 1**) deve ser distribuído proporcionalmente em função da extensão de cada micro-habitat.

Os registros deverão ser tomados por ponto / habitat. As amostragens ocorrerão ao longo do perímetro da lagoa em segmentos de 5 m distribuídos dentro dos diferentes tipos de micro-habitat previamente identificados (ver **Seção 2.2.3**).

Nos casos em que a unidade alvo consista em uma ‘lagoa branco’ (3 unidades alvo ao todo), uma lagoa recuperada ou a lagoa de garimpo recente, onde a coluna d’água é maior, os transectos amostrais deverão ser estabelecidos na sua zona litorânea, posicionados paralelamente à margem sobre os diferentes tipos de habitat, sendo a área abrangida em cada segmento correspondente a 2 m da área terrestre a partir da borda da lagoa e 5 m lagoa adentro. Nos casos em que a lagoa apresente largura inferior a 5 m deverão ser selecionados os melhores pontos de ação, cuidando-se para que não haja contagem dupla.

Para as lagoas assoreadas (*e.g.*, lagoas controle), em que a coluna d’água se restringe, na maioria das vezes, a poucas dezenas de centímetros, não se aplica a distinção de zonas litorâneas, de forma que os micro habitats presentes podem ser reconhecidos e amostrados ao longo de toda a sua extensão.

As coletas serão realizadas entre 10:00 h e 15:00 h, sempre em condição de temperatura do ar superior a 19°C (DE MARCO *et al.* 2014), evitando-se a coleta em períodos chuvosos ou com nebulosidade superior a 60%. A temperatura do ar e o grau de nebulosidade (estimado) devem ser registrados ao início de cada coleta.

Os adultos de cada espécie serão contados visualmente e, para as espécies não reconhecidas ou de identificação dúbia, os indivíduos deverão ser capturados utilizando redes entomológicas (em especial as espécies de pequeno tamanho). Quando grandes números de odonatos estão presentes, uma contagem precisa por espécie pode se tornar difícil. Nesses casos, registros por aproximação devem ser anotados como tal. Evidências de atividade reprodutiva devem ser registradas por espécie (pares em cópula, fêmeas em oviposição, exuvias).

Os exemplares coletados serão acondicionados em envelopes e posteriormente mortos em frascos com acetato de etila, onde permanecem de 24h a 48h para fixação da coloração. Após secagem, os exemplares serão acondicionados em envelopes entomológicos.

Materiais e equipamentos

Os materiais e equipamentos necessários para o monitoramento de formas adultas de Odonata são apresentados a seguir:

- ✓ Câmara fotográfica
- ✓ GPS
- ✓ Redes entomológicas (Puçás)
- ✓ Frascos de polietileno pequenos
- ✓ Acetado de Etila
- ✓ Envelopes entomológicos
- ✓ Luvas cirúrgicas descartáveis
- ✓ Lupa de mão
- ✓ Pinças
- ✓ EPI: Perneiras, luvas, salva-vidas, colete refletivo, luvas de couro, protetor solar, óculos escuros, repelente de insetos
- ✓ Fita de marcação
- ✓ Facão
- ✓ Bainha de facão
- ✓ Lima
- ✓ Caixa organizadora
- ✓ Caixa para freezer
- ✓ Caixa de isopor 17 litros
- ✓ Seringas pequenas

2.2.10 Anurofauna

A amostragem da anurofauna será restrita às ocasiões de coleta pertinentes ao período chuvoso (outubro a março), sendo executada entre 20:00 h e 00:00 h, a partir de registros por visualização e/ou vocalizações. No início da procura em cada unidade alvo serão medidas a temperatura e umidade relativa do ar, utilizando um termo-higrômetro digital.

As campanhas para monitoramento de anurofauna, bem como as campanhas de monitoramento de formas adultas de odonatas (Seção 2.2.9) irão ocorrer imediatamente antes das campanhas de monitoramento de aspectos físicos e químicos e demais aspectos bióticos, de modo a minimizar a possibilidade de afugentamento da fauna.

Em um caminhar ao redor da unidade alvo, deverão ser identificados e demarcados os tipos de micro habitats pertinentes, de forma a garantir que a amostragem a ser realizada no período noturno represente a heterogeneidade ambiental correspondente.

A amostragem consistirá em busca ativa limitada por tempo, realizada em caminhar ao redor de cada unidade alvo. O esforço será proporcional à extensão do perímetro de cada lagoa, não devendo ser inferior a 50 minutos e não ultrapassando 02 horas. Indivíduos vocalizando em lagoas próximas não serão incluídos, porém podem ser tomados na forma de registros complementares, para efeito de contextualização. Para as lagoas assoreadas (*e.g.*, lagoas controle), o esforço poderá abranger micro habitats presentes em sua área interna, quando pertinente.

Para cada lagoa deverão ser coletados dados para o número de machos vocalizando por espécie, sempre que possível distinguindo os registros por tipo de micro-habitat. Deverão ser registradas evidências relativas à atividade reprodutiva, tais como comportamento de corte, amplexos, desovas e girinos.

A coleta de indivíduos como material testemunho deverá seguir o exposto na Resolução 301, de 08 de dezembro de 2012 do Conselho Federal de Biologia (CFBIO 2012), adotando como procedimento de eutanásia a aplicação de hiperdosagem de anestésico (lidocaína 5%), sendo posteriormente fixados em formalina 10% e preservados em álcool etílico 70% (MCTIC 2018).

Materiais e equipamentos

Os materiais e equipamentos necessários para o monitoramento de anurofauna estão apresentados a seguir:

- ✓ Lanternas de mão

- ✓ Lanternas de cabeça
- ✓ Câmara fotográfica
- ✓ GPS
- ✓ EPI: Perneiras, luvas, colete salva-vidas, colete refletivo, luvas de couro, protetor solar, óculos escuros, repelente de insetos
- ✓ Sacos plásticos médios
- ✓ Fita de marcação
- ✓ Facão
- ✓ Caixa organizadora
- ✓ Luvas descartáveis
- ✓ Caixa de isopor
- ✓ Seringas médias
- ✓ Bandejas fixação c/ tampa
- ✓ Bombona

2.2.11 Ictiofauna

Tendo em vista que o conjunto de 23 unidades alvo do presente monitoramento apresentam características heterogêneas com respeito ao tamanho, formato, profundidade e hidroperíodo – estando nelas representado um amplo gradiente de situações, como formações brejosas, áreas alagadas rasas e lagoas de diferentes portes a serem recuperadas – não será possível adotar um conjunto único de técnicas e aparatos amostrais para o monitoramento da ictiofauna. Tampouco será possível estabelecer, de antemão, quais petrechos e quais níveis de esforço deverão ser aplicados em cada uma das lagoas para se amostrar, satisfatoriamente, a ictiofauna presente. Ainda, a depender do contexto específico (*i.e.*, hidroperíodo da lagoa), poderá ser necessário utilizar um conjunto distinto de técnicas e aparatos em diferentes épocas do ano.

Dessa forma, o plano de monitoramento da ictiofauna deverá prever, com base na realidade apresentada em campo, esforço inicial para definição de protocolo amostral específico em cada uma das unidades alvo, incluindo as técnicas, aparatos e respectivos níveis de esforço a serem empregados nos diferentes ambientes nelas ocorrentes.

Poderão ser realizados os seguintes tipos de amostragem:

Amostragem Ativa: Utilizando puçá, peneira, tarrafa ou rede de arrasto tipo picaré, podendo estas serem utilizadas complementarmente, quando cabível. Deverá ser definida a abertura da malha e nível de esforço empregado: número mínimo de lances e abertura da malha, no caso de puçá, peneira e tarrafa; abertura da malha, área de cobertura e/ou duração do arrasto e intervalo de tempo entre arrastos, no caso do picaré.

Amostragem Passiva: Utilizando covos e/ou redes de emalhar, nas lagoas onde a dimensão do corpo de água permitir esse tipo de amostragem, devendo ser definidas as dimensões e abertura das malhas mais adequadas, tempo e período de exposição, e intervalo de tempo para checagem das redes.

Os resultados das capturas deverão ser registrados por lagoa, habitat e tipo de petrecho utilizado. As espécies de peixes presentes deverão ser identificadas em campo, sendo os indivíduos mensurados e liberados em seguida, no local de captura.

Indivíduos de espécies exóticas/invasoras, exemplares selecionados de espécies para composição de material testemunho (incluindo exemplares de táxons cuja identificação em campo não foi possível) deverão ser sacrificados seguindo Diretriz da Prática de Eutanásia do Conselho de Controle de Experimentação Animal (CONCEA, 2013), consistindo em dose letal do anestésico Eugenol, e fixados em formalina 10% para posterior processamento de dados em laboratório. Os exemplares com mais de 15 cm de comprimento, terão formol injetado dentro da cavidade abdominal e na musculatura.

As coletas dos espécimes da ictiofauna deverão ser autorizadas pela Licença de Pesca Científica Categoria D – Nº 068-2013, emitida pelo Instituto Estadual de Floresta (IEF).

Dados quantitativos obtidos a partir de diferentes abordagens amostrais deverão ser processados com base em capturas (e.g., número de indivíduos, biomassa) por unidade de esforço, conforme exemplificado na **Tabela 4** a seguir.

Tabela 4 - Quantificação do esforço amostral para a ictiofauna.

TÉCNICA	ESFORÇO AMOSTRAL POR PONTO	ESFORÇO AMOSTRAL POR LAGOA / CAMPANHA
Puçá, Peneira, Tarrafa	<i>X lances por ponto</i>	<i>X repetições x Y pontos = N repetições por lagoa / campanha</i>
Redes de Arrasto	<i>X minutos ou área por ponto</i>	<i>X minutos ou área x Y pontos = N minutos ou área por lagoa / campanha</i>
Redes de Emalhar	<i>X redes x Y minutos = N minutos/ponto</i>	<i>X redes x Y minutos x Z pontos = N minutos por lagoa / campanha</i>

Materiais e equipamentos

- ✓ Câmara fotográfica
- ✓ GPS
- ✓ Petrechos de pesca – a definir, com base no contexto de cada lagoa
- ✓ Pisseta
- ✓ Balde (60l)
- ✓ Luvas cirúrgicas descartáveis
- ✓ EPI: Perneiras, luvas, salva-vidas, colete refletivo, luvas de couro, protetor solar, óculos escuros, repelente de insetos
- ✓ Fita de marcação
- ✓ Facão
- ✓ Bainha de facão

- ✓ Lima
- ✓ Caixa organizadora
- ✓ Caixa para freezer
- ✓ Caixa de isopor 17 litros
- ✓ Pinças grandes
- ✓ Seringas médias
- ✓ Bombona 30L
- ✓ Solução de formalina 10%
- ✓ Eugenol

2.3 Equipes de execução

As equipes mínimas a serem alocadas à execução em campo dos diferentes protocolos são designadas na **Tabela 5** a seguir.

Tabela 5 - Equipes de execução e dias em campo por campanha de monitoramento para os diferentes estudos temáticos

ESTUDO TEMÁTICO	NÚMERO DE PROFISSIONAIS	DIAS EM CAMPO POR CAMPANHA
ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS DO SEDIMENTO		
Analista Ambiental	1	10
Técnico de Amostragem	1	10
ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS DA ÁGUA		
Analista Ambiental	1	10
Técnico de Amostragem	1	10
COBERTURA DO ENTORNO (AEROLEVANTAMENTO POR DRONE)		
Engenheiro	1	3
Biólogo pleno	1	3
FITOPLÂNCTON		
Biólogo sênior ou pleno	1	10
Biólogo júnior ou auxiliar de campo	1	10

ESTUDO TEMÁTICO	NÚMERO DE PROFISSIONAIS	DIAS EM CAMPO POR CAMPANHA
MACRÓFITAS AQUÁTICAS		
Biólogo sênior ou pleno	1	10
Biólogo júnior ou auxiliar de campo	1	10
MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS / ODONATOS (LIBÉLULAS)		
Biólogo sênior ou pleno	1	10
Biólogo júnior ou auxiliar de campo	1	10
PEIXES (ICTIOFAUNA)		
Biólogo sênior ou pleno	1	10
Biólogo júnior ou auxiliar de campo	1	10
ANFÍBIOS (ANUROFAUNA)		
Biólogo sênior ou pleno	1	10
Biólogo júnior ou auxiliar de campo	1	10

2.4 Medidas de Acompanhamento

Os resultados de cada subprograma serão reportados na forma de relatórios de atividades a cada campanha trimestral e por 2 relatórios técnicos, estes últimos contendo dados e registros compilados, incluindo análise integrada dos dados do período frente aos obtidos em períodos progressos.

2.5 Cronograma

O cronograma de execução do monitoramento prevê a realização de 11 campanhas amostrais com periodicidade trimestral, totalizando 33 meses desde a primeira campanha até a entrega do relatório final (**Tabela 6**). A realização dos trabalhos de amostragem terá início no período seco de 2023, se estendendo até o período chuvoso de 2026. Todas as lagoas recuperadas serão alvo de acompanhamento em todas as campanhas. Serão realizadas cinco campanhas de Período Seco e seis de Período Chuvoso. Esta divisão está baseada nas variações entre os grupos monitorados em cada uma das campanhas. Nas campanhas de Período Chuvoso serão monitorados todos os grupos, enquanto nas campanhas de Período Seco não serão monitorados os grupos Formas Adultas de Odonatas e Anurofauna.

Tabela 6 - Cronograma de execução do Programa de Monitoramento.

ATIVIDADE	2023			2024				2025				2026
	Mar. a Jun	Jul e Ago.	Out. e Nov	Jan. e Fev.	Abr. e Mai.	Jul e Ago.	Out. e Nov	Jan. e Fev.	Abr. e Mai.	Jul e Ago.	Out. e Nov	Jan. e Fev.
Pedido de licença de captura ¹ / Elaboração dos protocolos de coleta / Visita Inicial	█											
1ª Campanha		█										
2ª Campanha			█									
3ª Campanha				█								
4ª Campanha					█							
5ª Campanha						█						
6ª Campanha							█					
7ª Campanha								█				
8ª Campanha									█			
9ª Campanha										█		
10ª Campanha											█	
11ª Campanha												█

1 – A obtenção das licenças de captura depende da aprovação dos órgãos competentes.

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA) / COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras. Água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos. Brasília, 326p. 2011.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22nd Edition. Washington, DC, USA. 2012.

APHA. Standard methods for the examination of water and waste water, 22nd edn. American Public Health Association, Washington, DC, 2012.

APLYSIA. Renaturalização do rio Gualaxo do Norte: 3a Campanha – Pós-Instalação. Relatório Técnico no 12257/2019. Revisão 02, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA (ABNT). NBR 9.898:1987. Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA (ABNT). NBR ISO/IEC 17025:2005 Versão Corrigida 2:2006. Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração. 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA (ABNT). ABNT NBR 15492:2007. Sondagem de reconhecimentos para fins de qualidade ambiental – Procedimento. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA (ABNT). Norma ABNT NBR 15.469:2015. Ecotoxicologia - Coleta, preservação e preparo de amostras. 2015.

BAPTISTA, D.F., BUSS, D.F., DIAS, L.G., NESSIMIAN, J.L., DA SILVA, E.R., NETO, A.D.M., DE CARVALHO, S.N., DE OLIVEIRA, M.A. and ANDRADE, L.R. Functional feeding groups of Brazilian Ephemeroptera nymphs: ultrastructure of mouthparts. In *Annales de*

Limnologie-International Journal of Limnology (Vol. 42, No. 2, pp. 87-96). EDP Sciences, 2006.

BERRIDGE, D., CROUCHLEY, R., & GROSE, D. Multivariate generalized linear mixed models using R (p. 304). Boca Raton, FL: CRC Press. 2011.

BARBOUR, M.T. Rapid bioassessment protocols for use in wadeable streams and rivers: Periphyton, benthic macroinvertebrates and fish. US Environmental Protection Agency, Office of Water, 1999.

BICHO DO MATO. Relatório Anual: Avaliação dos Impactos e Monitoramento da Fauna e Flora Terrestres nos Estados de Minas Gerais e Espírito Santo. Belo Horizonte, setembro 2019.

BICHO DO MATO. Relatório Semestral: Avaliação dos Impactos e Monitoramento da Fauna Terrestre na bacia do rio Doce, MG, ES. Belo Horizonte, dezembro 2020.

BIGGS, J., CORFIELD, A., WALKER, D., WHITFIELD, M., & WILLIAMS, P. New approaches to the management of ponds. *British Wildlife*, 5(5), 273-287. 1994.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Publicado no DOU em 18 de março de 2005.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA. Resolução CONAMA nº420, de 28 de dezembro de 2009. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. Brasília, 2009.

COLE, G. A. *Textbook of Limnology*. Waveland Press, Illinois, 412p. 1994

COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB. Fitoplâncton de água doce: métodos qualitativos e quantitativo – Método de ensaio. São Paulo. Norma Técnica L5. 303. 23p. 2005.

CÉRÉGHINO, R., BIGGS, J., OERTLI, B., & DECLERCK, S. The ecology of European ponds: defining the characteristics of a neglected freshwater habitat. In Pond Conservation in Europe (pp. 1-6). Springer, Dordrecht. 2007.

CFBIO, Conselho Federal de Biologia. RESOLUÇÃO No 301, DE 8 DE DEZEMBRO DE 2012. “Dispõe sobre os procedimentos de captura, contenção, marcação, soltura e coleta de animais vertebrados in situ e ex situ, e dá outras providências”. 2012.

COLE, G. Textbook of limnology. 2nd ed. Saint Louis: The C.V. Mosby, 283 p, 1994.

CONCEA. Diretrizes da Prática de Eutanásia do Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal - CONCEA. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, Brasília, DF, 2013.

CONOVER, W. J., & IMAN, R. L. Rank transformations as a bridge between parametric and nonparametric statistics. The American Statistician, 35(3), 124-129. 1981.

COPAM - CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL. Deliberação Normativa N° 85, de 21 de outubro de 1997. Lista das espécies ameaçadas de extinção da flora do Estado de Minas Gerais. Diário do Executivo. Belo Horizonte, MG. 1997.

CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL – COPAM. Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01, de 05 de maio de 2008. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário do Executivo. Belo Horizonte, MG. 2008.

COPAM - CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL. Lista de Espécies Ameaçadas de Extinção da Fauna do Estado de Minas Gerais. Diário do Executivo. Belo Horizonte, MG. 2010.

COPAM – CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL. Deliberação Normativa Nº167, de 29 de junho de 2011. Revisa e consolida as exigências para laboratórios que emitem relatórios de ensaios ou certificados de calibração referentes a medições ambientais. Diário do Executivo Belo Horizonte, MG. 2011

CUMMINS, K. W.; MERRITT, R. W.; ANDRADE, P. C. N. The use of invertebrate functional groups to characterize ecosystem attributes in selected streams and rivers in south Brazil. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 2005.

DE MARCO JÚNIOR, P; NOGUEIRA, D; CORRÊA, C; VIEIRA, T; DIAS-SILVA, K; PINTO, N; BICHSEL, D; VICTORIANO, A S; VIEIRA, R; CARNEIRO, F; BISPO, A; CARVALHO, P; BASTOS, R; ILG, C; OERTLI, B. Patterns in the organization of Cerrado pond biodiversity in Brazilian pasture landscapes. *Hydrobiologia*. v.723: 87-101. 2014.

ECOLOGY BRASIL. Programa de Monitoramento Quali-Quantitativo Sistemático de Água e Sedimentos da Fundação Renova – PMQQS: Relatório Anual. Relatório Técnico 3463-00-QQSA-RL-0001-00. Rio de Janeiro, 2019.

ECONSERVATION Programa de monitoramento da ictiofauna do rio doce nos estados de Minas Gerais e Espírito Santo – Atendimento à Cláusula 164 do Termo de Transação e de Ajustamento de Conduta, alínea a, ofício SEI Nº 132/2016-DIBIO/ICMBIO – Relatório Final. Relatório Técnico – RT ECV 260/18. 2018.

FERREIRA, W.R. Índice Biótico Bentônico no Biomonitoramento da Bacia do Rio das Velhas. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Montes Claros, MG, 96p., 2009.

FERREIRA, V.; GRAÇA, M. A. S.; FEIO, M. J.; MIEIRO, C. Water quality in Mondego river basin: pollution and habitat heterogeneity. *Limnetica*. v.23, n.3-4 p.295-306, 2012.

GANN, G. D.; MCDONALD, T.; WALDER, B.; ARONSON, J; NELSON C.R.; JONSON, J.; HALLETT, J.G.; EISENBERG, C.; GUARIGUATA, M.R.; LIU, J.; HUA, F.; ECHEVERRÍA, C.; GONZALES, E.; SHAW, N.; DECLEER, K.; DIXON, K.W. International principles and

standards for the practice of ecological restoration. Second edition. *Restoration Ecology* 27(S1): S1–S46. 2019.

GOLDER. Programa de Monitoramento Quali-Quantitativo Sistemático – PMQQS. RT-029_159-515-2282_J. Belo Horizonte, 2017.

GOLDER. Memorial descritivo do projeto executivo de recuperação das lagoas marginais. RT-007_199-535-2577_01. Belo Horizonte, 2021a.

GOLDER. Caracterização ambiental e seleção das lagoas e funções ecológicas para projeto-piloto de recuperação Ambiental de Lagoas Marginais. RT-001_199-535-2577-03. Belo Horizonte, 2021b.

HAWKES, H. Biological surveillance of rivers. *Water Pollution Control*, v. 81, p. 329–342, 1982.

ICMBIO/MMA. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção. Brasília DF: ICMBio, 2018b.

IUCN. The IUCN Red List of Threatened Species. Disponível em: <www.iucnredlist.org>. Acesso em 5 de março de 2021.

JACOBS/CH2M. Plano de Manejo de Rejeito Revisão 01. São Paulo, 2017.

JUNQUEIRA, V. M.; CAMPOS, S.C.M. 1998. Adaptation of the “BMWP” method for water quality evaluation to rio das velhas watershed (Minas Gerais, Brazil). *Acta Limnol. Bras* v.10, n.2, p.125-135. 1998.

JUNQUEIRA, M. V. et al. Índices bióticos para avaliação de qualidade de água de rios tropicais – síntese do conhecimento e estudo de caso: Bacia do alto rio doce. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais (Online)*, n. 49, p. 15–33, set. 2018.

JUNQUEIRA, M. V.; FRIEDRICH, G. Avaliação da qualidade das águas da bacia do rio Paraíba do Sul através do índice “ISMR” adaptado para as comunidades de macroinvertebrados bentônicos tropicais do Brasil. *Revista MG BIOTA*, v. 4, p. 13–36, 2011.

- JUNQUEIRA, M. V.; FRIEDRICH, G.; PEREIRA DE ARAUJO, P. R. A saprobic index for biological assessment of river water quality in Brazil (Minas Gerais and Rio de Janeiro states). *Environmental Monitoring and Assessment*, 2010.
- KOMÁREK, J. & ANAGNOSTIDIS, K. Modern approach to the classification system of cyanophytes, 4: Nostocales, *Algological Studies* 56, 247-345, 1989.
- KOMÁREK, J. & ANAGNOSTIDIS, K. Cyanoprokaryota 1. Teil Chroococcales. In *Süßwasserflora von Mitteleuropa* (H.Ettl, G.Gärtner, H.Heynig & D.Möllenbauer eds.). Stuttgart: Gustav Fischer Verlag. 19(1), 548 p., 1998.
- KOMÁREK, J. & ANAGNOSTIDIS, K. Cyanoprokaryota 2. Teil: Oscillatoriales. In *Süßwasserflora von Mitteleuropa* (B. Büdel G. Gärtner, L. Krientitz & M. Schagerl eds.). Stuttgart: Gustav Fischer Verlag. 19(2). 759 p., 2005.
- KOMÁREK, J. & FOTT, B. Chlorophyceae (Grünalgen), Ordnung: Chlorococcales. In: G. Huber-Pestalozzi, H. Heynig & D. Mollenbauer (eds.). *Das Phytoplankton des Süßwasser: systematik und biologie*. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 1044p., 1983.
- LESSMANN, D., & NIXDORF, B. 7. 'Chicken Creek' pond: aspects of six years of primary succession. The artificial catchment 'Chicken Creek'—initial ecosystem development 2005-2010, 115. 2011.
- LEGENDRE, P. & GALLAGHER, E. D. Ecologically meaningful transformations for ordination of species data. *Oecologia*, 129, 271–280. 2001.
- LEGENDRE, P., & LEGENDRE, L. *Numerical ecology*. Elsevier. 2012.
- LOBO, A .E.; LEIGHTON, G . Estruturas de las fitocenosis planctônicas de los sistemas de desembocaduras de rios y esteros de la zona central de Chile. *Revista de Biología Marina* v.22, p.143-170. 1986.

- MCTIC. Diretriz da Prática de Eutanásia do Concea. Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal, Brasília - DF, Brasil, 2018.
- MERRITT, R. W.; Cummins, K. W. Introduction. Cap. 1. In: MERRITT, R. W. and CUMMINS K. W. (Eds.). An Introduction to the Aquatic Insects of North America. 3 ed. Kendall/Hunt Publishing Company, United States of America, 1996.
- MERRITT, R. W.; CUMMINS, K. W.; BERG, M. B. An introduction to the Aquatic insects of North America. [s.l.] Kendall/Hunt Pub. Co, 2008.
- METCALFE, J. L. Biological water quality assessment of running waters based on macroinvertebrate communities: History and present status in Europe. Environmental Pollution, 1989.
- MMA - Ministério do Meio Ambiente. Lista Nacional das Espécies Fauna Ameaçados de Extinção. Portaria nº. 444 de 17 de dezembro de 2014. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF. 2014a.
- MMA - Ministério do Meio Ambiente. Lista Nacional das Espécies Fauna Ameaçados de Extinção - Peixes e Invertebrados Aquáticos. Portaria nº. 445 de 17 de dezembro de 2014. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF. 2014b.
- ODUM, E. P. The strategy of ecosystem development. Science, Washington, v. 164, p. 262-270. 1969.
- OERTLI, B., AUDERSET JOYE, D., CASTELLA, E., JUGE, R., LEHMANN, A. AND LACHAVANNE, J.-B. PLOCH: a standardized method for sampling and assessing the biodiversity in ponds. Aquatic Conserv.: Freshw. Ecosyst, v.15, p. 665-679, 2005.
- PADISÁK, J. Phytoplankton. In O'SULLIVAN, P., & REYNOLDS, C. S. (Eds.). The lakes handbook, volume 1: limnology and limnetic ecology (Vol. 1). John Wiley & Sons. 2008.
- RAMÍREZ, A. and GUTIÉRREZ-FONSECA, P.E. Functional feeding groups of aquatic insect families in Latin America: a critical analysis and review of existing literature. Revista de Biología Tropical, 62, pp.155-167. 2014.

- ROUND, F. E., CRAWFORD, R. M. & MANN, D. G. The diatoms: biology and morphology of the genera. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.
- ROUND, F.E. The biology of the algae. Edward Arnold, London, 1965.
- ROUND, F.E. The taxonomy of the Chlorophyta II. British Phycological Journal 6(2), 235-264, 1971.
- ROUND, F. E., CRAWFORD, R. M. & MANN, D. G. The diatoms: biology and morphology of the genera. Cambridge: Cambridge University Press. 1990.
- SAYER, C., ANDREWS, K., SHILLAND, E., EDMONDS, N., EDMONDS-BROWN, R., PATMORE, I., EMSON, D., AXMACHER, J. The role of pond management for biodiversity conservation in an agricultural landscape. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems, v.22(5): 626-638. 2012.
- SHIMANO, Y., SALLES, F.F., FARIA, L.R., CABETTE, H.S. and NOGUEIRA, D.S. Distribuição espacial das guildas tróficas e estruturação da comunidade de Ephemeroptera (Insecta) em córregos do Cerrado de Mato Grosso, Brasil. Iheringia. Série Zoologia, 102(2), pp.187-196. 2012.
- UTERMÖHL, H. Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton: methodik. Mitteilungen Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie 9, 1-38. 1958.
- VAN ONSEM, S., & TRIEST, L. Integration of ecological monitoring protocols for ponds in the Brussels-Capital Region. 2015.
- WRIGHT, D.H. Species-energy theory: an extension of species-area theory. Oikos, 41, 496–506. 1983.