



UHE TIBAGI MONTANTE

Programa de Monitoramento da Qualidade da Água da UHE Tibagi Montante, Rio Tibagi



TIBAGI ENERGIA

INEO – Instituto Neotropical de Pesquisas
Ambientais
Relatório Parcial
Primavera 2024

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	2
2. ÁREA DE AMOSTRAGEM.....	3
2.1 Descrição dos pontos de amostragem	4
3. QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS	8
3.1 Metodologia	8
3.1 Resultados e Discussão	19
3.3 Considerações Finais.....	65
4. COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA.....	70
4.1 Metodologia	70
4.2 Resultados e Discussão	72
4.3 Considerações Finais.....	77
5. COMUNIDADE ZOOPLANCTÔNICA	80
5.1 Metodologia	80
5.2. Resultados e Discussão	82
5.3. Considerações Finais.....	87
6. MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS	89
6.1 Metodologia	89
6.2 Resultados e Discussão	92
6.3 Considerações Finais.....	97
7. REFERÊNCIAS CONSULTADAS	98

1. INTRODUÇÃO

O rio Tibagi nasce na Serra das Almas, entre os municípios de Palmeira e Ponta Grossa, no sul do estado do Paraná (Região Sul do Brasil), a 1.060 m de altitude, e corre 550 km, tendo sua foz no rio Paranapanema, na UHE Capivara (UHE Escola de Engenharia Mackenzie). Na maior parte do seu trajeto ele está fortemente encaixado em seu leito, e um total de 65 tributários diretos e centenas de subafluentes compõem sua bacia hidrográfica (De França, 2002 e Medri et al., 2002).

A bacia do rio Tibagi se estende por 41 municípios, cobrindo 24.713 km² no território paranaense, sendo o segundo em extensão. Segundo De França (2002) e Mendonça & Danni-Oliveira (2002), esse rio forma a terceira maior bacia hidrográfica do estado do Paraná, e pode ser dividido em três regiões conforme o relevo, a hidrologia e a climatologia. Na região alta encontram-se algumas das suas áreas mais preservadas, como o Parque Estadual do Guartelá, no rio Iapó, região dos Campos Gerais.

Seu curso principal desenvolve-se na direção noroeste, desde a nascente, até a confluência com o rio Guarda Velho, pela margem esquerda; em seguida, toma a direção nordeste até a confluência com o rio Pitangui, pela margem direita; a partir daí, volta a seguir predominantemente a direção noroeste até sua foz (Maack, 1981). Este rio é conhecido pelo grande número de cachoeiras que apresenta, como Salto Paludo (5,0 m), Paulinho Batista (2,5 m), Grande da Conceição (20,0 m), Aparados (6,0 m), Alemão (6,0 m) e Mauá (28,0 m) (De França, 2002). Acima do Salto Mauá encontra-se implantada a Usina Hidrelétrica Mauá.

Em função destas características de leito (encaixado) e numerosos saltos, há muito tempo o rio Tibagi é objeto de discussões para a implantação de usinas hidrelétricas (Shibatta et al., 2007). Desse modo, este documento visa apresentar os resultados da coleta do Primavera de 2024 (outubro de 2024), sendo a 20ª coleta do período pós-enchimento, do Programa de Monitoramento Limnológico e da Qualidade da Água da UHE Tibagi Montante, contemplando comparações entre os locais de coleta, fornecendo informações sobre as variações espaciais dos parâmetros físicos e químicos da água, fitoplâncton, zooplâncton e macroinvertebrados bentônicos.

2. ÁREA DE AMOSTRAGEM

Na área de influência da UHE Tibagi Montante, o monitoramento compreendeu cinco pontos de amostragem (Tabela 2.1) localizados acima da cidade de Tibagi. Destaca-se que no local Paliteiros (TM-PAL) foram efetuadas apenas análises de qualidade de água superficial.

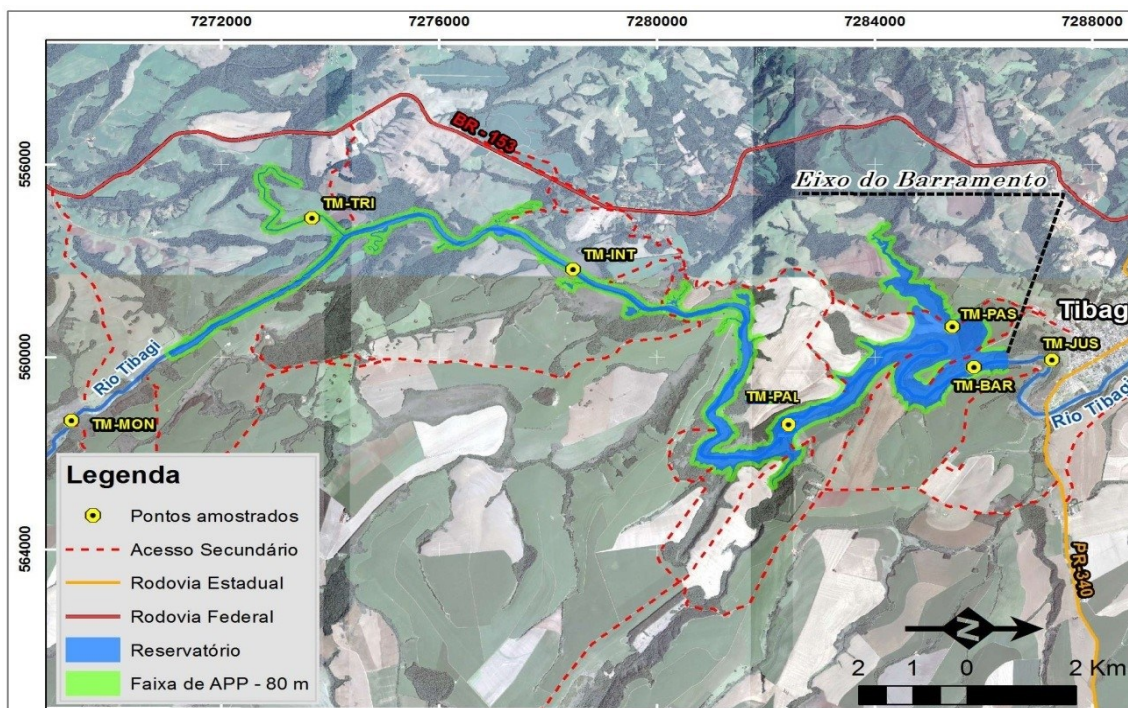


Figura 2.1 – Localização dos pontos amostrais na área de influência da UHE Tibagi Montante.

Tabela 2.1 – Locais de coleta e coordenadas geográficas dos pontos amostrados na área de influência da UHE Tibagi Montante.

Pontos de Amostragem	Siglas	Rio	Coordenadas	
			Latitude	Longitude
Jusante	TM-JUS	Tibagi	24°31'41.17"S	50°24'25.50"O
Barragem	TM-BAR	Tibagi	24°32'49.70"S	50°24'02.27"O
Passatempo	TM-PAS	Passatempo	24°32'38.26"S	50°24'50.14"O
Montante	TM-MON	Tibagi	24°41'25.50"S	50°23'35.83"O
*Paliteiros	TM-PAL	Tibagi	24°34'13.32"S	50°23'33.63"O

*apenas qualidade de água superficial.

As amostragens foram realizadas entre os dias 22 e 25 de outubro de 2024, referente a Primavera de 2024, seguindo os procedimentos de amostragem relacionados no plano de trabalho “Monitoramento Limnológico e Qualidade da Água da UHE Tibagi Montante – PR” descritos abaixo.

2.1 Descrição dos pontos de amostragem

- **Jusante (JUS)**

Localizado logo em frente da antiga estação de captação de água da Sanepar, no município de Tibagi, apresenta fluxo de água corrente com alguns remansos, fundo rochoso em poucos trechos, mas na maioria é composto por substrato arenoso e lodoso (Figura 2.2). Com uma largura média aproximada de 120 metros, suas margens são bastante preservadas, onde na margem esquerda tem cerca de 200 metros (em média) de mata ciliar e na margem direita cerca 90 metros. No local encontram-se vários pontos de pesca de barranco, sendo o local utilizado também, para prática de Rafting, uma vez que logo acima do trecho amostrado e logo abaixo existem locais com fortes corredeiras.



Figura 2.2 – Visão Panorâmica do Local de Coleta JUS (Jusante).

- **Barragem (BAR)**

Localizado próximo à barragem da UHE Tibagi Montante, este local tem influência direta do barramento do rio Tibagi, apresentando baixo fluxo de água, com profundidade mais acentuada devido à formação do reservatório (Figura 2.3). Este local é utilizado para captação de água, sendo que em seu entorno é exercida também a atividade de agricultura e reflorestamento.



Figura 2.3 – Visão panorâmica do Local de Coleta BAR (Barragem).

- **Montante (MON)**

Local de corredeiras e pequenos trechos de remanso, apresenta fundo rochoso e arenoso, com largura média de 50 metros (Figura 2.5). A vegetação ciliar é bastante preservada na margem direita, atingindo em média 35 metros de extensão, onde se executa a atividade agrícola, já na margem esquerda a vegetação é pouco preservada oscilando entre 5 e 100 metros de extensão, sendo que nesta margem a criação de gado é uma das principais atividades.

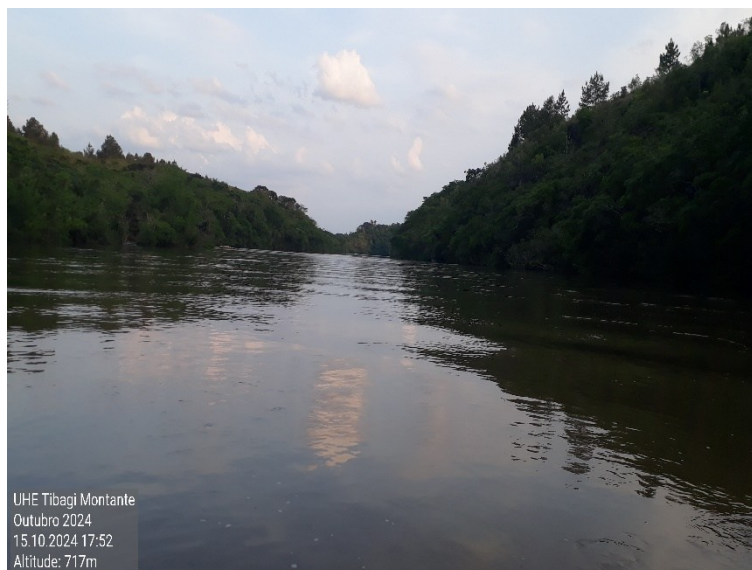


Figura 2.5 – Visão panorâmica do Local de Coleta MON (Montante).

- **Tributário Passatempo (PAS)**

Local de águas lânticas com aproximadamente 10 metros de profundidade, e a conexão com o reservatório é através de manilhas de concreto existentes no aterro da estrada do Pinheiro Seco (Figura 2.7). Vegetação ciliar presente na margem esquerda e na margem direita houve o plantio de mudas em cerca de 80 metros da área de preservação permanente. Propriedades agropastoris estão presentes no entorno do rio, com suas margens apresentando influência antrópica, com presença de lixo doméstico, como sacos plásticos, latas e vidros.

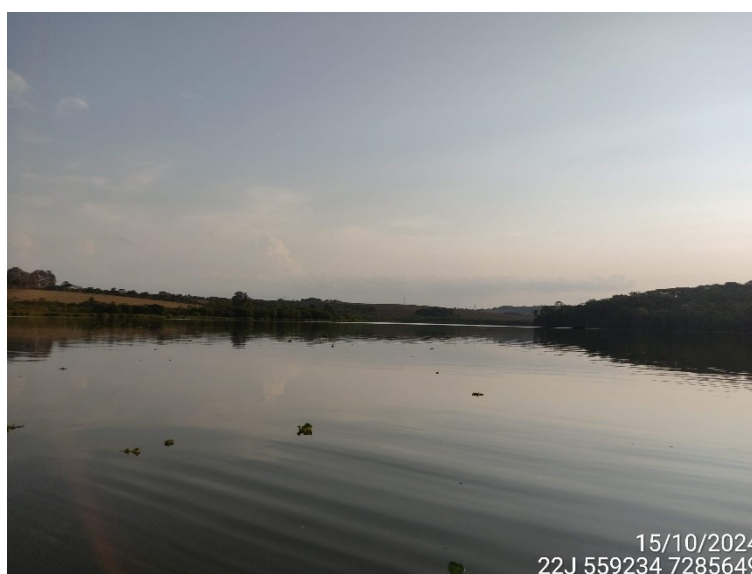


Figura 2.7 – Visão panorâmica do Local de Coleta PAS (Tributário Passatempo).

- **Paliteiros (PAL)**

Localizado entre os locais BAR e INT, com baixo fluxo de água, nesta região encontram-se várias árvores que ficaram submersas após o enchimento do reservatório da UHE Tibagi Montante (Figura 2.8). Com uma largura média de 350 metros, têm suas margens relativamente preservadas. No entorno do local exerce-se atividade agrícola.



Figura 2.8 – Visão panorâmica do Local de Coleta PAL (Paliteiros).

3. QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS

3.1 Metodologia

Conforme Parecer Técnico 23/2024 do IAT – Instituto Água e Terra (em anexo), a partir da amostragem realizada no mês de abril de 2024 (outono), referente ao Programa de Monitoramento Limnológico, os locais TM-INT e TM-TRI, foram retiradas do referido programa. Ressalta-se ainda que, por recomendação do Parecer Técnico 23/2024 do IAT, os parâmetros de cor, fenóis, dureza, cloretos, magnésio, óleos e graxas, sílica, ferro total e cálcio foram removidos das análises dos locais TM-BAR, TM-PAL e TM-PAS. Assim, a amostragem da água (Figura 3.1) foi realizada em cinco locais, sendo três na subsuperfície (MON, PAL e JUS) e dois locais (BAR e PAS) em três profundidades (Superfície “S”, Meio “M” e Fundo “F”), com leitura dos parâmetros de temperatura do ar (termômetro de bulbo mercúrio), temperatura da água (termômetro digital), oxigênio dissolvido e saturação (oxímetro), turbidez (turbidímetro), transparência (Secchi), pH (pHmetro) e condutividade elétrica (condutivímetro), medidos “*in situ*”.

Para os parâmetros, alcalinidade total, cor, fósforo total, nitrogênio orgânico, nitrito, nitrato, nitrogênio amoniacal, DBO, DQO, clorofila-*a*, sólidos totais, dissolvidos e suspensos, coliformes totais e fecais, cádmio total, chumbo total, cloretos, cobre dissolvido, cromo total, fenóis, níquel total, óleos e graxas, dureza e magnésio, a água foi armazenada em frascos, conforme norma Standard Methods 1060, 24ª edição e conservada em gelo até a análise.

As análises das variáveis físicas, químicas e biológicas da água foram realizadas no Laboratório de Qualidade da Água do Grupo de Pesquisas em Recursos Pesqueiros e Limnologia (GERPEL) e do Instituto Neotropical de Pesquisas Ambientais – INEO da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, que está acreditado na ISO/IEC 17025, CRL nº 1356 do INMETRO (Anexo I), e cadastrado no Instituto Ambiental do Paraná (IAPCCL nº 089; Anexo II). Devido a isso o INEO segue os procedimentos para a realização da coleta, armazenamento, transporte e análise das amostras de água, segundo as recomendações do Standard Methods, 24ª edição (APHA, 2023), de acordo com a DICLA 057-02 e a ABNT/NBR ISO/IEC 17025, segundo as diretrizes da PSQ-09 (formulário próprio) que detalha o plano de amostragem para coleta da água.



Figura 3.1 – Coleta de amostras de água.

Visando garantir a qualidade dos resultados produzidos pela análise, bem como identificar riscos de contaminação de amostras, segundo a DICLA 057-02 (INMETRO, 2017), os trabalhos de campo foram acompanhados de procedimentos para o controle de qualidade cuja finalidade é identificar possíveis contaminações ambientais, no manuseio, na análise em campo e no transporte.

Foram utilizados recursos de comparação a fim de validar os procedimentos de amostragem que foram: branco de campo, branco de equipamento e branco de transporte.

As amostras foram protegidas da luz solar e do calor durante seu transporte e manuseio. Todos os frascos foram armazenados em caixas térmicas e posteriormente refrigerados com gelo, de maneira que a temperatura fosse mantida em $4\pm 2^{\circ}\text{C}$ por período curto de tempo e congelada em -18°C para períodos longos, conforme recomendam as normas ISO 5667-4 e 5667-6. As amostras obtidas na superfície foram coletadas no próprio frasco de amostragem para evitar contaminação.

Os frascos para acondicionamento das amostras foram enviados para o campo com rótulo identificador, minimizando a possibilidade de troca de amostras e agilizando a operação de coleta.

O controle de qualidade na amostragem cuja finalidade é identificar possíveis contaminações ambientais, no manuseio, na análise em campo e no transporte, foi realizado durante a coleta conforme as seguintes diretrizes:

1. “Branco de campo”: São amostras preparadas no campo, consistindo de frascos preenchidos com água reagentes, expostos ao ambiente amostral pelo mesmo período que as amostras, durante todo o procedimento de coleta, preservados de acordo com o parâmetro a analisar e armazenados com as demais amostras coletadas, para serem submetidas ao processo analítico requerido. Estas amostras são utilizadas para verificação de contaminações ambientais que podem ser adicionais às amostras durante os procedimentos de coleta. A amostragem foi realizada em um mesmo ponto (coleta em duplicata) para verificar a fidelidade dos parâmetros analisados;
2. O “branco de transporte” é composto por dois frascos de 100 mL com água destilada, preparados antes de ir ao campo. Os frascos devem ser encaminhados dentro de uma caixa térmica pequena com gelo, conservada a $4\pm 2^{\circ}\text{C}$. Chegando ao local de coleta os frascos contendo o branco de transporte devem ser transferidos para a caixa térmica contendo as amostras coletadas, sendo enviados de volta para o laboratório. Devem ser analisados no branco de transporte os parâmetros contagem de bactérias heterotróficas e condutividade elétrica, conforme definido na ficha de coleta, que estará identificada como “branco de transporte”. Os frascos de “branco de transporte” não devem ser abertos e deverão ser transportados juntamente com as outras amostras dentro da mesma caixa de armazenamento;
3. O “branco de Equipamento” é um procedimento utilizado para verificar possíveis contaminações mediante contato da amostra com o equipamento de amostragem. Primeiramente, antes de inserir o equipamento na amostra, deve-se enxaguar o mesmo com água destilada, e o enxague final deve ser coletado para posterior análise. A água coletada na lavagem do eletrodo ou equipamento introduzido na amostra não deve demonstrar qualquer alteração em sua composição, devendo apresentar resultados semelhantes à da água destilada original.

Para garantir a integridade das amostras (por exemplo DBO e Coliformes), o tempo decorrido entre a retirada da amostra e a análise não ultrapassou 24 horas.

As amostras cujos parâmetros podem exceder o prazo de 24 horas para análise, foram devidamente acondicionadas em baixa temperatura, preservadas atendendo às exigências do Standard Methods 23ª Edição, e transportadas para o laboratório.

Os parâmetros limnológicos para a avaliação da qualidade da água, juntamente com suas unidades, métodos e referências, podem ser verificados na tabela 3.1.

Após a determinação dos parâmetros físicos, químicos e biológicos, foi estimado o índice de qualidade da água (IQA), através da seguinte fórmula (Suderhsa, 1997):

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i}$$

sendo:

IQA=Índice de qualidade da água;

q_i=qualidade do *i*-ésimo parâmetro (obtido nas curvas);

W_i=peso relativo do *i*-ésimo parâmetro (Tabela 3.2);

Destaca-se que conforme parecer 23/2024 (em anexo), do Instituto Água e Terra, DQA/Seção de Limnologia, os parâmetros: cor, fenóis, dureza, cloretos, magnésio, óleos e graxas, sílica, ferro total e cálcio, que vinham sendo analisadas em todos os locais de amostragem, passaram a ser analisados apenas nos pontos montante e jusante. Isso se deve, segundo este parecer, pelos seguintes aspectos:

- 1) Por terem pouca relevância no monitoramento do reservatório;
- 2) Por apresentarem valores invariavelmente muito baixos;
- 3) Por terem relação apenas com aspectos estéticos;
- 4) Por não apresentarem limites na legislação vigente.

Tabela 3.1 - Variáveis físicas, químicas e biológicas avaliadas no rio Tibagi e tributários, na área de influência da UHE Tibagi Montante.

PARÂMETRO	UNIDADE	COLETA	PRESERVAÇÃO	MÉTODO DE ANÁLISE	APARELHO	REFERÊNCIA
Alcalinidade total	mg/L	Garrafa	Refrigerado	Gran	pHmetro	APHA (2023)
Alumínio	mg/L	Garrafa	Refrigerado	Absorção atômica	Cromatógrafo	APHA (2023)
Cádmio	mg/L	Garrafa	Refrigerado	Absorção atômica	Cromatógrafo	APHA (2023)
Cálcio	mg/L	Garrafa	Refrigerado	Titulométrico	Microbureta de Bang	APHA (2023)
Chumbo	mg/L	Garrafa	Refrigerado	Absorção atômica	Cromatógrafo	APHA (2023)
Cloretos	mg/L	Garrafa	Refrigerado	Titulométrico	Microbureta de Bang	APHA (2023)
Clorofila <i>a</i>	µg/L	Garrafa	Protegido da Luz	Colorimétrico	Espectrofotômetro	APHA (2023)
Cobre	mg/L	Garrafa	Refrigerado	Absorção atômica	Cromatógrafo	APHA (2023)
Coliformes totais e fecais	NMP/100mL	Frasco	Refrigerado	Colorimétrico/tubos múltiplos	Lâmpada UV	APHA (2023)
Condutividade elétrica	µS/cm	<i>in situ</i>	-	Potenciométrico	Sonda multipamétrica	APHA (2023)
Cor	uc	Garrafa	Refrigerado	Colorimétrico	fotocolorímetro	APHA (2023)
Cromo	mg/L	Garrafa	Refrigerado	Absorção atômica	Cromatógrafo	APHA (2023)
DBO	mg/L	Garrafa	Refrigerado	Titulométrico	Incubadora DBO	APHA (2023)
DQO	mg/L	Garrafa	Refrigerado	Digestão (refluxo fechado)	Digestor de DQO e espectrofotômetro	APHA (2023)
Dureza	mg/L	Garrafa	Refrigerado	Titulométrico	Microbureta de Bang	APHA (2023)
Fenóis	mg/L	Garrafa	Refrigerado	colorimétrico	Destilador	APHA (2023)
Ferro total	mg/L	Garrafa	Refrigerado	Colorimétrico	Cromatografia	APHA (2023)
Fósforo total	mg/L	Garrafa	Refrigerado	Colorimétrico (digestão ácida)	Espectrofotômetro	APHA (2023)

PARÂMETRO	UNIDADE	COLETA	PRESERVAÇÃO	MÉTODO DE ANÁLISE	APARELHO	REFERÊNCIA
Magnésio	mg/L	Garrafa	Refrigerado	Titulométrico	Microbureta de Bang	APHA (2023)
Mercúrio	mg/L	Garrafa	Refrigerado	Espectrometria de emissão de plasma: método de plasma indutivamente acoplado (ICP). SMWW, 22ª Edição, Método 3030 F SMWW, 22ª Edição, Método 3120 B	ICP	APHA (2023)
Nitrato	mg/L	Garrafa	Refrigerado	Colorimétrico (redução pelo cádmio)	Espectrofotômetro	APHA (2023)
Nitrito	mg/L	Garrafa	Refrigerado	Colorimétrico (reação com sulfanilamida)	Espectrofotômetro	APHA (2023)
Níquel	mg/L	Garrafa	Refrigerado	Espectrometria de emissão de plasma: método de plasma indutivamente acoplado (ICP). SMWW, 22ª Edição, Método 3030 F SMWW, 22ª Edição, Método 3120 B	ICP	APHA (2023)
Amônia	mg/L	Garrafa	Refrigerado	Colorimétrico (indofenol)	Espectrofotômetro	APHA (2023)
Nitrogênio orgânico	mg/L	Garrafa	Refrigerado	Digestão ácida e titulação alcalina com tiosulfato de sódio	Titulométrico	APHA (2023)
Óleos e Graxas	mg/L	Garrafa	Refrigerado	SMEWW - 22º nd. 2012. Método: 5520-D	Estrato Soxlet	APHA (2023)
Organoclorados e fosforados**	mg/L	Garrafa	Refrigerado		Espectrofotômetro	APHA (2023)
Ortofosfato	mg/L	Garrafa	Refrigerado	Colorimétrico (digestão ácida)	Espectrofotômetro	APHA (2023)

PARÂMETRO	UNIDADE	COLETA	PRESERVAÇÃO	MÉTODO DE ANÁLISE	APARELHO	REFERÊNCIA
Oxigênio dissolvido	mg/L	<i>in situ</i>	-	Potenciométrico	Oxímetro/Sonda	APHA (2023)
Oxigênio dissolvido	% de Sat.	<i>in situ</i>	-	Potenciométrico	Oxímetro/Sonda	APHA (2023)
pH	-	<i>in situ</i>	-	Potenciométrico	pHmetro/Sonda	APHA (2023)
Sílica	Mg/L	Garrafa	Refrigerado	-	-	APHA (2023)
Sólidos totais e Sólidos dissolvidos e suspensos	mg/L	Garrafa	Refrigerado	Gravimétrico/Sonda	Estufa/Mufla	APHA (2023)
Sulfatos	mg/L	Garrafa	Refrigerado	Turbidimétrico	Turbidímetro	APHA (2023)
Temperatura da água	°C	<i>in situ</i>	-	-	Oxímetro/Sonda multiparamétrica	APHA (2023)
Temperatura do ar	°C	<i>in situ</i>	-	-	Termômetro de bulbo	Esteves (2011)
Transparência	m	<i>in situ</i>	-	Visual	Disco de Secchi	Wetzel (2001)
Turbidez	NTUs	<i>in situ</i>	-	Potenciométrico	Turbidímetro/Sonda	APHA (2023)
Zinco	mg/L	Garrafa	Refrigerado	Espectrometria de emissão de plasma: método de plasma indutivamente acoplado (ICP). SMWW, 22ª Edição, Método 3030 F	ICP	APHA (2023)

** Periodicidade Semestral.

Tabela 3.2 – Pesos dos diferentes parâmetros utilizados no cálculo do índice de qualidade da água (Fonte: Suderhsa, 1997).

Parâmetros	Pesos (WI)
Coliformes Fecais	0,15
Demanda Bioquímica de Oxigênio	0,10
Fósforo Total	0,10
Nitrogênio Total	0,10
Oxigênio Dissolvido	0,17
pH	0,12
Resíduo Total	0,08
Turbidez	0,08
Variação da Temperatura	0,10

A qualidade da água foi classificada em Ótima, Boa, Regular, Ruim e Péssima (Cetesb, 2016), conforme o valor de IQA constante na tabela 3.3.

Tabela 3.3 – Classificação da água de acordo com os valores de IQA (Fonte: Cetesb, 2016).

IQA	Classificação
$79 < IQA \leq 100$	Ótima
$51 < IQA \leq 79$	Boa
$36 < IQA \leq 51$	Regular
$19 < IQA \leq 36$	Ruim
$IQA \leq 19$	Péssima

Para o cálculo do Índice de Qualidade da Água de Reservatórios, as variáveis selecionadas receberam pesos distintos, em função de seus diferentes níveis de importância na avaliação da qualidade da água (Tabela 3.4).

Tabela 3.4 - Variáveis selecionadas para cálculo do IQAR e seus respectivos pesos.

Variáveis “i”	Pesos (WI)
Déficit de Oxigênio (%)	17
Fósforo Total (mg/L)	12
Nitrogênio Inorgânico Total (mg/L)	08
Clorofila- <i>a</i> (mg/m ³)	15
Disco de Secchi (m)	12
DQO (mg/L)	12
Fitoplâncton (Diversidade e florações)	08
Tempo de residência (dias)	10
Profundidade média (m)	06

A classe de qualidade de água a que o reservatório pertence foi calculada através do Índice de Qualidade de Água de Reservatórios (IQAR), de acordo com a seguinte fórmula:

$$IQAR = \frac{\sum W_i \cdot q_i}{\sum W_i}$$

Deste modo, existem seis classes de qualidade da água em função do nível de comprometimento (Tabela 3.5).

Tabela 3.5 - Índice de Qualidade da Água de Reservatórios.

Classe	IQAR
I	0-1,5
II	1,6-2,5
III	2,6-3,5
IV	3,6-4,5
V	4,6-5,5
VI	>5,6

Sendo:

Classe I: não impactado a muito pouco degradado. Corpos d'água sempre com saturação de oxigênio, baixa concentração de nutrientes, concentração de matéria orgânica muito baixa, alta transparência das águas, densidade de algas muito baixa, normalmente com pequeno tempo de residência das águas e/ou grande profundidade média.

Classe II: pouco degradado. Corpos d'água com pequena entrada de nutrientes orgânicos e inorgânicos e matéria orgânica, pequena depleção de oxigênio dissolvido, transparência das águas relativamente alta, baixa densidade de algas, normalmente com pequeno tempo de residência das águas e/ou grande profundidade média.

Classe III: moderadamente degradado. Corpos d'água que apresentam um déficit de oxigênio dissolvido na coluna de água, podendo ocorrer anoxia na camada de água próxima ao fundo em determinados períodos, entrada considerável de nutrientes e matéria orgânica, grandes variedades e densidade de algumas espécies de algas, que podem ser predominantes, tendência moderada a eutrofização, tempo de residência das águas considerável.

Classe IV: criticamente degradado a poluído. Corpos d'água com entrada de matéria orgânica capaz de produzir uma depleção crítica nos teores de oxigênio dissolvido da coluna d'água, possibilidade de ocorrer mortandade de peixes em alguns períodos de acentuado déficit de oxigênio dissolvido, entrada de

consideráveis cargas de nutrientes, alta tendência a eutrofização, ocasionalmente com desenvolvimento maciço de populações de algas, ocorrência de reciclagem de nutrientes, baixa transparência das águas associada principalmente à densidade de algas.

Classe V: muito poluído. Corpos d'água com altas concentrações de matéria orgânica, geralmente com baixas concentrações de oxigênio dissolvido, alto "input" e reciclagem de nutrientes, eutrofizados, com florações de algas que frequentemente cobrem grandes extensões da superfície da água, o que limita a transparência.

Classe VI: extremamente poluído. Corpos d'água com condições bióticas seriamente restritas, resultante de severa poluição por matéria orgânica ou outras substâncias consumidoras de oxigênio dissolvido, sendo que ocasionalmente ocorrem processos de anoxia em toda coluna de água, entrada e reciclagem de nutrientes muito altos, hipereutróficos, com florações de algas cobrindo toda a massa de água, eventual presença de substâncias tóxicas.

O Índice do Estado Trófico foi composto pelo Índice do Estado Trófico para o fósforo total – IET (PT) e o Índice do Estado Trófico para a clorofila-*a* – IET (CL), segundo Lamparelli (2004), sendo estabelecidos para ambientes lóticos pelas equações:

$$IET_{CL} = \left\{ 10 * \left[6 - \left(\frac{-0,7 - 0,6 * \ln(CL)}{\ln(2)} \right) \right] - 20 \right\}$$

$$IET_{PT} = \left\{ 10 * \left[6 - \left(\frac{0,42 - 0,36 * \ln(PT)}{\ln(2)} \right) \right] - 20 \right\}$$

onde:

PT=concentração de fósforo total medida à superfície da água, em µg/L;

CL=concentração de clorofila-*a* medida à superfície da água, em µg/L;

ln=logaritmo natural.

Para ambientes lênticos (reservatórios):

$$IET(CL) = 10 \left[6 - \frac{(0,92 - 0,34(CL))}{\ln 2} \right]$$

$$IET(PT) = 10 \left[6 - \frac{(1,77 - 0,42(\ln PT))}{\ln 2} \right]$$

$$IET = \frac{IET(PT) + IET(CL)}{2}$$

Sendo:

IET (CL) = índice clorofila-*a*;

IET (PT) = índice fósforo total;

IET = índice de estado trófico.

No caso de não haver resultados para o fósforo total ou para clorofila-*a*, o índice foi calculado com a variável disponível e considerado equivalente ao IET, sendo informado qual variável foi utilizada no cálculo. A classificação do estado trófico foi dada conforme a Tabela 3.6.

Tabela 3.6 – Classificação para o Estado Trófico para rios, segundo índice de Carlson, modificado por Lamparelli (2004).

Classificação do Estado Trófico - Rios			
Categoria (Estado Trófico)	Ponderação	P-Total P(mg/m ³)	Clorofila-a (mg/m ³)
Ultraoligotrófico	IET = 47	P = 13	CL = 0,74
Oligotrófico	47 < IET = 52	13 < P = 35	0,74 < CL = 1,31
Mesotrófico	52 < IET = 59	35 < P = 137	1,31 < CL = 2,96
Eutrófico	59 < IET = 63	137 < P = 296	2,96 < CL = 4,70
Supereutrófico	63 < IET = 67	296 < P = 640	4,70 < CL = 7,46
Hipereutrófico	IET > 67	640 < P	7,46 < CL

3.1 Resultados e Discussão

Nas figuras a seguir são apresentados os dados consolidados do monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, compreendendo as fases Pré-obra (abril/2017 a julho/2019) e a fase de Operação (outubro/2019 a outubro/2024), dando ênfase aos resultados da amostragem realizada na Primavera de 2024 (outubro/2024). Destaca-se que os relatórios de ensaio de qualidade da água podem ser consultados no Anexo III.

A temperatura exerce influência nos organismos aquáticos e nos demais parâmetros avaliados, nos peixes atua diretamente no metabolismo (respiração, circulação, digestão, reprodução, órgãos sensoriais, produção de hormônios e de anticorpos) e na disponibilidade de oxigênio na água, portanto, tem um papel muito importante no equilíbrio do sistema aquático (Esteves, 2011).

Ao longo dos anos de estudo a temperatura da água oscilou de 10,3 °C (TRI - jul/19) a 32,1 °C (PAS S - jan/23), já na presente análise (Primavera/2024) as temperaturas da água oscilaram entre 19,0 °C (PAS F) e 25,3°C (PAS S) (Figura 3.2; Quadro 3.4).

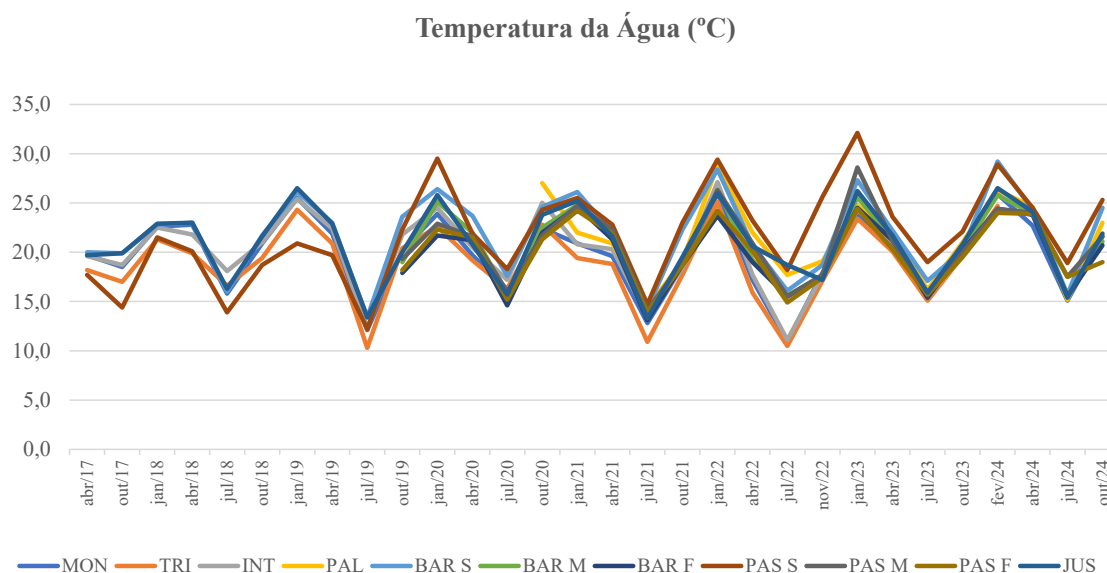


Figura 3.2 – Valores de temperatura da água (°C) registrados nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e outubro de 2024 (Primavera/2024), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante.

A temperatura do ar, ao longo dos anos, apresentou padrões semelhantes a temperatura da água, com maiores valores no verão e primavera e menores no inverno, sendo que a maior temperatura registrada durante as amostragens foi de 33,0°C enquanto a menor temperatura foi de 2,0°C. Considerando a presente análise, as temperaturas oscilaram entre 22°C (PAS S) e 26,0°C (PAL, BAR S e JUS) (Figura 3.3; Quadro 3.4).

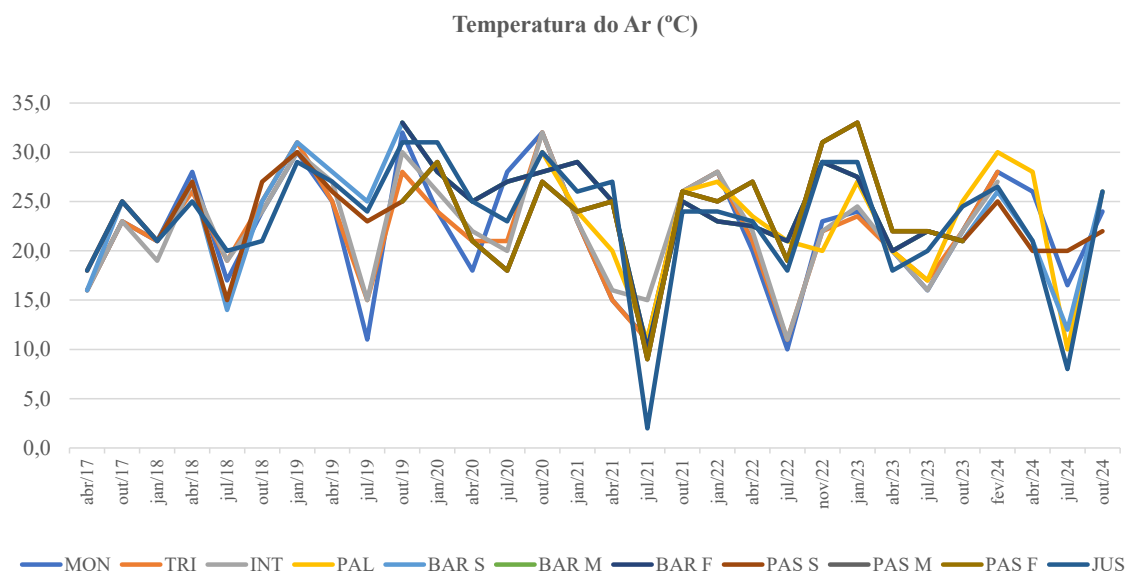


Figura 3.3 – Valores de temperatura do ar (°C) registrados nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e outubro de 2024 (Primavera/2024), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante.

Dentre os gases dissolvidos na água, o oxigênio é um dos mais importantes na dinâmica dos ecossistemas aquáticos (Esteves, 2011), sendo necessário para a respiração de organismos aeróbicos. A sobrevivência dos peixes, por exemplo, requer concentrações mínimas de oxigênio dissolvido entre 10% e 60% de saturação, dependendo da espécie e outras características do sistema aquático (Fiorucci & Filho, 2005).

Durante todo o período que compreendeu o monitoramento de qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, as concentrações de oxigênio dissolvido se mantiveram em conformidade com a resolução CONAMA 357/2005 (OD $\geq 5,00$ mg/L) durante as fases pré-obra, instalação e operação, exceto no mês de

outubro/2018 no local PAS na fase pré obra e nos locais BAR e PAS nas camadas meio e fundo, de ambos, durante quase toda a fase de operação (Figura 3.4).

Em outubro de 2024 as concentrações de oxigênio dissolvido oscilaram entre <1,56 mg/L (Limite de Quantificação do Método) no local PAS F e 7,98 mg/L (MON) (Figura 3.5; Quadro 3.4). Dessa forma, os locais BAR F, PAS M e PAS F estão em desacordo com o limite estabelecido pela resolução CONAMA nº 357/2005, para águas de classe 2, onde o oxigênio dissolvido não pode ser inferior a 5,00 mg/L.

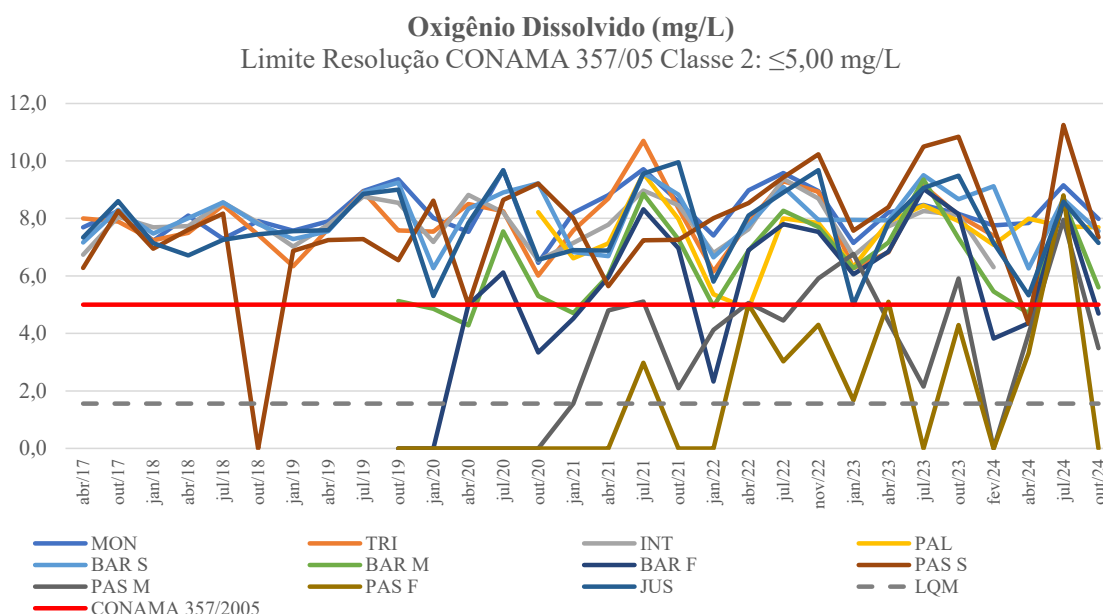


Figura 3.4 – Concentrações de oxigênio dissolvido (mg/L) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e outubro de 2024 (Primavera/2024), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante. (—) Limite da CONAMA nº 357/2005 – Classe 2; (---) Limite de Quantificação do Método (LQM).

Ao longo dos anos de estudo, as porcentagens de saturação seguiram o mesmo padrão do observado para as concentrações de oxigênio dissolvido, sendo registrados menores valores nos locais PAS (fase pré-obra), BAR M, BAR F, PAS M e PAS F (fase de operação) (Figura 3.5).

Com relação à porcentagem de saturação de oxigênio dissolvido na Primavera de 2024, o menor valor foi registrado no PAS F (3,6%) e o maior no local BAR S (90,9%) (Figura 3.5; Quadro 3.4). Para esse parâmetro a resolução CONAMA nº 357/2005 não estabelece limites.

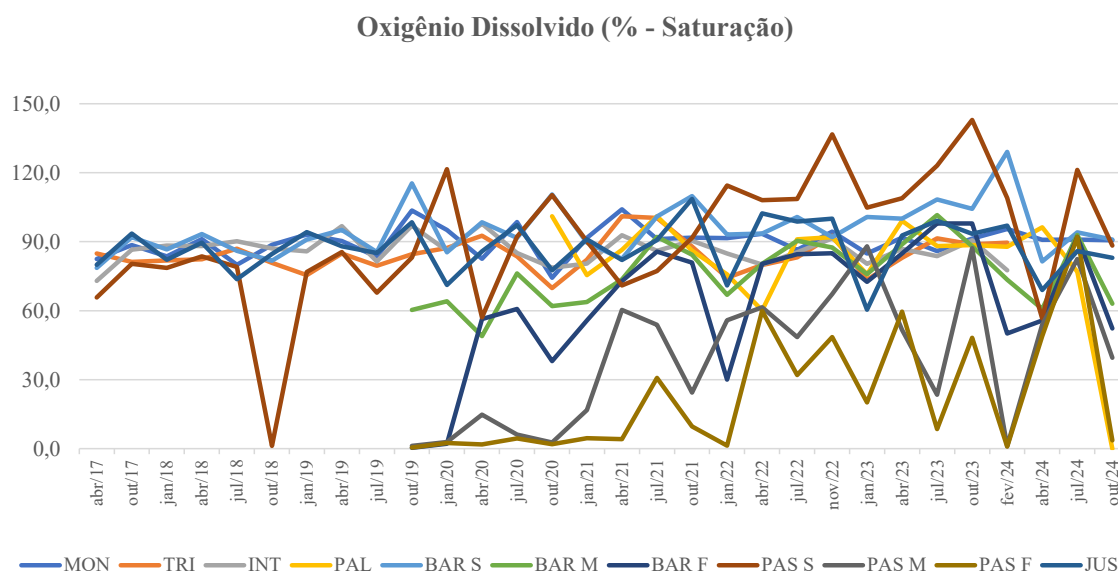


Figura 3.5 – Porcentagem de saturação de oxigênio registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e outubro de 2024 (Primavera/2024), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante.

O perfil de oxigênio dissolvido avaliado a cada metro no local BAR, não sofreu grandes variações nas concentrações de oxigênio dissolvido entre a superfície e o fundo, com concentrações entre 4,68 mg/L (18 metros de profundidade) e 8,21 mg/L (1 metro de profundidade), sendo que a partir de 16 metros de profundidade (4,88 mg/L) as concentrações ficaram abaixo do limite mínimo estabelecido pela resolução CONAMA nº 357/2005 (5,00 mg/L) (Figura 3.6). Com relação à temperatura, o perfil avaliado a cada metro, revelou o maior valor na superfície (24,5 °C), enquanto as menores concentrações ocorreram a partir de 18 metros de profundidade (Figura 3.6).

Em relação ao perfil do oxigênio dissolvido do córrego Passatempo (PAS) (Figura 3.7), as concentrações oscilaram entre 8,39 mg/L (1 metro de profundidade) e 0,36 mg/L (10 metros de profundidade), considerando o limite estabelecido pela resolução CONAMA nº 357/2005, para águas de classe 2, onde o oxigênio dissolvido não pode ser inferior a 5,00 mg/L, a partir de 4,5 metros de profundidade as concentrações ficaram abaixo do preconizado. A temperatura da água oscilou entre 25,3 °C na camada mais superficial e 19,0 °C a partir de 9 metros de profundidade.

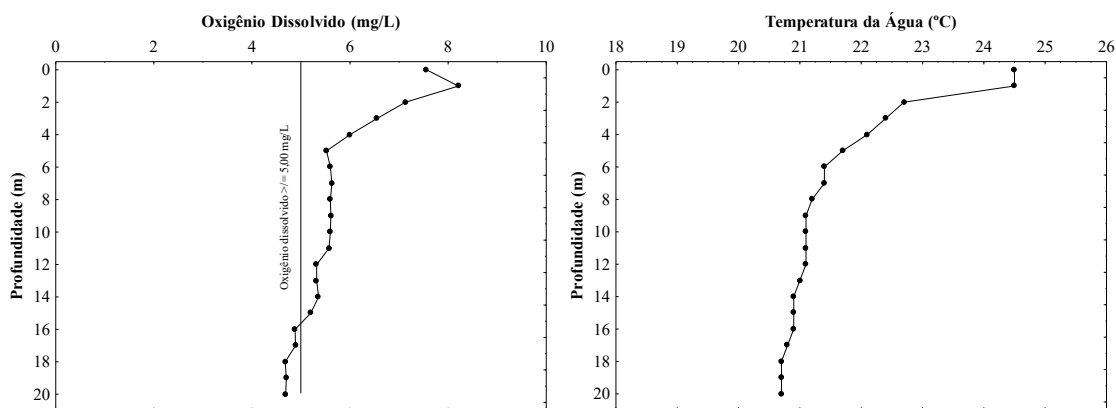


Figura 3.6 - Valores do perfil de Oxigênio Dissolvido e temperatura da água nas diferentes profundidades do local Barragem (BAR) na área de influência da UHE Tibagi Montante, no Primavera de 2024. (—) Limite da CONAMA nº 357/2005 – Classe 2.

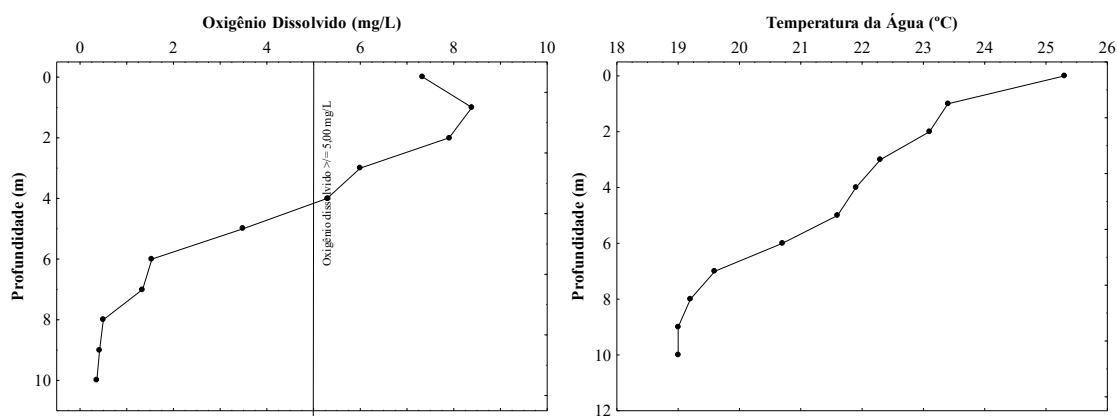


Figura 3.7 - Valores do perfil de Oxigênio Dissolvido (A) e temperatura da água (B) nas diferentes profundidades do local Passatempo (PAS), na área de influência da UHE Tibagi Montante, no Primavera de 2024. (—) Limite da CONAMA nº 357/2005 – Classe 2.

O pH influencia os ecossistemas aquáticos naturais devido a seus efeitos na fisiologia de diversas espécies, sendo que para que se conserve a vida aquática, o pH ideal deve variar entre 6,00 e 9,00 (Esteves, 2011).

Durante os estudos foram registrados poucos valores de pH fora do limite preconizado pela CONAMA 357/2005, a qual estabelece que o pH deve ficar entre a faixa de 6,00 a 9,00. Dessa forma, foram observados valores fora dessa faixa, principalmente nos meses janeiro/2022, julho/2022 e janeiro/2023, os quais foram observados nos locais BAR M, BAR F, PAS S, PAS M e PAS F (figura 3.8).

Já em outubro de 2024, os valores do potencial de íons hidrogênio (pH) na água, oscilaram entre 7,15 (PAS F) e 8,99 no local BAR S (Figura 3.8; Quadro 3.4),

assim, todos os locais apresentaram concentração dentro do limite estabelecido pela resolução CONAMA nº 357/2005, para águas de classe 2 (entre 6,00 e 9,00).

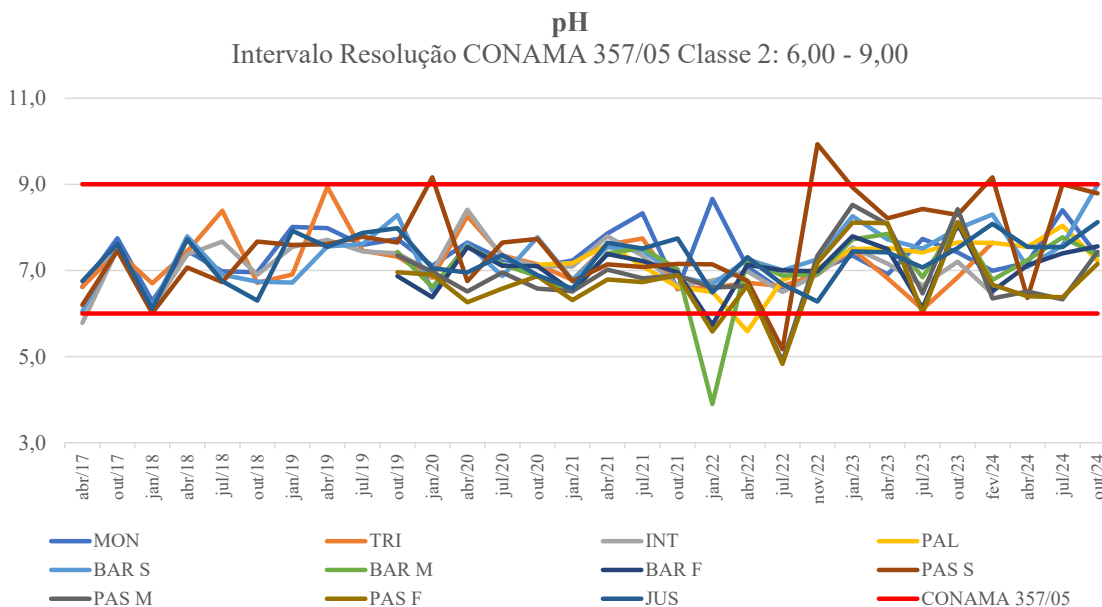


Figura 3.8 – Valores de pH registrados nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e outubro de 2024 (Primavera/2024), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante. (—) Limite da CONAMA nº 357/2005 – Classe 2.

A alcalinidade é a capacidade da água em consumir ou neutralizar ácidos, sendo devida principalmente à presença de bicarbonatos, carbonatos, bromatos, silicatos, fosfatos e hidróxidos, formados pela ação do dióxido de carbono sobre os minerais do sedimento (Esteves, 2011).

No decorrer dos estudos, a alcalinidade apresentou valores que variaram desde abaixo do limite de quantificação do método ($< 0,13$ mg/L) a 32,5 mg/L, salvo durante o mês de outubro/2018 no local PAS onde foram registrados 183,9 mg/L de alcalinidade total (Figura 3.9).

Já nesta campanha os valores de alcalinidade total oscilaram entre 17,17 mg/L (MON e BAR M) e 24,24 mg/L (PAS F) (Figura 3.9; Quadro 3.4). A resolução CONAMA nº 357/2005, não estabelece limites para este parâmetro.

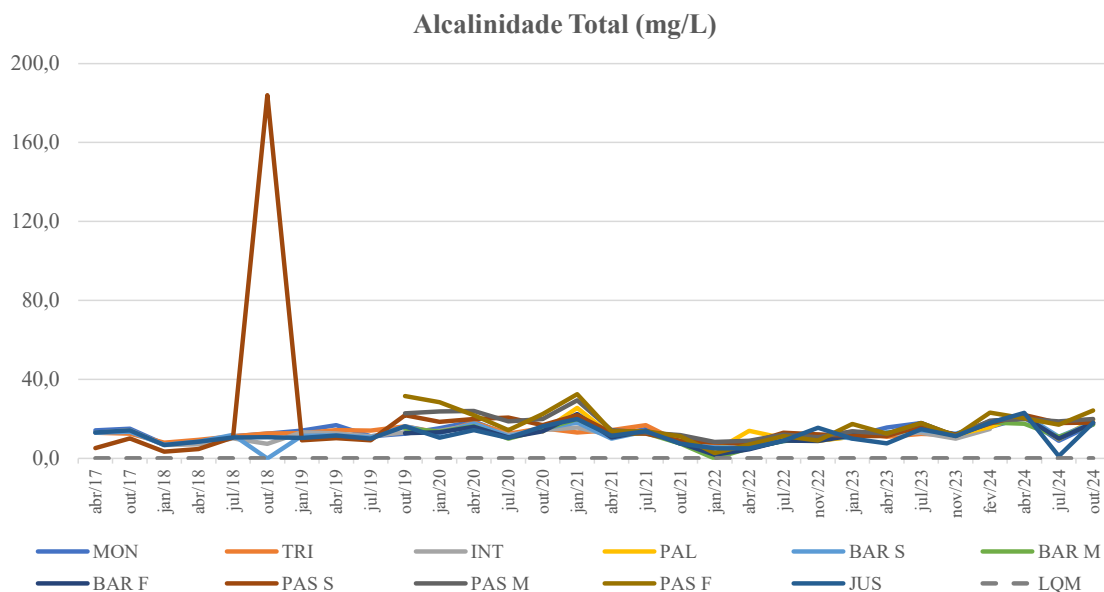


Figura 3.9 – Valores de alcalinidade total (mg/L) registrados nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e outubro de 2024 (Primavera/2024), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante. (– –) Limite de Quantificação do Método (LQM).

A turbidez reflete o grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessar a água devido à presença de sólidos em suspensão (Esteves, 2011).

A turbidez apresentou pouca variação ao longo dos anos de estudo, porém, durante a fase pré-obra foram registrados valores acima do limite estabelecido pela resolução CONAMA 357/2005 ($\leq 100,0$ NTU) apenas nos locais PAS e TRI, já após a formação do reservatório (fase de operação) foram registrados valores acima do preconizado pela resolução nos locais MON, INT e TRI (Figura 3.10).

Na amostragem do mês de outubro de 2024 os valores de turbidez oscilaram entre 5,15 NTU (PAS M) e 30,2 NTU (MON) (Figura 3.10; Quadro 3.4), desta forma não foram observados valores acima do limite estabelecido pela resolução CONAMA nº 357/2005, a qual estabelece como máximo o valor de 100 NTU para águas de classe 2.

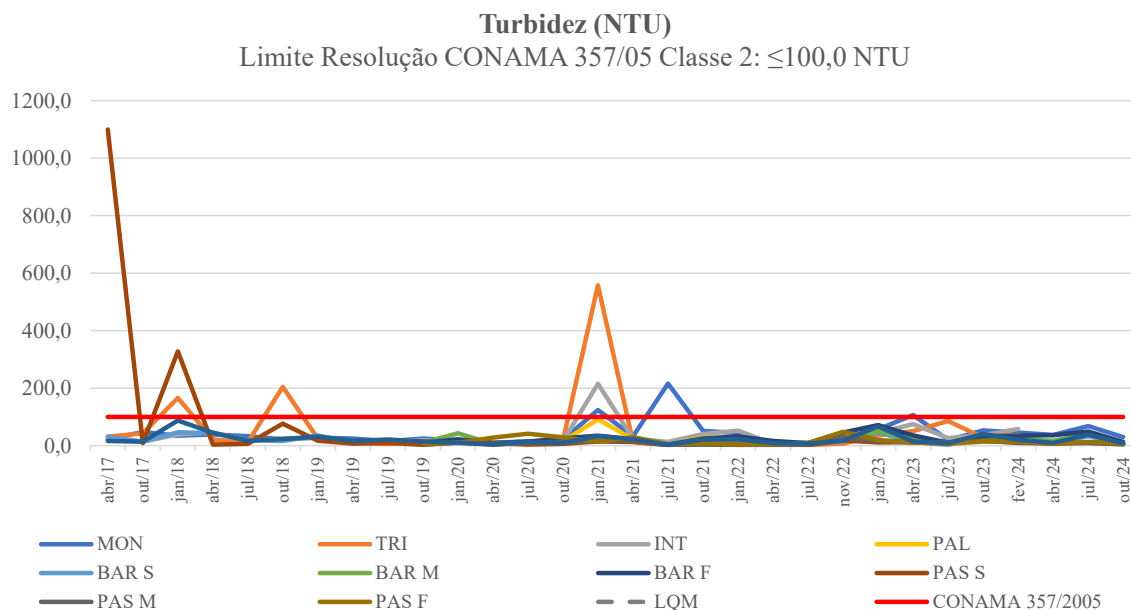


Figura 3.10 – Valores de turbidez (NTU) registrados nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e outubro de 2024 (Primavera/2024), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante. (—) Limite da CONAMA nº 357/2005 – Classe 2.

A transparência, uma das mais antigas e básicas ferramentas usadas pelos limnólogos em todo o mundo, é a medida da penetração vertical da luz solar na coluna d'água, sendo afetada basicamente por algas e material em suspensão (Esteves, 2011).

Considerando os dados consolidados para a transparência da água, o maior valor registrado na área de influência da UHE Tibagi Montante ocorreu no local BAR S no mês de abril/2020, enquanto o menor foi verificado no local PAS S no mês de outubro de 2018 (Figura 3.11).

Considerando apenas a amostragem realizada no mês de outubro de 2024, a transparência apresentou o menor valor no local MON (0,45 m) e o maior no local JUS (1,05 m) (Figura 3.11; Quadro 3.4). A resolução CONAMA nº 357/2005, não estabelece limites para este parâmetro.

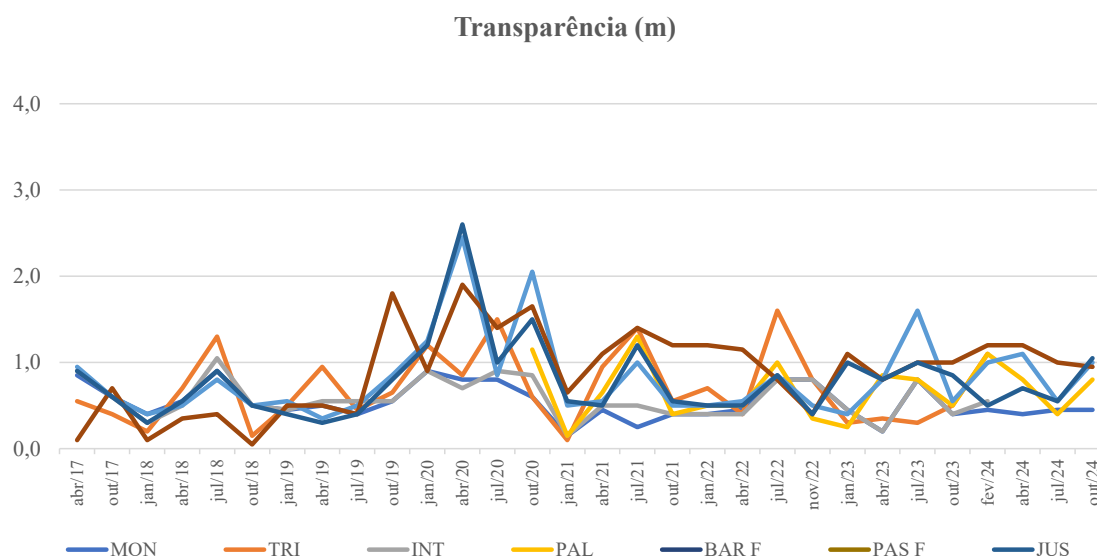


Figura 3.11 – Valores de transparência (m) registrados nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e outubro de 2024 (Primavera/2024), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante.

A condutividade elétrica está relacionada à concentração de íons dissolvidos no corpo de água, portanto, quanto maior a concentração dos íons dissolvidos, maior o valor da condutividade elétrica.

Os maiores valores de condutividade elétrica, no decorrer dos estudos, foram registrados durante o mês de outubro de 2018, sendo que o maior valor foi verificado no local PAS S (906,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$). No geral, a condutividade elétrica apresentou pouca variação ao longo dos anos, mantendo pouca oscilação dentro de cada mês de amostragem (Figura 3.12).

Nesta coleta o menor valor de condutividade elétrica foi registrado no local PAS M (58,6 $\mu\text{S}/\text{cm}$) e o maior no local BAR F (68,9 $\mu\text{S}/\text{cm}$) (Figura 3.12; Quadro 3.4). A resolução CONAMA 357/2005, não estabelece limites para este parâmetro.

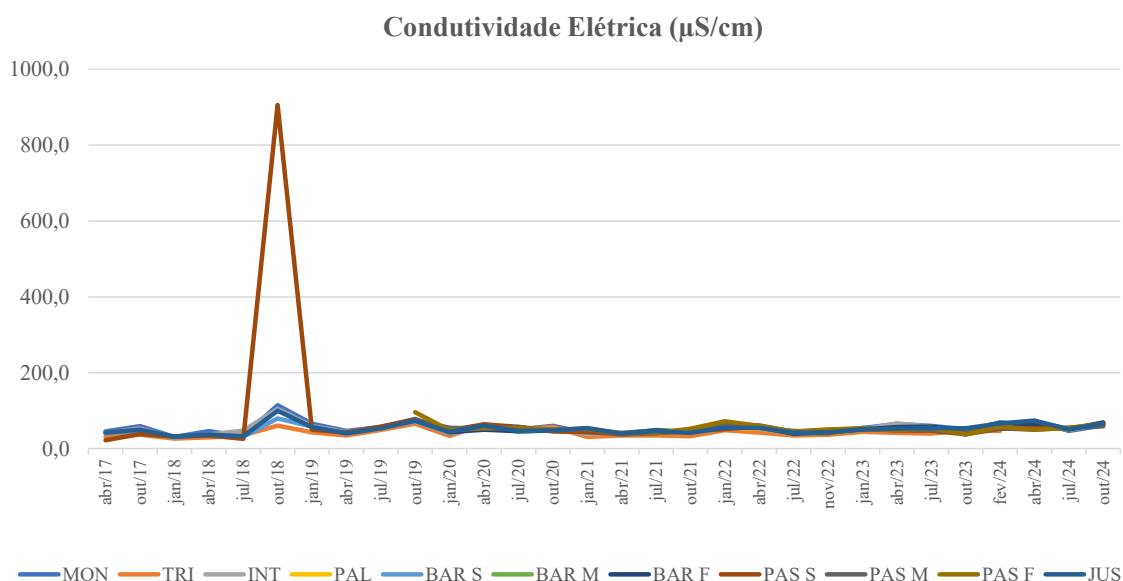


Figura 3.12 – Valores de condutividade elétrica ($\mu\text{S/cm}$) registrados nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e outubro de 2024 (Primavera/2024), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante.

Segundo Funasa (2013), a cor de uma amostra de água está associada à presença de sólidos dissolvidos, principalmente materiais em estado coloidal orgânico e inorgânico, sendo que dentre os coloides orgânicos, podem ser mencionados os ácidos húmicos e fúlvicos, substâncias naturais resultantes da decomposição parcial de compostos orgânicos presentes em folhas e outros substratos. Ainda segundo esse autor, os esgotos domésticos se caracterizam por apresentar predominantemente matéria orgânica em estado coloidal, além de diversos efluentes industriais, que contêm taninos (efluentes de curtumes, por exemplo), anilinas (efluentes de indústrias têxteis, indústrias de pigmentos etc.), lignina e celulose (efluentes de indústrias de celulose e papel, da madeira etc.). Há também compostos inorgânicos capazes de causar cor na água e os principais são os óxidos de ferro e manganês, que são abundantes em diversos tipos de solo (Funasa, 2013). Entretanto, para a população em geral, o maior problema de cor na água é o estético, já que causa um efeito repulsivo (Funasa, 2013).

Com relação à cor aparente, considerando os dados consolidados, os valores oscilaram de 4.907,3 UC (TRI) a 25,0 UC (PAS S) (Figura 3.13). A resolução CONAMA 357/2005, estabelece um limite máximo de 75 UC para águas de classe 2, dessa forma, ao longo de todo o período amostrado, foram registrados valores acima do permitido em

todos os locais de amostragem, contudo, durante os meses de estiagem os valores de cor registrados ficaram abaixo do limite máximo estabelecido pela resolução.

Durante o mês de outubro de 2024, todos os locais onde foram realizadas análises de cor apresentaram valores acima do limite estabelecido pela resolução CONAMA 357/2005 (75,0 UC), sendo que o maior valor foi registrado no local MON (214,5 UC) e o menor no local JUS (110,0 UC) (Figura 3.13; Quadro 3.4).

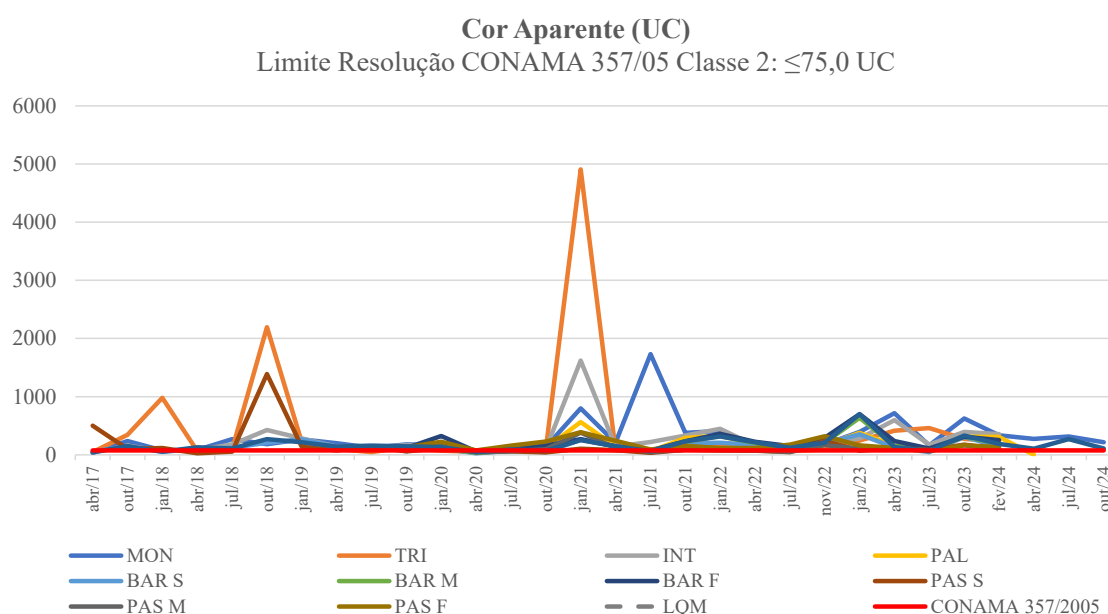


Figura 3.13 – Valores de cor aparente (UC) registrados nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e outubro de 2024 (Primavera/2024), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante. (—) Limite da CONAMA nº 357/2005 – Classe 2.

O fósforo é um elemento essencial para o funcionamento e para o crescimento das plantas aquáticas, uma vez que é componente de ácidos nucleicos e adenosina trifosfato (Esteves, 2011). O fluxo de fósforo nas águas continentais depende de processos geoquímicos nas bacias hidrográficas, sendo que os fosfatos dissolvidos são derivados do processo de lixiviação de minerais (Tundisi & Matsumura-Tundisi, 2008).

As concentrações de fósforo total, considerando todo o período de amostragem, variaram de 0,008 a 2,200 mg/L, sendo que as maiores concentrações foram verificadas no local PAS em outubro de 2018 e no local TRI em janeiro de 2021. A resolução CONAMA 357/2005 estabelece como limite para ambientes lóticos 0,1 mg/L de fósforo total enquanto para reservatório esse limite é de 0,05 mg/L. Dessa forma, ao

longo dos estudos, foram registradas concentrações de fósforo total em desacordo com a resolução, em praticamente todos os meses (Figura 3.14).

Em outubro de 2024 as concentrações de fósforo total oscilaram entre 0,113 mg/L (PAS S) e 0,198 mg/L (MON) (Figura 3.14; Quadro 3.4). Considerando os limites da resolução CONAMA 357/2005, para águas de classe 2 para os pontos de reservatório ($\leq 0,05$ mg/L) e para os pontos de rio ($\leq 0,1$ mg/L), tanto os locais situados em ambiente lântico (reservatório), quanto os locais situados em trechos lóticos (rio) apresentaram concentrações de fósforo total acima do limite preconizado pela resolução em questão.

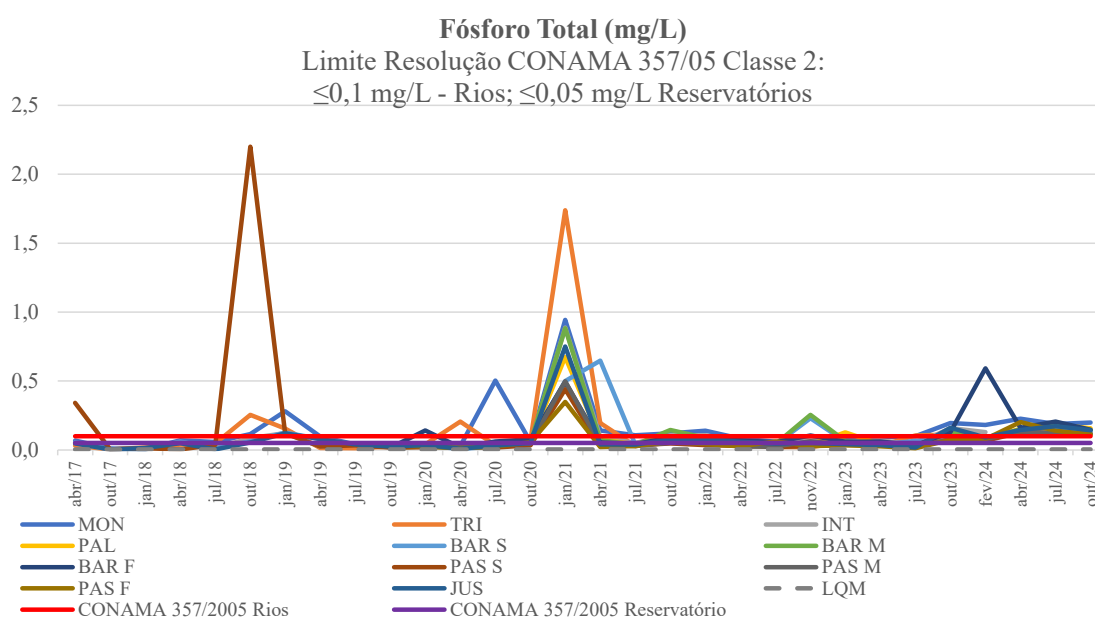


Figura 3.14 – Concentrações de fósforo total (mg/L) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e outubro de 2024 (Primavera/2024), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante. (—) Limite da CONAMA nº 357/2005 – Classe 2 para Rios; (---) Limite da CONAMA nº 357/2005 – Classe 2 para Reservatórios; (- - -) Limite de Quantificação do Método (LQM).

Ao longo dos anos de amostragem, as concentrações de fosfato-ortofosfato oscilaram entre concentrações abaixo do limite de quantificação do método (LQM $< 0,001$ mg/L) e 0,395 mg/L (Figura 3.15).

Com relação ao fosfato, considerando a amostragem atual, o menor valor registrado foi de 0,010 mg/L no local JUS, enquanto o maior valor (0,157 mg/L) foi registrado no local PAL (Figura 3.15; Quadro 3.4). A resolução CONAMA nº 357/2005, não estabelece limites para este parâmetro.

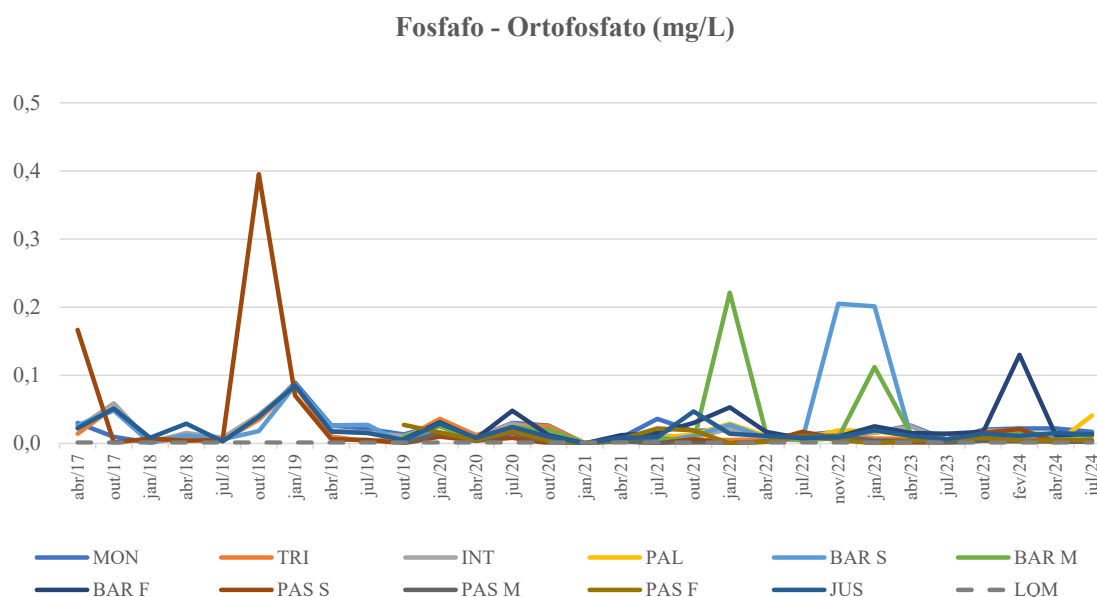


Figura 3.15 – Concentrações de ortofosfato (mg/L) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre os meses de abril/2017 (outono/2017) e outubro de 2024 (Primavera/2024), compreendendo as fases pré-obra e operação da UHE Tibagi Montante. (– –) Limite de Quantificação do Método (LQM).

As formas nitrogenadas no ambiente aquático são encontradas de maneiras variadas, tanto na parcela orgânica, como na inorgânica, no material particulado ou no material dissolvido. As formas inorgânicas do nitrogênio, conforme esse autor são as predominantes, sendo o nitrogênio amoniacal (NH_3), nitrato (NO_3), nitrito (NO_2) e suas formas combinadas as mais comuns, além do nitrogênio total dissolvido (N_2), que resulta do somatório de todas as formas (Esteves, 2011).

Em todo o período de estudo, as concentrações de nitrogênio amoniacal oscilaram entre $< 0,009$ mg/L (Limite de Quantificação do Método) e 138,0 mg/L no local PAS S (Figura 3.10). Considerando os limites estabelecidos (3,7 mg/L para $\text{pH} \leq 7,5$; 2,0 mg/L para $7,5 < \text{pH} \leq 8,0$; 1,0 mg/L para $8,0 < \text{pH} \leq 8,5$) pela resolução CONAMA nº 357/2005, foram registrados valores acima do permitido apenas no local PAS S em outubro/2018 e no local TRI em janeiro/2021.

Já em outubro de 2024 os valores de nitrogênio amoniacal oscilaram entre $< 0,009$ mg/L (limite de Quantificação do Método) no local PAS S e 0,907 mg/L no local PAS F (Figura 3.16; Quadro 3.4), dessa forma todos os locais se encontraram dentro do limite preconizado pela resolução CONAMA 357/2005.

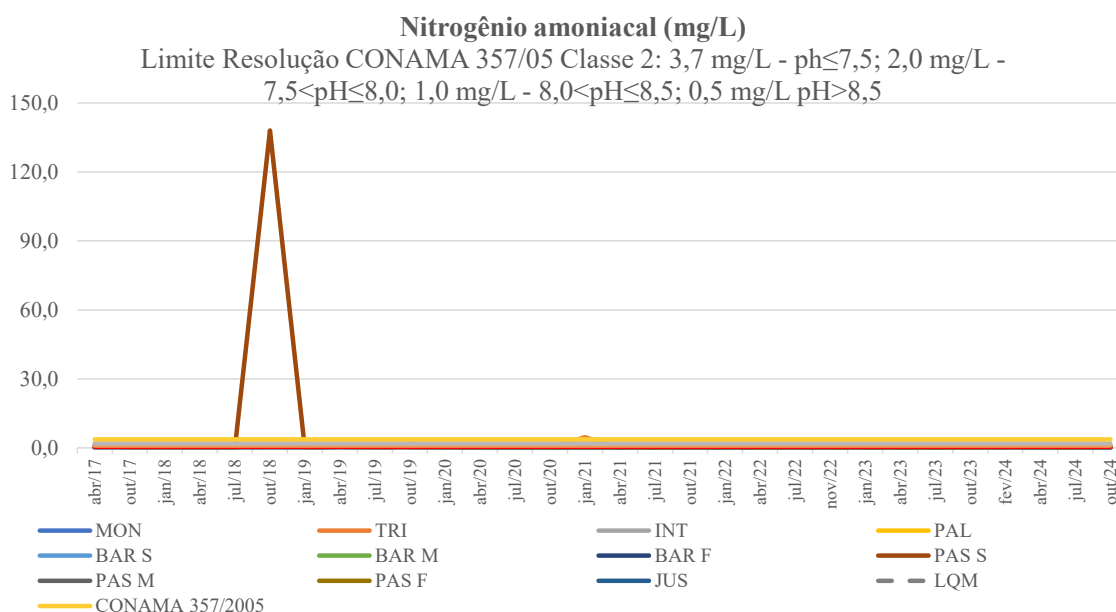


Figura 3.16 – Concentrações de nitrogênio amoniacal (mg/L) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e outubro de 2024 (Primavera/2024), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante. (—) Limite da CONAMA nº 357/2005 – Classe 2 para Rios; (---) Limite de Quantificação do Método (LQM).

Com relação ao nitrogênio orgânico, a menor concentração foi registrada no local BAR S em outubro 2017 (0,056 mg/L) e a maior no local PAS S em outubro 2018 (10,0 mg/L), considerando o período de estudos que compreende as fases de pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante (Figura 3.17). Já no que se refere a amostragem realizada em outubro de 2024, os valores de nitrogênio orgânico oscilaram entre 0,34 mg/L (JUS) e 0,95 mg/L (PAS F) (Figura 3.17; Quadro 3.4). Para este parâmetro a resolução CONAMA nº 357/2005, não estabelece limites.

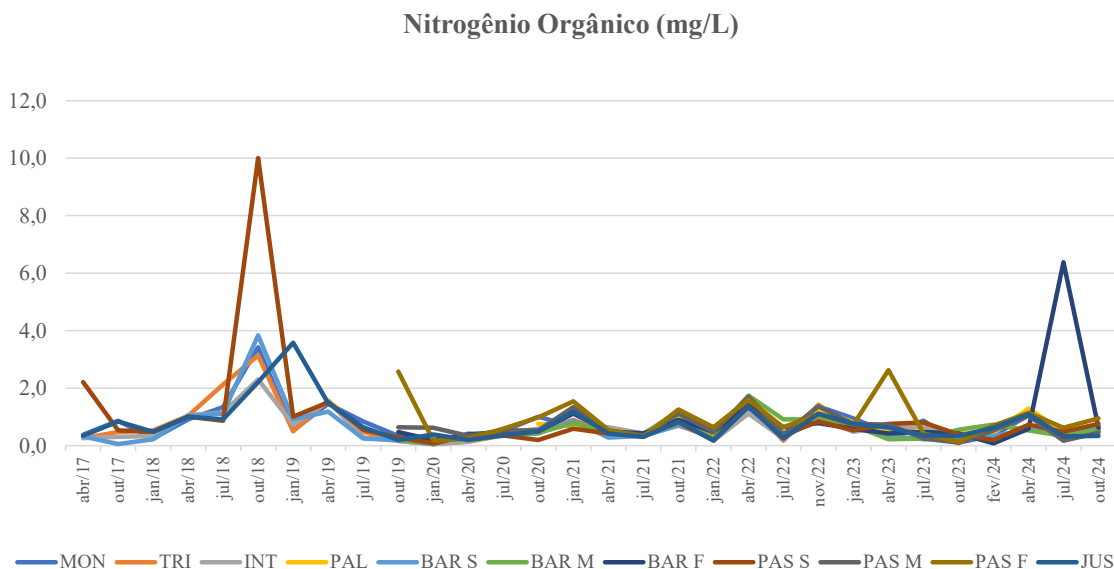


Figura 3.17 – Concentrações de nitrogênio orgânico (mg/L) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e outubro de 2024 (Primavera/2024), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante. (—) Limite da CONAMA nº 357/2005 – Classe 2 para Rios; (---) Limite de Quantificação do Método (LQM).

O nitrato ocorre em quantidades pequenas em águas superficiais e pode atingir níveis elevados em águas subterrâneas. Nas águas residuais em geral é encontrado pouco nitrato, exceção feita aos efluentes do tratamento biológico. O nitrato é a principal forma de nitrogênio encontrada nas águas e, quando em elevadas concentrações, pode conduzir a um processo de eutrofização (Esteves, 2011).

Durante todo o período de estudos na área de influência da UHE Tibagi Montante, as concentrações de nitrato ficaram abaixo do limite estabelecido pela resolução CONAMA 357/2005, exceto nos meses de outubro de 2018 (PAS), janeiro de 2021 (MON, INT e TRI), julho de 2021 (MON), janeiro de 2023 (TRI) e abril de 2023 (MON) (Figura 3.18), nos demais meses e locais não foram registradas concentrações de nitrato acima do permitido pela resolução.

Na presente análise a menor concentração de nitrato foi registrada no local PAS M (1,82 mg/L), enquanto a maior ocorreu no local BAR F (5,04 mg/L) (Figura 3.18; Quadro 3.4), dessa forma, todos os locais atenderam as normativas estabelecidas pela resolução CONAMA 357/2005 (< 10,0 mg/L).

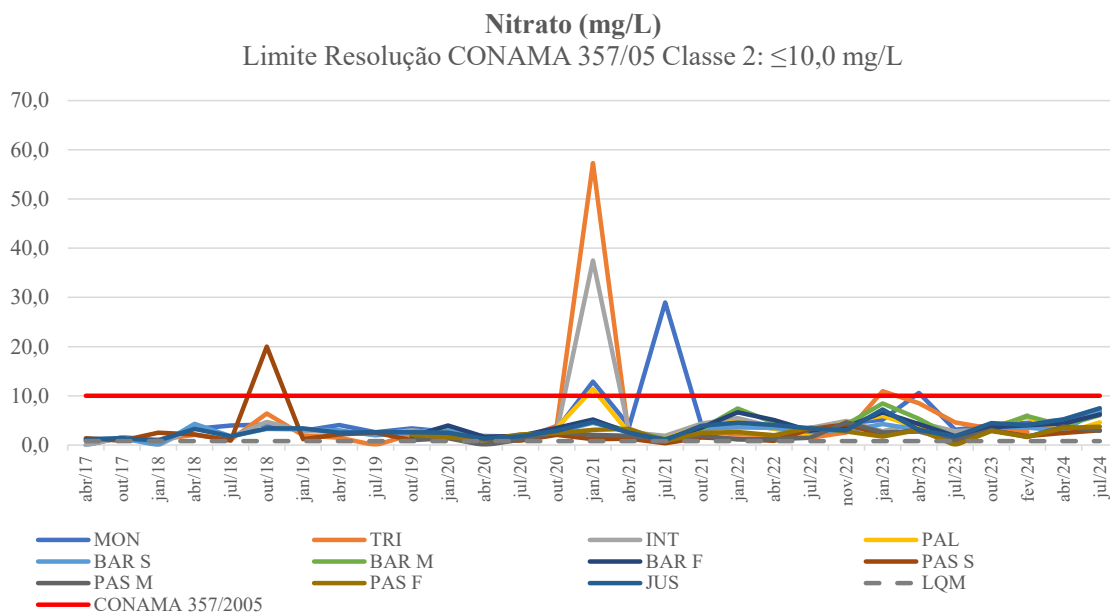


Figura 3.18 – Concentrações de nitrato (mg/L) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e outubro de 2024 (Primavera/2024), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante. (—) Limite da CONAMA nº 357/2005 – Classe 2 para Rios; (---) Limite de Quantificação do Método (LQM).

O nitrito é uma forma química do nitrogênio normalmente encontrada em quantidades reduzidas nas águas superficiais, pois é instável na presença do oxigênio, ocorrendo como uma forma intermediária no processo de nitrificação, no qual a amônia é transformada (oxidada) por bactérias em nitrito e logo para nitrato (Esteves, 2011). O íon nitrito pode ser utilizado pelas plantas como uma fonte de nitrogênio e sua presença na água indica processos biológicos ativos influenciados por poluição orgânica, sendo que em altas concentrações ($> 1,0$ mg/L) é tóxico aos organismos aquáticos (Esteves, 2011).

Considerando toda a fase de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, não foram observadas concentrações de nitrito acima do limite estabelecido pela resolução CONAMA 357/2005, a qual preconiza como limite concentrações menores ou iguais a $1,00$ mg/L de nitrito. No contexto geral, o nitrito oscilou entre valores abaixo do limite quantificação do método ($0,002$ mg/L) e $0,92$ mg/L no local INT em janeiro de 2019 (Figura 3.19).

Em outubro de 2024, a menor concentração de nitrito foi registrada no local PAS M ($0,029$ mg/L), enquanto a maior concentração ocorreu no local MON ($0,140$ mg/L) (Figura 3.11). Conforme citado anteriormente, de acordo com a resolução

CONAMA 357/2005, para águas de classe 2, é permitida a presença de até 1,0 mg/L de nitrito, assim, todos os locais apresentaram-se dentro do limite estabelecido.

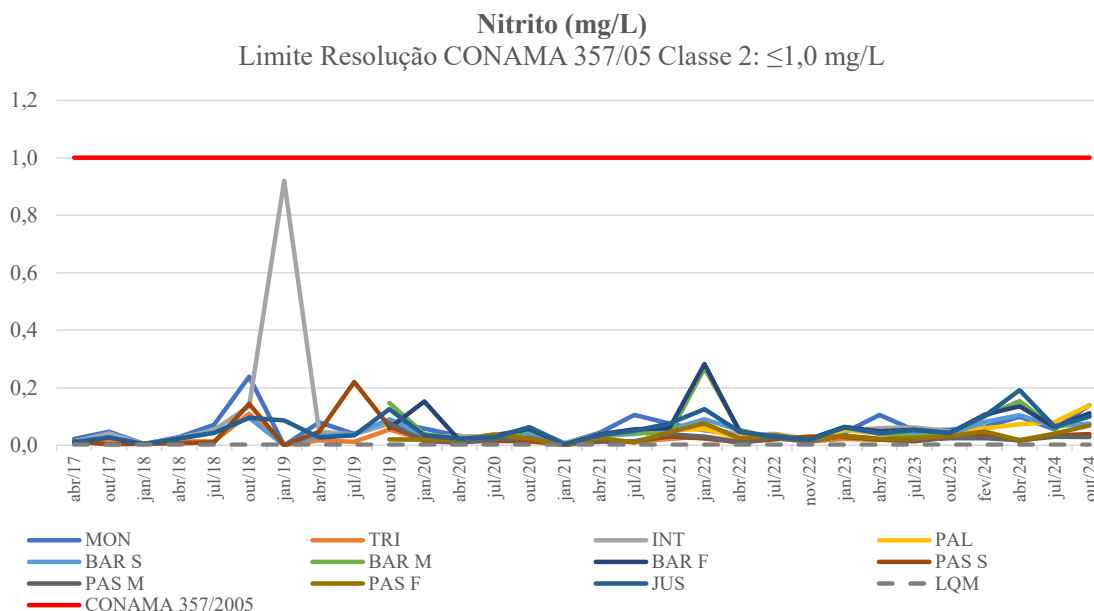


Figura 3.19 – Concentrações de nitrito (mg/L) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e outubro de 2024 (Primavera/2024), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante. (—) Limite da CONAMA nº 357/2005 – Classe 2 para Rios; (---) Limite de Quantificação do Método (LQM).

A Demanda Bioquímica de Oxigênio no meio aquático é a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica para uma forma inorgânica estável por decomposição microbiana aeróbica (Cetesb, 2016).

Ao longo de todo o período de estudos, foram registradas concentrações acima do limite preconizado pela resolução CONAMA 357/2005 nos meses de outubro/2018, abril/2019, abril/2022 e novembro/2022, sendo a maior concentração verificada no local PAS S (31,65 mg/L) (Figura 3.20).

Já na Primavera de 2024, os valores da DBO oscilaram entre $<1,00$ mg/L (Limite de Quantificação do Método) (PAL e BAR F) e 3,56 mg/L (PAS S) (Figura 3.20; Quadro 3.4). Assim, todos os locais apresentaram concentrações abaixo do limite máximo estabelecido pela resolução CONAMA 357/2005 ($\leq 5,00$ mg/L).

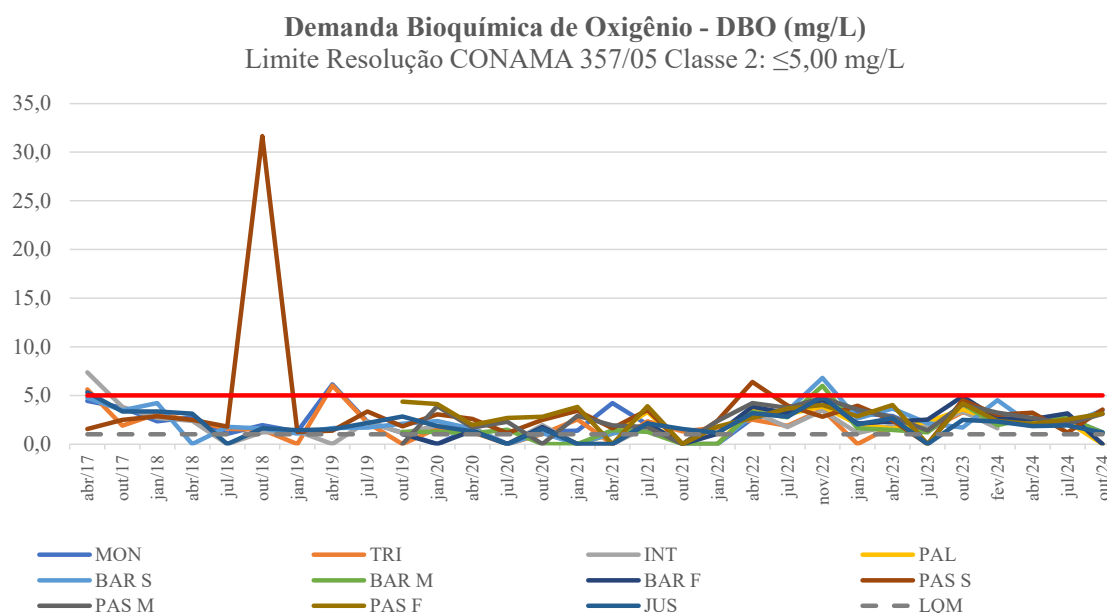


Figura 3.20 – Concentrações de DBO (mg/L) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e outubro de 2024 (Primavera/2024), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante. (—) Limite da CONAMA nº 357/2005 – Classe 2 para Rios; (---) Limite de Quantificação do Método (LQM).

A Demanda Química de Oxigênio é a quantidade de oxigênio necessária para oxidação da matéria orgânica através de um agente químico, seus valores normalmente são maiores que os da DBO e o seu aumento num corpo de água deve-se principalmente a despejos de origem industrial, sendo muito útil quando utilizada conjuntamente com a DBO para analisar a biodegradabilidade de despejos (Cetesb, 2016).

O monitoramento de qualidade de água entre abril/2017 e julho/2024 apresentou maiores concentrações de DQO nos locais PAS S e BAR M em abril de 2020 (213,3 mg/L e 160,0 mg/L, respectivamente), enquanto as menores concentrações ficaram abaixo do limite de quantificação do método ($LQM < 3,00$ mg/L) (Figura 3.21). Para este parâmetro, a resolução CONAMA nº 357/2005 não prevê concentrações limites.

Durante a amostragem de outubro de 2024, as concentrações de DQO oscilaram entre $< 3,00$ mg/L (Limite de Quantificação do Método) no local MON e 33,62 mg/L no local BAR S (Figura 3.21; Quadro 3.4).

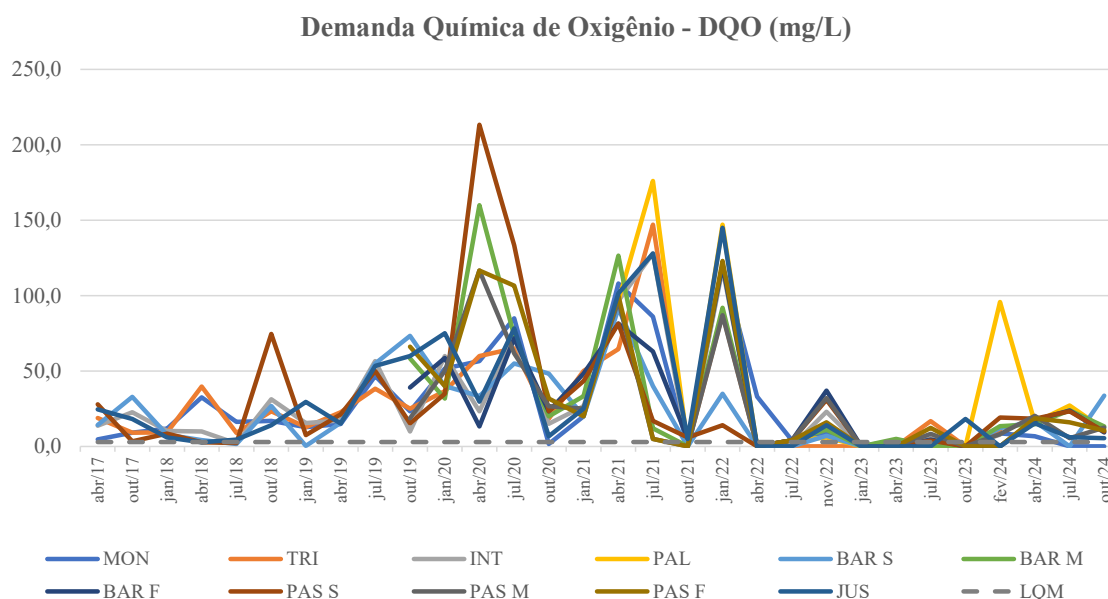


Figura 3.21 – Concentrações de DQO (mg/L) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e outubro de 2024 (Primavera/2024), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante. (---) Limite de Quantificação do Método (LQM).

A clorofila é um dos pigmentos, além dos carotenoides e ficobilinas, responsáveis pelo processo fotossintético (Esteves, 2011). A clorofila-*a* é a mais universal das clorofilas e representa de 1 a 2% do peso seco do material orgânico em todas as algas planctônicas, sendo um indicador da biomassa de algas. Assim a clorofila-*a* é considerada a principal variável indicadora de estado trófico dos ambientes aquáticos.

As concentrações de clorofila-*a*, durante todo período analisado, apresentaram valores entre abaixo do LQM ($< 0,56 \mu\text{g/L}$) e $54,24 \mu\text{g/L}$ registrado no local PAS S em novembro/2022 (Figura 3.22). Sendo assim, ao longo de todo o período de estudos, apenas o local PAS S, no mês supracitado, apresentou concentração acima do limite estabelecido pela resolução CONAMA 357/2005, para águas de classe 2 ($\leq 30,0 \mu\text{g/L}$).

Já no mês de outubro de 2024, a clorofila-*a* apresentou menor concentração no local PAL ($0,96 \mu\text{g/L}$) e maior no local JUS ($3,65 \mu\text{g/L}$) (Figura 3.22; Quadro 3.4), dessa forma todos os locais ficaram abaixo do limite máximo estabelecido pela resolução CONAMA 357/2005.

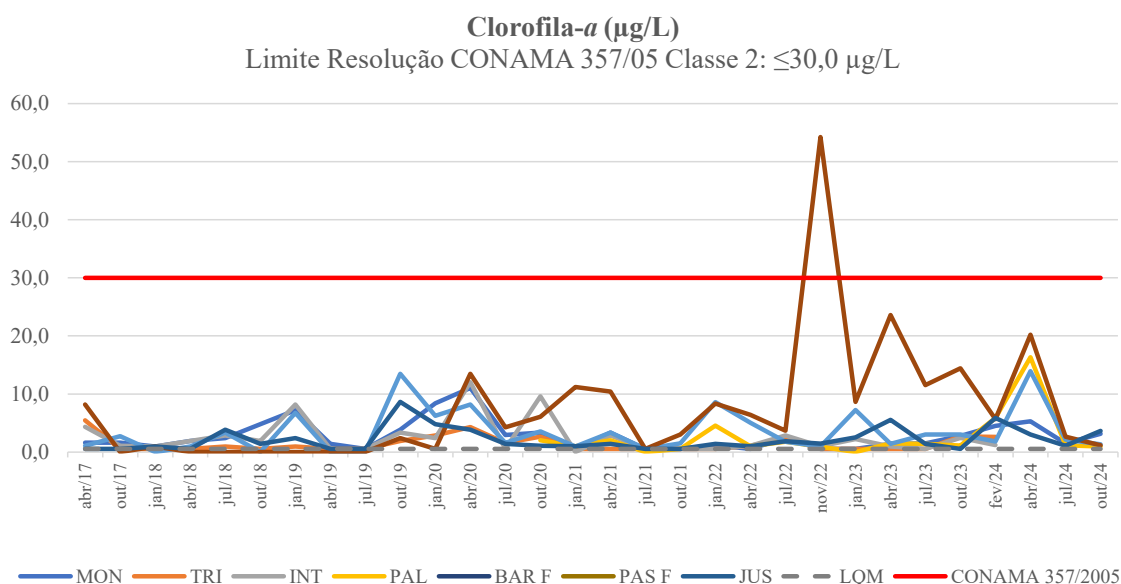


Figura 3.22 – Concentrações de clorofila-*a* (µg/L) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e outubro de 2024 (Primavera/2024), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante. (—) Limite da CONAMA nº 357/2005 – Classe 2 para Rios; (---) Limite de Quantificação do Método (LQM).

O conhecimento do teor de cloretos na água tem por finalidade obter informações sobre o seu grau de mineralização ou indícios de poluição, com esgotos domésticos e resíduos industriais (Funasa, 2013).

As concentrações de cloretos, ao longo de todos os estudos, ficaram abaixo do limite recomendado pela resolução CONAMA 357/2005, para águas de classe 2 (≤ 250 mg/L), oscilando entre valores abaixo do limite quantificação do método ($< 1,02$ mg/L) e 18,49 mg/L no local PAS S em outubro de 2018 (Figura 3.23).

Em outubro de 2024 as concentrações de cloretos oscilaram entre 4,31 mg/L no local MON e 4,41 mg/L no local JUS (Figura 3.23; Quadro 3.4), dessa forma todos os locais ficaram abaixo do limite máximo preconizado pela resolução CONAMA 357/2005.

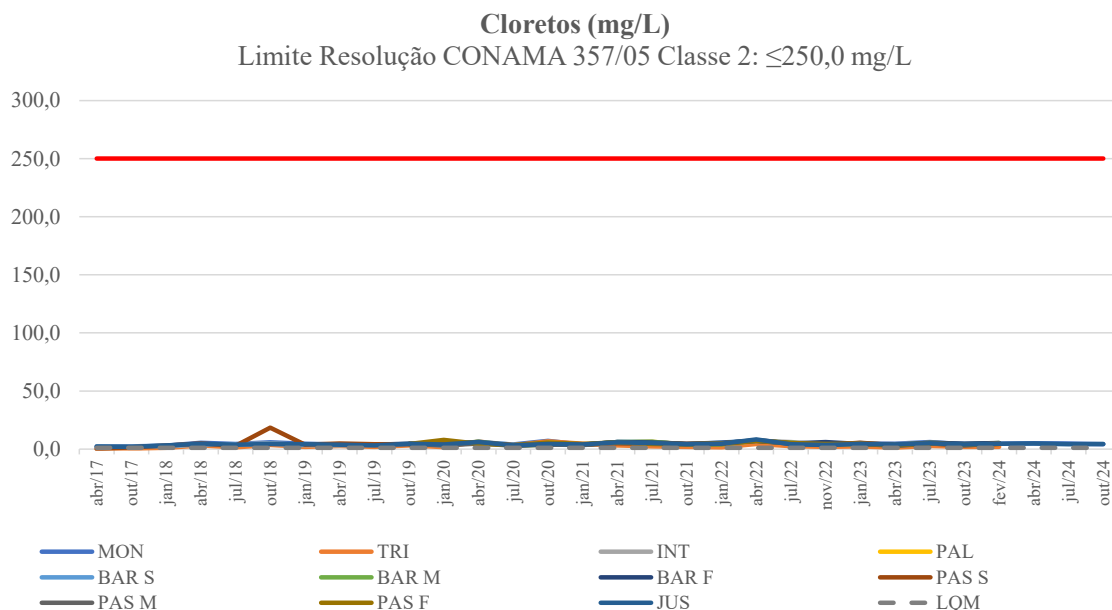


Figura 3.23 – Concentrações de cloretos (mg/L) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e outubro de 2024 (Primavera/2024), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante. (—) Limite da CONAMA nº 357/2005 – Classe 2 para Rios; (---) Limite de Quantificação do Método (LQM).

Em saneamento, os sólidos na água (totais, em suspensão, dissolvidos, fixos e voláteis) correspondem a toda matéria que permanece como resíduo após os processos de evaporação, secagem ou calcinação da amostra a uma temperatura pré-estabelecida, durante determinado tempo (Cetesb, 2016). O conjunto dos sólidos dissolvidos totais na água é formado por sais como cloretos, bicarbonatos, sulfatos e outros, que podem conferir sabor salino e propriedades laxativas à água (Cetesb, 2016). O material em suspensão é o material particulado não dissolvido, encontrado no corpo d'água, composto por substâncias inorgânicas e orgânicas, incluindo-se aí os organismos planctônicos (fito e zooplâncton), cuja principal influência é na diminuição da transparência da água, impedindo a penetração da luz.

Ao longo dos anos, as maiores concentrações de sólidos totais dissolvidos, foram registradas nos locais INT em abril/2017 e PAS S em abril/2017 e outubro/2018. Considerando o limite estabelecido pela resolução CONAMA nº 357/2005, para águas de classe 2 ($\leq 500,0$ mg/L) apenas o local INT no mês de abril/2017 apresentou concentração de sólidos totais dissolvidos em desacordo com a resolução (Figura 3.24).

Com relação a amostragem do mês de outubro de 2024, as concentrações de sólidos totais dissolvidos oscilaram entre 44,00 mg/L (JUS) e 63,00 mg/L (BAR F)

(Figura 3.24; Quadro 3.4). Assim, todos os valores observados mostraram-se dentro do limite estabelecido pela resolução CONAMA nº 357/2005, para águas de classe 2 (≤ 500 mg/L).

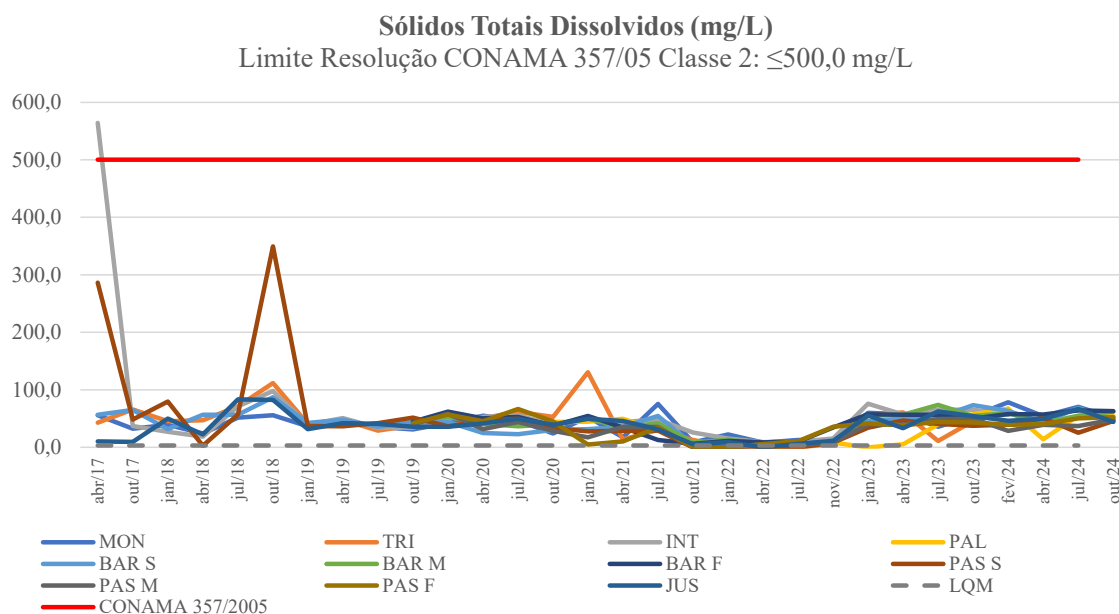


Figura 3.24 – Concentrações de sólidos totais dissolvidos (mg/L) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e outubro de 2024 (Primavera/2024), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante. (—) Limite da CONAMA nº 357/2005 – Classe 2 para Rios; (---) Limite de Quantificação do Método (LQM).

As maiores concentrações de sólidos suspensos totais, ao longo dos anos estudados foram registradas nos locais PAS S em janeiro/2018 e TRI em janeiro/2021. Para este parâmetro a resolução CONAMA nº 357/2005, não prevê concentrações limites (Figura 3.25).

Para os sólidos suspensos, em outubro de 2024, as menores concentrações ocorreram no local PAS S (5,00 mg/L), enquanto a maior concentração foi registrada no local MON (20,00 mg/L) (Figura 3.25; Quadro 3.4).

Sólidos Suspensos Totais (mg/L)

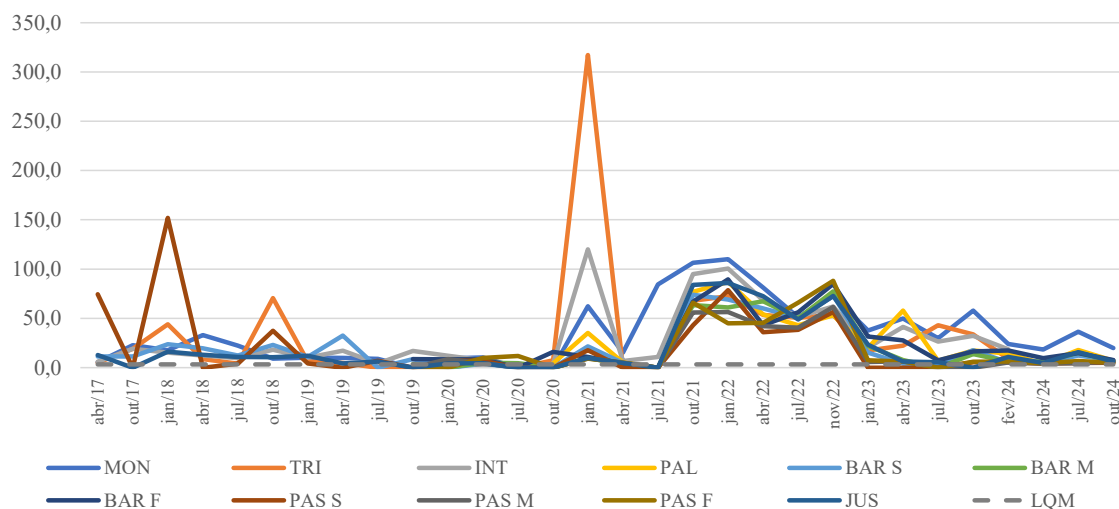


Figura 3.25 – Concentrações de Sólidos Suspensos (mg/L) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e outubro de 2024 (Primavera/2024), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante. (—) Limite da CONAMA nº 357/2005 – Classe 2 para Rios; (---) Limite de Quantificação do Método (LQM).

As concentrações de Sólidos totais, seguiram o padrão observado para os sólidos totais dissolvidos e para os sólidos suspensos totais, onde as maiores concentrações foram registradas nos locais PAS S nos meses de abril/2017, janeiro e outubro/2018, e TRI, INT e MON em janeiro/2021 (Figura 3.26). Para este parâmetro a resolução CONAMA 357/2005 não estabelece limites.

Com relação aos Sólidos Totais, durante o mês de outubro de 2024 (Figura 3.26; Quadro 3.4) a menor concentração foi registrada nos locais BAR F (65,0 mg/L), enquanto a maior ocorreu no local MON (92,0 mg/L). Para este parâmetro a resolução CONAMA 357/2005 não estabelece limites.

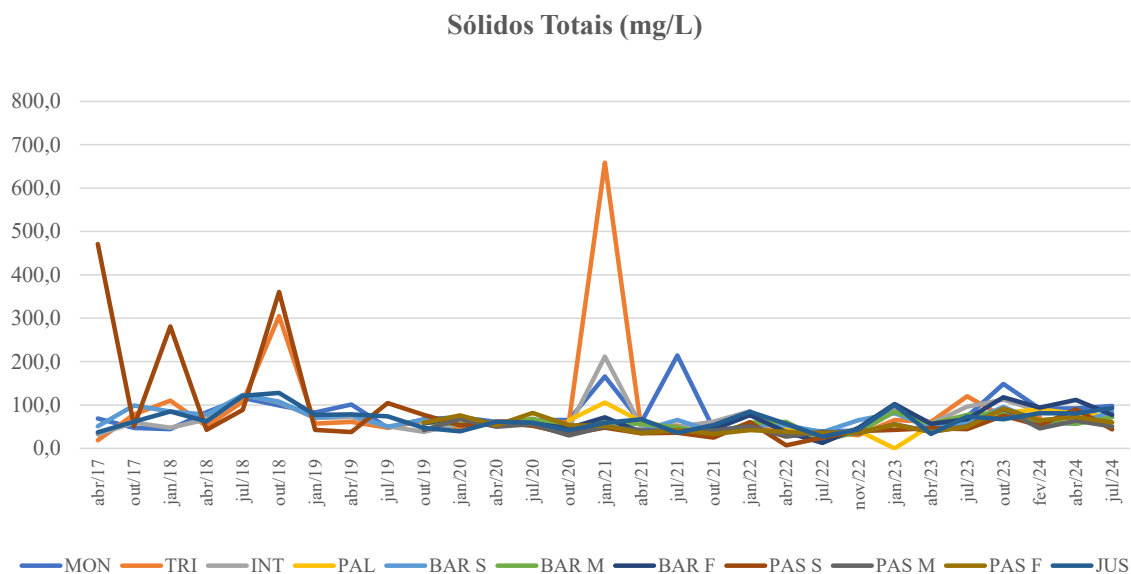


Figura 3.26 – Concentrações de sólidos totais (mg/L) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e outubro de 2024 (Primavera/2024), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante. (—) Limite da CONAMA nº 357/2005 – Classe 2 para Rios; (---) Limite de Quantificação do Método (LQM).

O íon cálcio é um dos cátions comumente encontrados em maiores concentrações em sistemas de água doce, sendo oriundo predominantemente de minerais como: gesso, dolomita e carbonato de cálcio em diferentes formas minerais (calcita e aragonita). Os íons cálcio e magnésio contribuem para a dureza da água.

Ao longo de todo o período de estudos, as concentrações de cálcio oscilaram entre $< 0,44$ mg/L (LQM) e 12,83 mg/L (Figura 3.27). Para este parâmetro, a Resolução CONAMA 357/2005 não prevê concentrações limites. Cabe ressaltar que durante a fase de pré-obra da UHE Tibagi Montante, foram realizadas análises de cálcio apenas nos meses de janeiro, julho e outubro de 2018 e abril de 2019. Já no mês de outubro de 2024, as concentrações de cálcio oscilaram entre 3,03 mg/L no local JUS e 5,34 mg/L no local MON (Figura 3.27; Quadro 3.4).

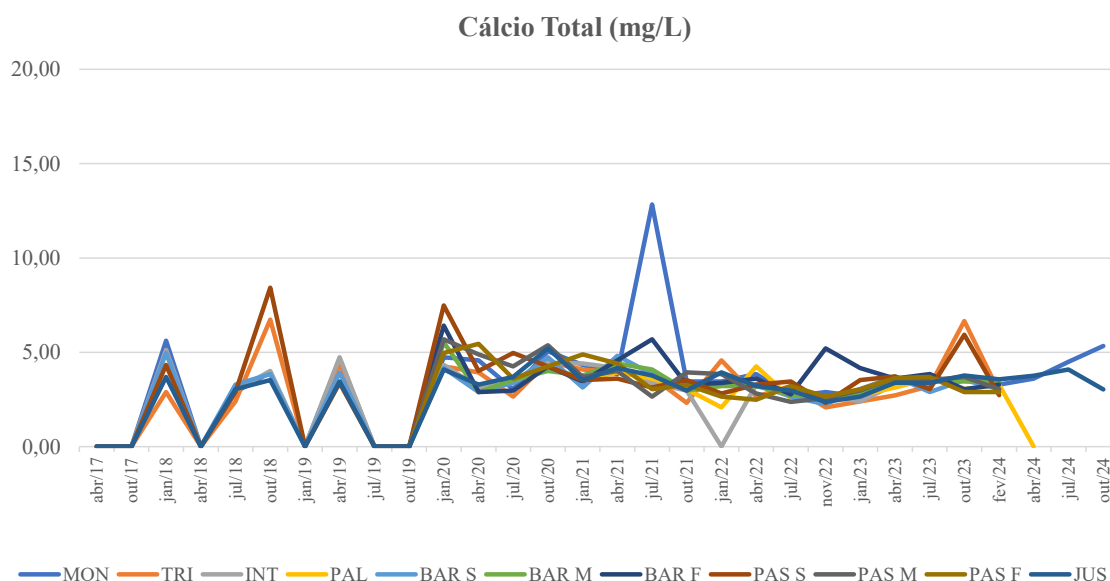


Figura 3.27 – Concentrações de cálcio total (mg/L) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e outubro de 2024 (Primavera/2024), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante.

A dureza é um parâmetro característico da qualidade de águas de abastecimento industrial e doméstico sendo que do ponto de vista da potabilidade são admitidos valores máximos relativamente altos, típicos de águas duras ou muito duras (Cetesb, 2016). Quase toda a dureza da água é provocada pela presença de sais de cálcio e de magnésio (bicarbonatos, sulfatos, cloretos e nitratos) encontrados em solução. Assim, os principais íons causadores de dureza são cálcio e magnésio, tendo um papel secundário o zinco e o estrôncio. Algumas vezes, alumínio e ferro férrico são considerados como contribuintes da dureza (Cetesb, 2016).

No período avaliado, considerando os dados consolidados entre abril de 2017 e outubro de 2024, os valores de dureza oscilaram entre 6,00 mg/L no local PAS S em novembro/2023 e 88,0 mg/L no local TRI em outubro/2018 (Figura 3.28). Considerando todas as amostragens realizadas, de acordo com a tabela de classificação da água, o Rio Tibagi, no trecho de abrangência da UHE Tibagi Montante, pode ser considerado como de águas muito moles. Já na amostragem realizada em outubro de 2024, a dureza total oscilou entre 18,03 mg/L no local MON e 19,99 mg/L no local JUS (Figura 3.28; Quadro 3.4). Para o parâmetro em questão, a resolução CONAMA nº 357/2005 não prevê concentrações limites

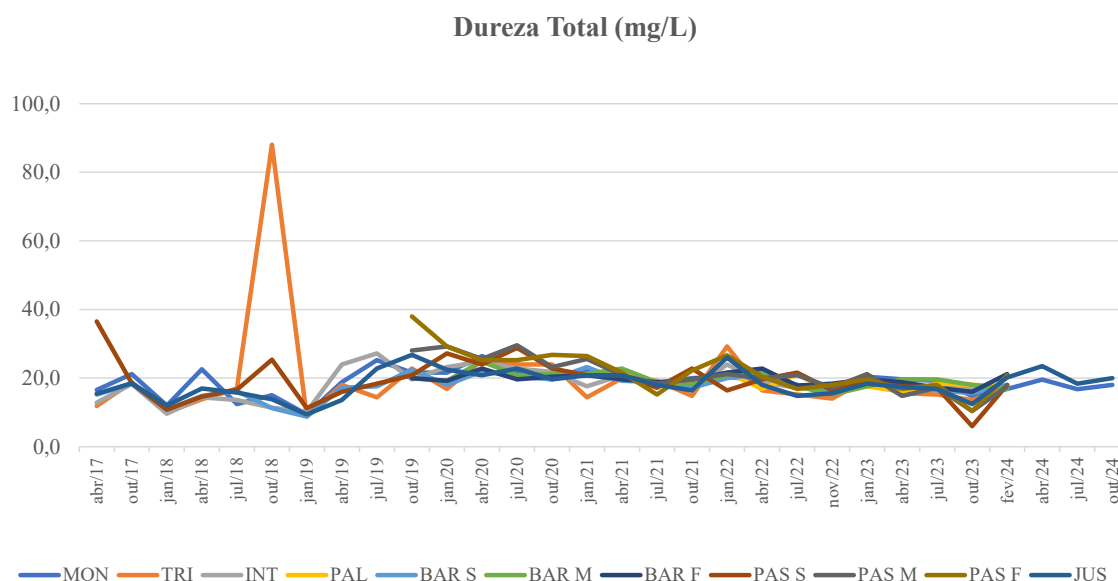


Figura 3.28 – Concentrações de dureza total (mg/L) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e outubro de 2024 (Primavera/2024), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante.

Durante todo o período de estudo, as concentrações de magnésio apresentaram valores de abaixo do limite de quantificação do método ($LQM < 1,05 \text{ mg/L}$) a $19,75 \text{ mg/L}$, registrado no local TRI no mês outubro de 2018 (Figura 3.29).

Para o magnésio, as concentrações, durante a amostragem da Primavera de 2024, oscilaram entre $1,14 \text{ mg/L}$ no local MON e $3,03 \text{ mg/L}$ no local JUS (Figura 3.28; Quadro 3.4). Para o parâmetro em questão, a resolução CONAMA nº 357/2005 não prevê concentrações limites.

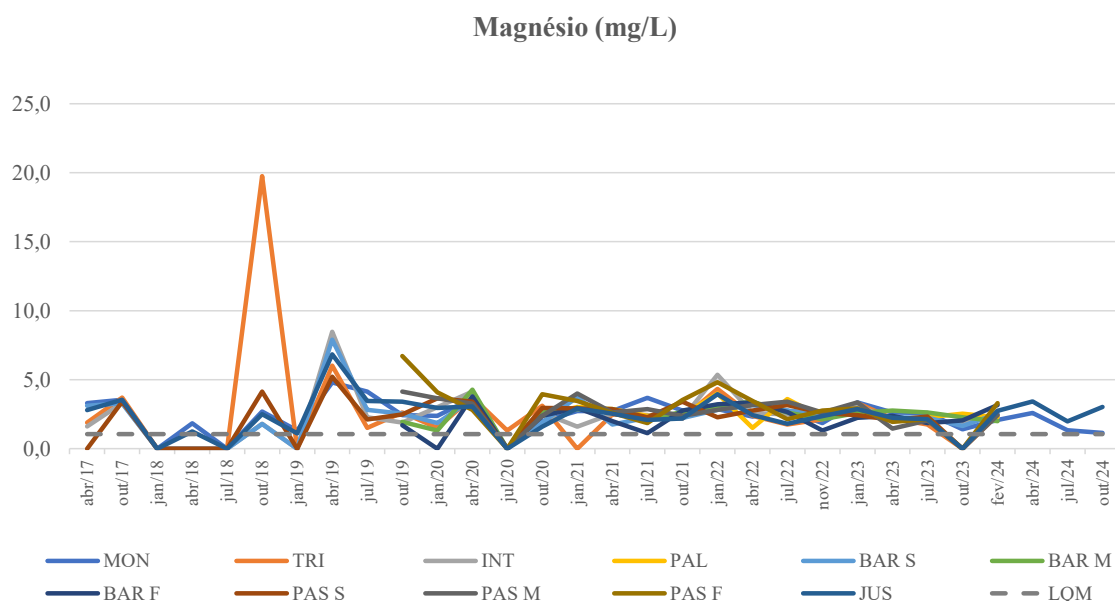


Figura 3.29 – Concentrações de magnésio (mg/L) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e outubro de 2024 (Primavera/2024), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante. (---) Limite de Quantificação do Método (LQM).

A sílica presente no ambiente aquático é proveniente, principalmente, da decomposição de minerais de silicato de alumínio, que são mais frequentes em rochas sedimentares. Na água é encontrada nas formas solúvel, coloidal e particulada, sendo que, na forma solúvel é um composto de fundamental importância, pois é utilizada pelas diatomáceas na elaboração de sua carapaça.

Durante os estudos de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, as maiores concentrações de sílica foram registradas no mês de julho de 2021, quando os valores registrados oscilaram entre 44,38 mg/L (PAS F) e 162,22 mg/L (TRI) (Figura 3.30).

Com relação à sílica, registrada na primavera de 2024, as concentrações variaram de 9,373 mg/L no local JUS a 11,896 mg/L no local MON (Figura 3.30; Quadro 3.4). Para essa variável não existem concentrações de referência na Resolução CONAMA nº 357/2005.

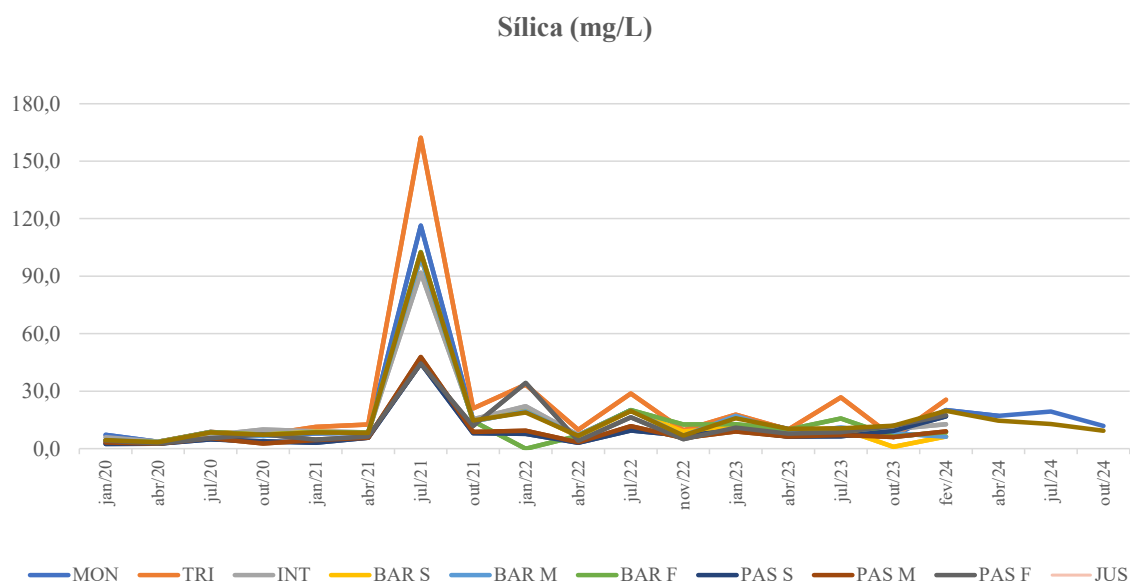


Figura 3.30 – Concentrações de sílica (mg/L) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e outubro de 2024 (Primavera/2024), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante.

O sulfato é um dos íons mais abundantes na natureza. Em águas naturais, a fonte de sulfato ocorre através da dissolução de solos e rochas e pela oxidação de sulfeto. As principais fontes antrópicas de sulfato nas águas superficiais são as descargas de esgotos domésticos e efluentes industriais. É importante o controle do sulfato na água tratada, pois a sua ingestão provoca efeito laxativo. Na rede de esgoto, em trechos de baixa declividade onde ocorre o depósito da matéria orgânica, o sulfato pode ser transformado em sulfeto, ocorrendo a exalação do gás sulfídrico, que resulta em problemas de corrosão em coletores de esgoto de concreto e odor, além de ser tóxico (Cetesb, 2018).

Durante todo o período de estudo, as concentrações de sulfatos registradas na área de influência de UHE Tibagi Montante mantiveram-se abaixo do limite preconizado pela resolução CONAMA 357/2005, a qual estabelece que as concentrações de sulfatos não excedam 250,0 mg/L, sendo que as concentrações oscilaram em valores abaixo do limite de quantificação do método ($LQM < 2,00$ mg/L) a 17,387 mg/L no local MON no mês de julho de 2021 (Figura 3.31). Cabe ressaltar que as análises de sulfatos tiveram início após a formação do reservatório da UHE Tibagi Montante. As análises realizadas na primavera de 2024 mostraram uma menor concentração de sulfatos no local PAS M

(3,151 mg/L) e maior no local PAL (4,253 mg/L) (Figura 3.31; Quadro 3.4). Assim, todos os locais apresentaram concentrações menores que o limite máximo (250,0 mg/L) permitido pela resolução CONAMA nº 357/2005.

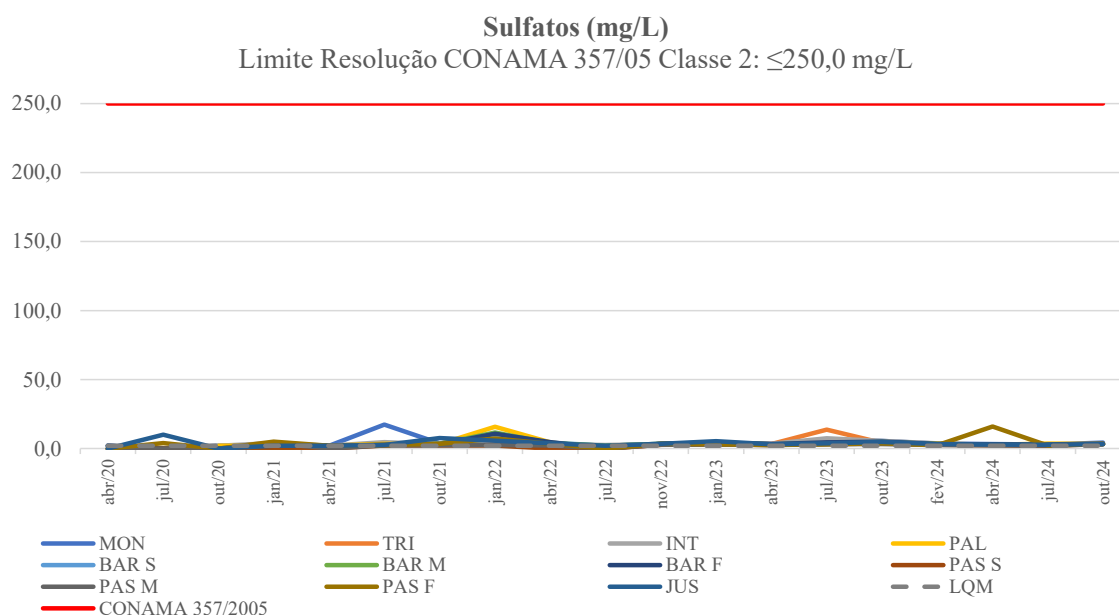


Figura 3.31 – Concentrações de sulfatos (mg/L) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e outubro de 2024 (Primavera/2024), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante. (—) Limite da CONAMA nº 357/2005 – Classe 2 para Rios; (---) Limite de Quantificação do Método (LQM).

Os óleos e graxas são substâncias orgânicas de origem mineral, vegetal ou animal, geralmente hidrocarbonetos, gorduras e ésteres (Funasa, 2013). São raramente encontrados em águas naturais, normalmente oriundos de despejos e resíduos industriais, esgotos domésticos, efluentes de oficinas mecânicas, postos de combustível, estradas e vias públicas, sendo os despejos industriais (especialmente refinarias, frigoríficos e saboarias) os que mais contribuem para o aumento dessas substâncias nas águas (Funasa, 2013).

No período avaliado, considerando as fases pré-obra, instalação e operação, foi detectada a presença de óleos e graxas somente a partir do mês de outubro de 2020 (Figura 3.32), no período que antecedeu o mês em questão as concentrações ficaram abaixo do limite de quantificação do método ($LQM < 5,00$ mg/L), sendo que a maior concentração registrada até o momento foi de 74,6 mg/L em novembro de 2023.

Durante a amostragem do mês de outubro de 2024 as concentrações oscilaram entre <5,00 mg/L (Limite de Quantificação do Método) no local JUS e 10,80 mg/L no local MON (Figura 3.32; Quadro 3.4). A resolução CONAMA nº 357/2005 estabelece que óleos e graxas devam estar virtualmente ausentes em águas de classe 2, sendo assim o local MON, esteve em desacordo com a resolução.

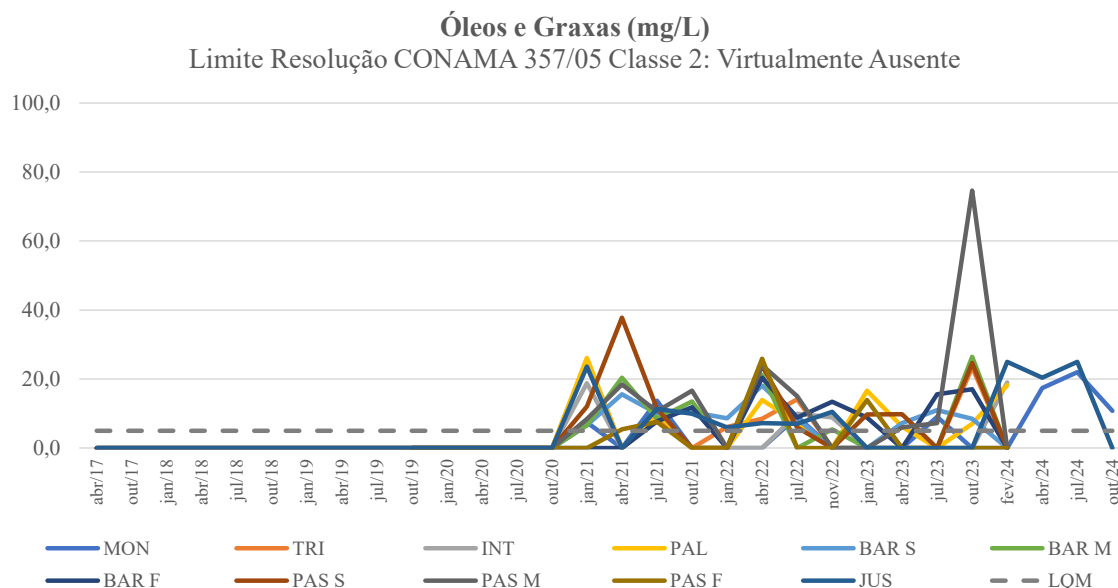


Figura 3.32 – Concentrações de óleos e graxas (mg/L) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e outubro de 2024 (Primavera/2024), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante. (- -) Limite de Quantificação do Método (LQM).

Segundo Funasa (2013), o ferro aparece principalmente em águas subterrâneas devido à dissolução do minério pelo gás carbônico da água e, nas águas superficiais, o nível de ferro aumenta nas estações chuvosas devido ao carreamento de solos e ocorrência de processos de erosão das margens. Também segundo esse autor, a contribuição de efluentes industriais também é importante, pois muitas indústrias metalúrgicas desenvolvem atividades de remoção da camada oxidada (ferrugem) das peças antes de seu uso, processo conhecido por decapagem, que normalmente é realizada por meio de banho ácido na peça. O ferro, apesar de não se constituir um composto tóxico, traz diversos problemas para o abastecimento público de água, conferindo cor e sabor à água, provocando manchas em roupas e utensílios sanitários (Funasa, 2013).

Com relação ao ferro total, durante todo o período avaliado as maiores concentrações foram registradas em janeiro/2021 nos locais MON (25,85 mg/L), TRI (21,20 mg/L) e INT (7,87 mg/L) (Figura 3.33). Para este parâmetro, a resolução CONAMA 357/2005 não prevê concentrações limites. Durante o mês de outubro de 2024, as concentrações de ferro total, oscilaram entre 0,78 mg/L no local JUS e 2,04 mg/L no local MON (Figura 3.33; Quadro 3.4).

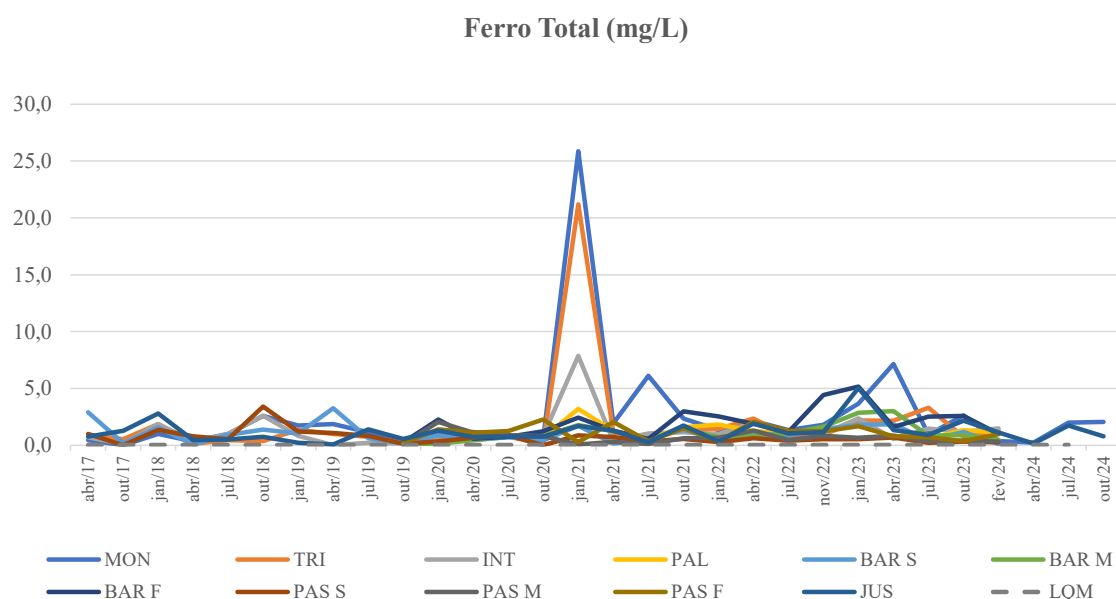


Figura 3.33 – Concentrações de ferro total (mg/L) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e outubro de 2024 (Primavera/2024), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante. (- -) Limite de Quantificação do Método (LQM).

O alumínio é o elemento metálico mais abundante na crosta terrestre. Ocorre naturalmente no ambiente como silicatos, óxidos e hidróxidos, combinado com outros elementos, como sódio e flúor, e como complexos com matéria orgânica. O metal é utilizado na indústria automobilística, construção civil, aeroespacial, elétrica e eletrônica, na fabricação de ligas metálicas, utensílios domésticos e embalagens para alimentos. O alumínio pode ocorrer na água em diferentes formas e sua concentração depende de fatores físicos, químicos e geológicos (Oga et al., 2014; Azevedo & Chasim, 2003).

Com relação ao Alumínio Total, analisado apenas a fase pós formação do reservatório, as concentrações oscilaram entre valores abaixo do limite de quantificação

do método ($LQM < 0,05 \text{ mg/L}$) e $5,522 \text{ mg/L}$ no local TRI no mês de julho/2023 (Figura 3.34).

Já durante a amostragem realizada em outubro de 2024 a menor concentração foi registrada no local PAS M ($0,094 \text{ mg/L}$), enquanto a maior ocorreu no local MON ($1,384 \text{ mg/L}$) (Figura 3.34; Quadro 3.4). Para este parâmetro, a resolução CONAMA nº 357/2005 não prevê concentrações limites.

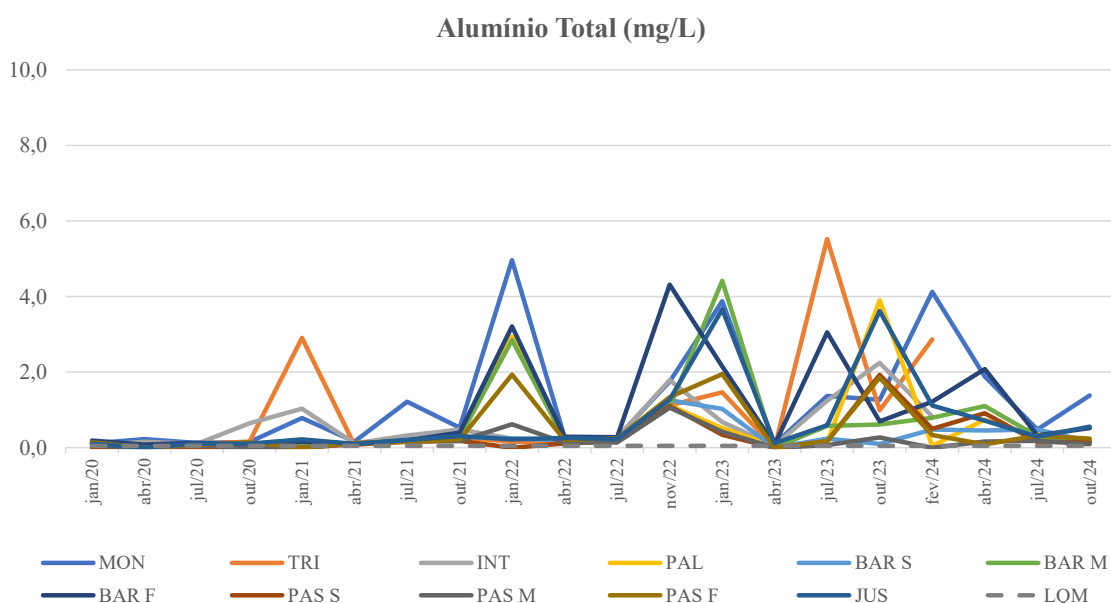


Figura 3.34 – Concentrações de alumínio total (mg/L) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e outubro de 2024 (Primavera/2024), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante. (---) Limite de Quantificação do Método (LQM).

O cádmio é liberado no ambiente por efluentes industriais, principalmente galvanoplastias, produção de pigmentos, soldas, equipamentos eletrônicos, lubrificantes e acessórios fotográficos, bem como por poluição difusa causada por fertilizantes e poluição do ar (Funasa, 2013). Durante o período de análise entre os meses de abril de 2017 e outubro de 2024, foram registradas concentrações de cádmio total apenas nos meses de julho de 2022, janeiro e julho de 2023 (Figura 3.35), sendo que, durante o mês de julho/2023 as concentrações registradas nos locais MON, PAL, JUS, TRI e PAS F ficaram acima do limite estabelecido pela resolução CONAMA 357/2005 ($\leq 0,001 \text{ mg/L}$), nos demais meses amostrados as concentrações de cádmio total ficaram abaixo do limite de quantificação do método ($LQM < 0,0005 \text{ mg/L}$).

Durante o mês de outubro de 2024, não foi detectada a presença de cádmio total na área de amostragem, ficando todas as concentrações abaixo do LQM ($< 0,0005$ mg/L) e consequentemente abaixo do limite máximo estabelecido pela resolução CONAMA 357/2005, para águas de classe 2 ($\leq 0,001$ mg/L) (Figura 3.35; Quadro 3.4).

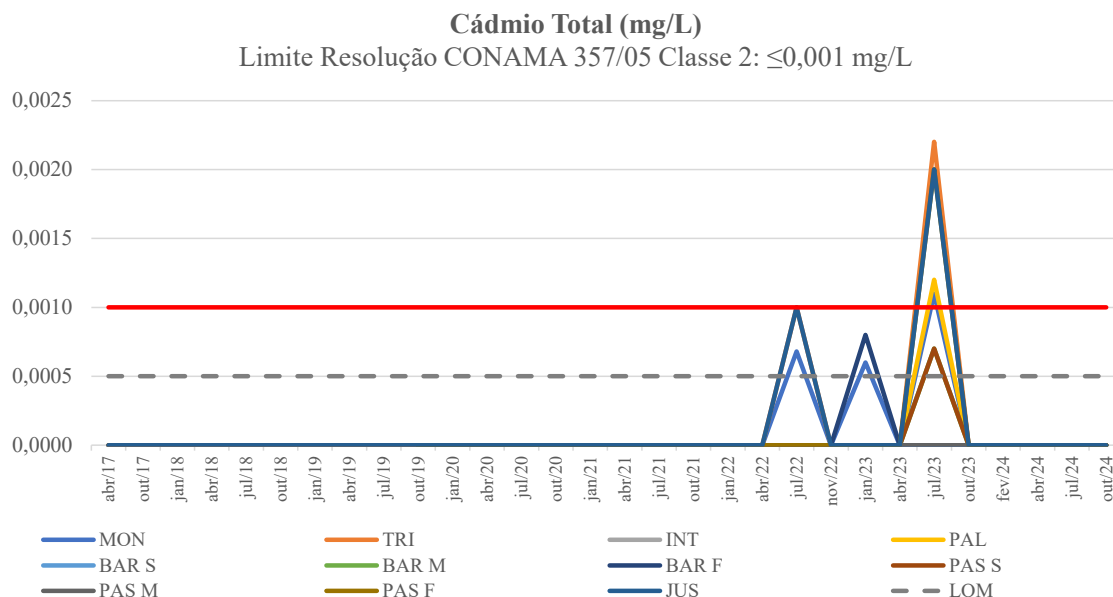


Figura 3.35 – Concentrações de cádmio total (mg/L) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e outubro de 2024 (Primavera/2024), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante. (—) Limite da CONAMA nº 357/2005 – Classe 2 para Rios; (---) Limite de Quantificação do Método (LQM).

O chumbo está presente no ar, no tabaco, em bebidas e alimentos, tem ampla aplicação industrial na fabricação de baterias, tintas, esmaltes, inseticidas, vidros e ligas metálicas, e sua presença na água ocorre por deposição atmosférica ou lixiviação do solo (Funasa, 2013).

Durante os estudos de monitoramento de qualidade da água da área de influência da UHE Tibagi Montante, foram registradas concentrações de chumbo total nos meses de abril/2017, janeiro/2018 e 2019, abril/2019 e 2022, outubro/2022 e janeiro, abril, julho e outubro de 2023, nas demais amostragens as concentrações ficaram abaixo do limite de quantificação do método ($LQM < 0,005$ mg/L). As maiores concentrações de chumbo total registradas nos períodos supracitados, ocorreram durante o mês de outubro de 2023 (Figura 3.36), assim, como todos os locais neste mês citado

anteriormente, com concentrações acima do limite estabelecido pela resolução CONAMA 357/2005, para águas de classe 2, que determina um valor máximo de 0,01 mg/L de chumbo total. Em outubro de 2024 as concentrações de chumbo total ficaram abaixo do limite de quantificação do método (LQM=0,005 mg/L) em todos os locais analisados, sendo assim, as concentrações estão abaixo do limite máximo estabelecido pela resolução CONAMA 357/2005 (0,01 mg/L) (Figura 3.36; Quadro 3.4).

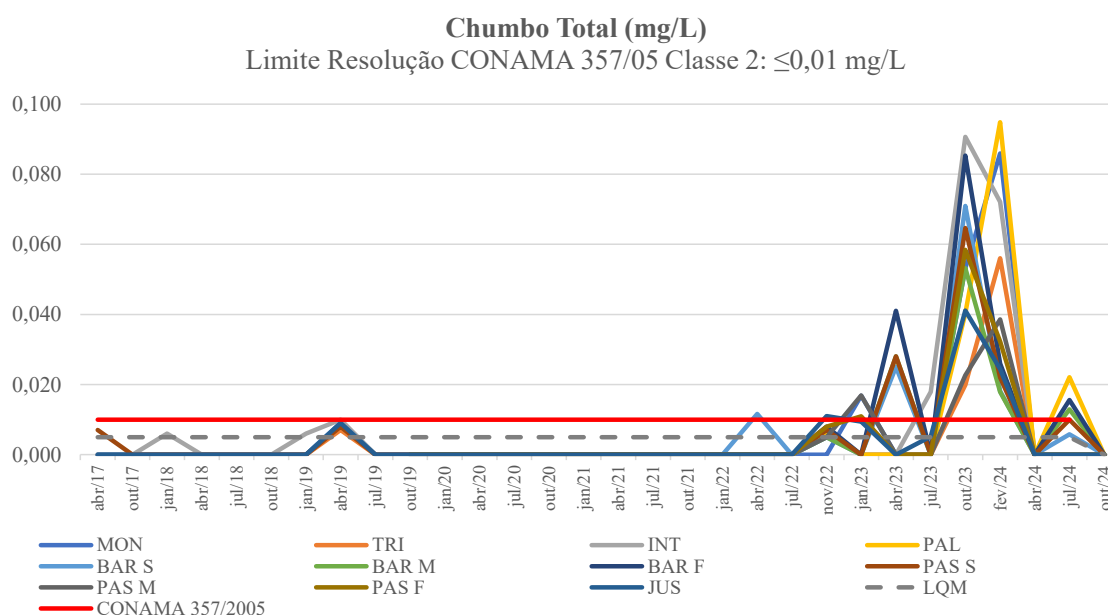


Figura 3.36 – Concentrações de chumbo total (mg/L) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e outubro de 2024 (Primavera/2024), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante. (—) Limite da CONAMA nº 357/2005 – Classe 2 para Rios; (---) Limite de Quantificação do Método (LQM).

As fontes de cobre para o ambiente incluem minas de cobre ou de outros metais, corrosão de tubulações de latão por águas ácidas, efluentes de estações de tratamento de esgotos, uso de compostos de cobre como algicidas aquáticos, escoamento superficial, contaminação da água subterrânea a partir do uso agrícola e precipitação atmosférica de fontes industriais, sendo que para peixes e humanos, doses elevadas de cobre são extremamente nocivas (Funasa, 2013).

Durante todo período de estudos, que compreendeu as fases de pré-obra, instalação e a fase de operação da UHE Tibagi Montante, houve detecção de cobre total nos meses de outubro/2018 (PAS S), outubro/2020 (INT) e janeiro/2022 (BAR F, PAS

M e PAS F), no restante do período/locais as concentrações de cobre total ficaram abaixo do limite de quantificação do método ($LQM < 0,015 \text{ mg/L}$) (Figura 3.37). Pela resolução CONAMA 357/2005, para águas de classe 2 não são estabelecidos limites para Cobre Total. No período de outubro de 2024, não houve detecção de cobre total, considerando que todos os locais apresentaram concentrações abaixo do limite de quantificação do método ($<0,015 \text{ mg/L}$) (Figura 3.37; Quadro 3.4). Pela resolução CONAMA 357/2005, para águas de classe 2 não são estabelecidos limites para Cobre Total.

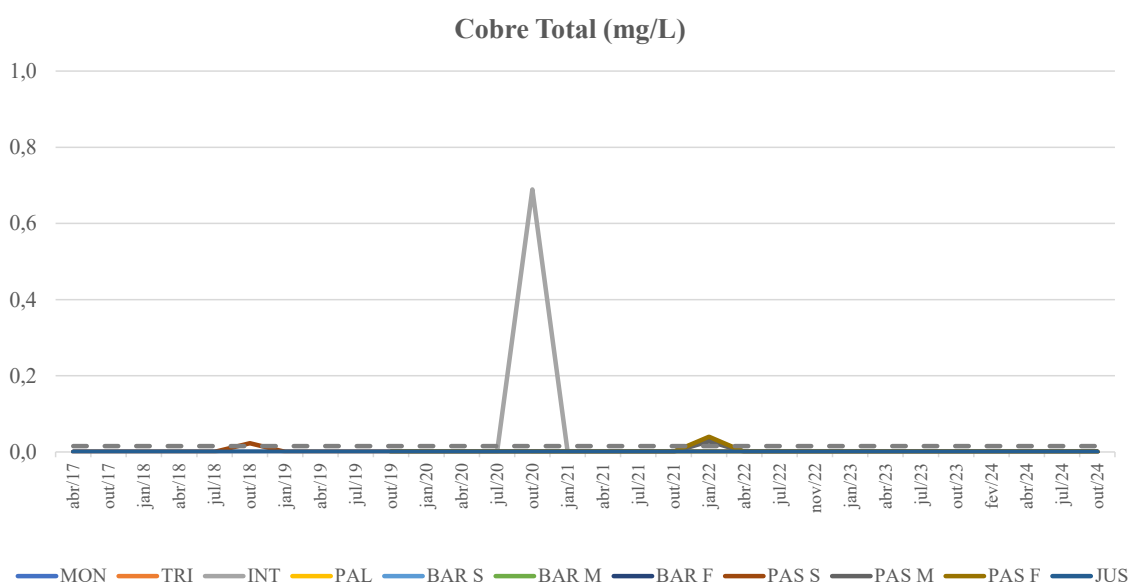


Figura 3.37 – Concentrações de cobre total (mg/L) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e outubro de 2024 (Primavera/2024), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante. (– –) Limite de Quantificação do Método (LQM).

O cromo é utilizado na produção de ligas metálicas, estruturas da construção civil, fertilizantes, tintas, pigmentos, curtumes e preservantes para madeira (Funasa, 2013). No período avaliado, as concentrações de cromo total ficaram, na maioria dos meses/locais abaixo do limite de quantificação do método ($<0,005 \text{ mg/L}$), sendo detectadas concentrações acima deste, apenas no mês de outubro/2020 (INT), sendo assim, apenas o local INT apresentou concentrações de cromo total acima do limite estabelecido pela resolução CONAMA 357/2005, para águas de classe 2 ($\leq 0,05 \text{ mg/L}$) (Figura 3.38). No mês de outubro de 2024, todos os locais apresentaram concentrações abaixo do limite de quantificação do método ($<0,005 \text{ mg/L}$) (Figura 3.38; Quadro 3.4),

ficando todos locais abaixo do limite máximo estabelecido pela resolução CONAMA 357/2005 para águas de classe 2.

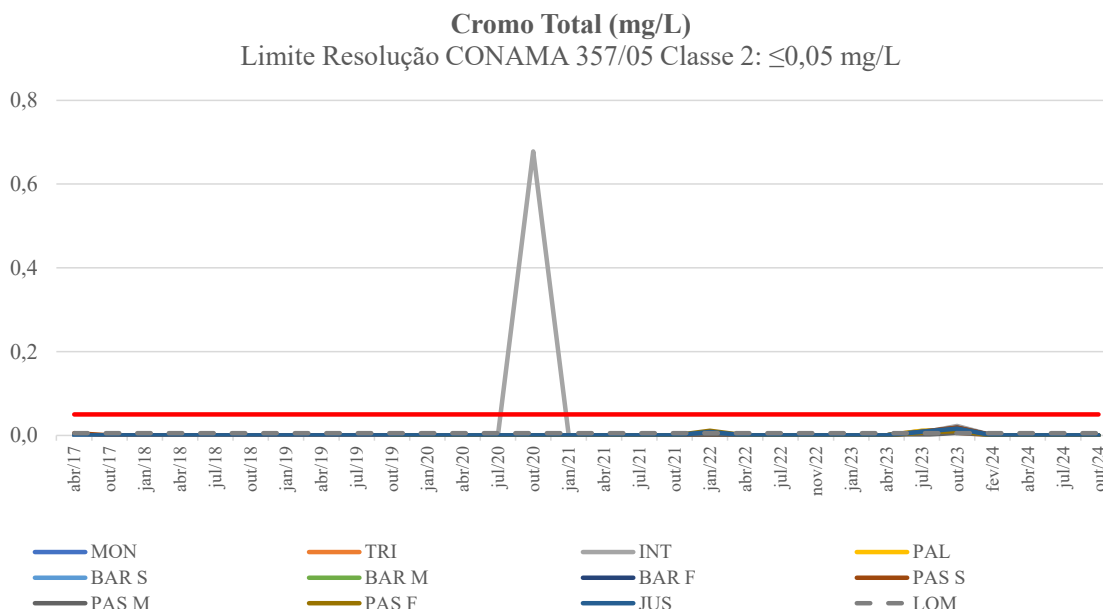


Figura 3.38 – Concentrações de cromo total (mg/L) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e outubro de 2024 (Primavera/2024), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante. (—) Limite da CONAMA nº 357/2005 – Classe 2 para Rios; (---) Limite de Quantificação do Método (LQM).

O mercúrio está presente na forma inorgânica na água superficial e subterrânea, em concentrações geralmente abaixo de $0,5 \mu\text{g/L}$, embora depósitos de minérios possam elevar a concentração do metal na água subterrânea (Funasa, 2013). Entre as fontes antropogênicas de mercúrio no meio aquático destacam-se as indústrias cloro-álcali de células de mercúrio, vários processos de mineração e fundição, efluentes de estações de tratamento de esgotos, indústrias de tintas e outras (Funasa, 2013).

Durante toda fase que compreendeu o monitoramento de qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, não houve detecção de mercúrio ($<0,0001 \text{ mg/L}$) em nenhum dos meses/locais amostrados (Figura 3.39), portanto, as concentrações estiveram sempre abaixo do limite estabelecido pela resolução CONAMA 357/2005, para águas de classe 2 ($\leq 0,0002 \text{ mg/L}$). Nesta coleta de outubro de 2024, não foram observadas concentrações de mercúrio, portanto, todos os locais de amostragem estão em acordo com a resolução CONAMA 357/2005 (Figura 3.39; Quadro 3.4).

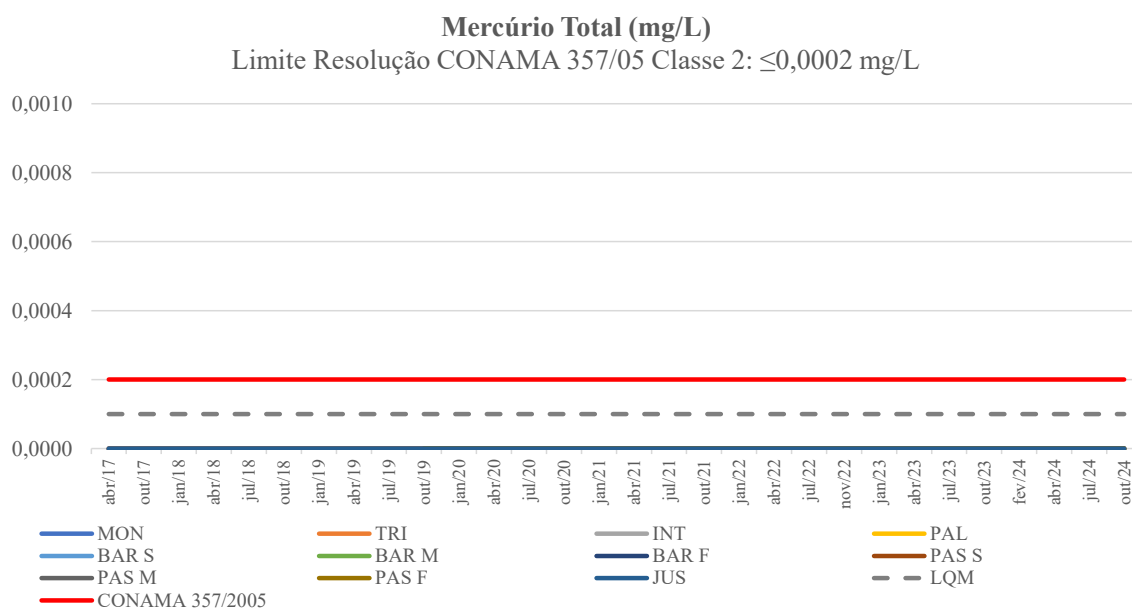


Figura 3.39 – Concentrações de mercúrio total (mg/L) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e outubro de 2024 (Primavera/2024), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante. (—) Limite da CONAMA nº 357/2005 – Classe 2 para Rios; (- - -) Limite de Quantificação do Método (LQM).

A maior contribuição antropogênica de níquel para o meio ambiente é a queima de combustíveis, além da mineração e fundição do metal, fusão e modelagem de ligas, indústrias de eletrodeposição, fabricação de alimentos, artigos de panificadoras, refrigerantes e sorvetes aromatizados (Cetesb, 2016). Doses elevadas de níquel podem causar dermatites nos indivíduos mais sensíveis. A principal via de exposição para a população não exposta ocupacionalmente ao níquel e não fumante é o consumo de alimentos, sendo que a ingestão de elevadas doses causa irritação gástrica. O efeito adverso mais comum da exposição ao níquel é uma reação alérgica; cerca de 10 a 20% da população é sensível ao metal (Cetesb, 2016).

Ao longo dos anos/meses de estudos as maiores concentrações de níquel total foram registradas nos meses abril/2019 (todos locais) e julho/2022 (PAS M), sendo que nestes meses/locais as concentrações ficaram acima do limite estabelecido pela resolução CONAMA 357/2005, para águas de classe 2 ($\leq 0,025$ mg/L) (Figura 3.40). Durante o mês de outubro de 2024, não houve detecção de níquel total (LQM = 0,007 mg/L), sendo assim, todos os locais ficaram abaixo do limite máximo preconizado pela resolução CONAMA 357/2005 (Figura 3.40; Quadro 3.4).

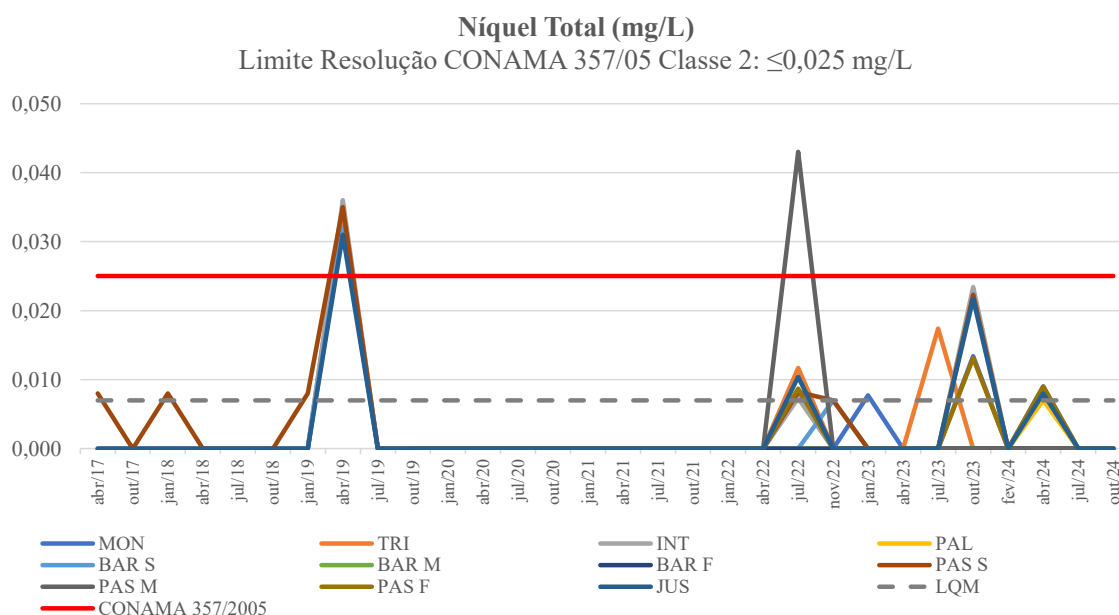


Figura 3.40 – Concentrações de níquel total (mg/L) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e outubro de 2024 (Primavera/2024), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante. (—) Limite da CONAMA nº 357/2005 – Classe 2 para Rios; (- - -) Limite de Quantificação do Método (LQM).

O zinco e seus compostos são muito usados na fabricação de ligas e latão, galvanização do aço, na borracha como pigmento branco, suplementos vitamínicos, protetores solares, desodorantes, xampus e outros, e sua presença é comum nas águas superficiais naturais, em concentrações geralmente abaixo de 10 µg/L (Funasa, 2013). Na água de torneira, a concentração desse metal pode ser elevada devido à dissolução do zinco das tubulações, resultando na aparência leitosa e produzindo um sabor metálico ou adstringente quando a água é aquecida (Funasa, 2013).

As maiores concentrações de zinco, ao longo de todo período de estudos na área de influência da UHE Tibagi Montante, foram registradas nos locais MON (abril/2019 e janeiro/2022), INT (outubro/2020 e janeiro/2022) e PAS F (janeiro/2022) (Figura 3.41). Considerando que a resolução CONAMA 357/2005, estabelece para águas de classe 2 concentrações inferiores a 0,18 mg/L, os locais supracitados encontraram-se em desacordo com a legislação nos meses em questão. No período avaliado, outubro de 2024, todos os locais apresentaram concentrações < 0,066 mg/L (Limite de Quantificação do Método) (Figura 3.41; Quadro 3.4). Considerando que a resolução CONAMA 357/2005, estabelece para águas de classe 2 concentrações inferiores a 0,18 mg/L, todos os locais estão em acordo com a legislação.

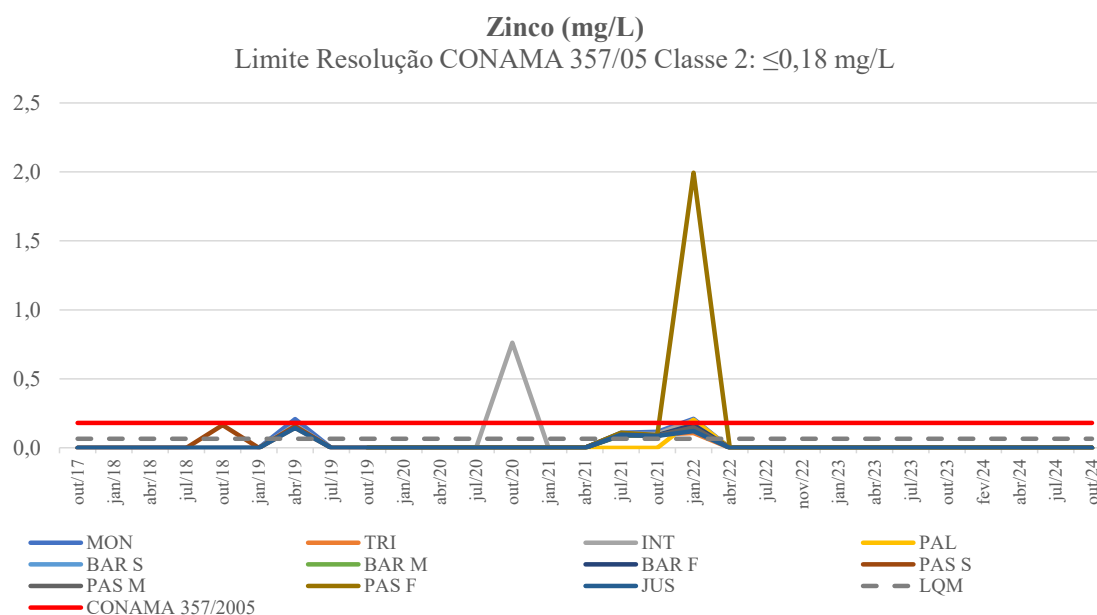


Figura 3.41 – Concentrações de zinco (mg/L) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e outubro de 2024 (Primavera/2024), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante. (—) Limite da CONAMA nº 357/2005 – Classe 2 para Rios; (---) Limite de Quantificação do Método (LQM).

Os fenóis e seus derivados aparecem nas águas naturais através das descargas de efluentes industriais. Indústrias de processamento da borracha, colas e adesivos, resinas impregnantes, componentes elétricos (plásticos) e as siderúrgicas, entre outras, são responsáveis pela presença de fenóis nas águas naturais (Cetesb, 2018).

Na área de influência da UHE Tibagi Montante, as concentrações de fenóis oscilaram, entre abril de 2020 e outubro de 2024, entre valores abaixo do limite de quantificação do método ($< 0,002$ mg/L) a $0,798$ mg/L (TRI; janeiro/2021). No geral, praticamente todos os meses/locais apresentaram concentrações acima do limite permitido pela resolução CONAMA 357/2005, a qual determina como limite, valores $\leq 0,003$ mg/L (Figura 3.42). Ressalta-se que as análises de fenóis se iniciaram durante a fase de operação da UHE Tibagi Montante. Durante a amostragem de outubro de 2024 as concentrações de fenóis oscilaram entre $0,004$ mg/L no local JUS e $0,005$ mg/L no local MON (Figura 3.42; Quadro 3.4). Para este parâmetro, os dois locais citados ficaram acima do limite estabelecido pela resolução CONAMA 357/2005 ($\leq 0,003$ mg/L).

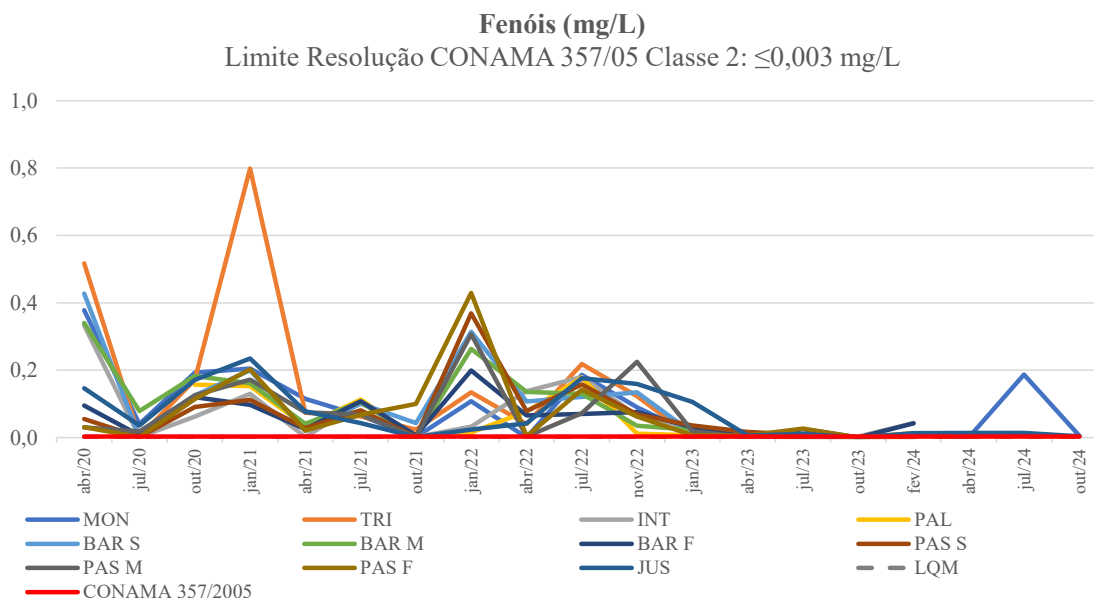


Figura 3.42 – Concentrações de fenóis (mg/L) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e outubro de 2024 (Primavera/2024), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante. (—) Limite da CONAMA nº 357/2005 – Classe 2 para Rios; (---) Limite de Quantificação do Método (LQM).

Coliformes são os microrganismos capazes de fermentar a lactose a 44-45°C, sendo representados principalmente por *Escherichia coli* e, também por algumas bactérias dos gêneros *Klebsiella*, *Enterobacter* e *Citrobacter*. Dentre esses microrganismos, somente *E. coli* é de origem exclusivamente fecal, estando sempre presente, em densidades elevadas nas fezes de humanos, mamíferos e pássaros, sendo raramente encontrados na água que não tenha recebido contaminação fecal. Os demais podem ocorrer em águas com altos teores de matéria orgânica, como por exemplo, efluentes industriais, ou em material vegetal e solo em processo de decomposição (Cetesb, 2016).

Durante todas as fases de estudos, as maiores concentrações de *Escherichia coli* ocorreram nos locais PAS S e TRI no mês de abril/2017, PAS S em outubro/2018, TRI e INT em janeiro/2021, MON em abril/2023 e MON e TRI em julho/2023 (Figura 3.43). Dessa forma, estes meses/locais apresentaram concentrações de *Escherichia coli*; coliformes fecais acima do limite estabelecido pela resolução CONAMA 357/2005, que define concentrações menores que 1.000 NMP/100 mL para águas de classe 2.

Durante o mês de outubro de 2024, as concentrações oscilaram entre valores abaixo do LQM (1,00 NMP/100mL) nos locais BAR S e PAS S e 97 NMP/100mL no

local MON. Em todos os locais amostrados o parâmetro *E. coli* ficou abaixo do limite preconizado (1.000 NMP/100mL) pela resolução CONAMA nº 357/2005 para águas de classe 2 (Figura 3.43; Quadro 3.4).

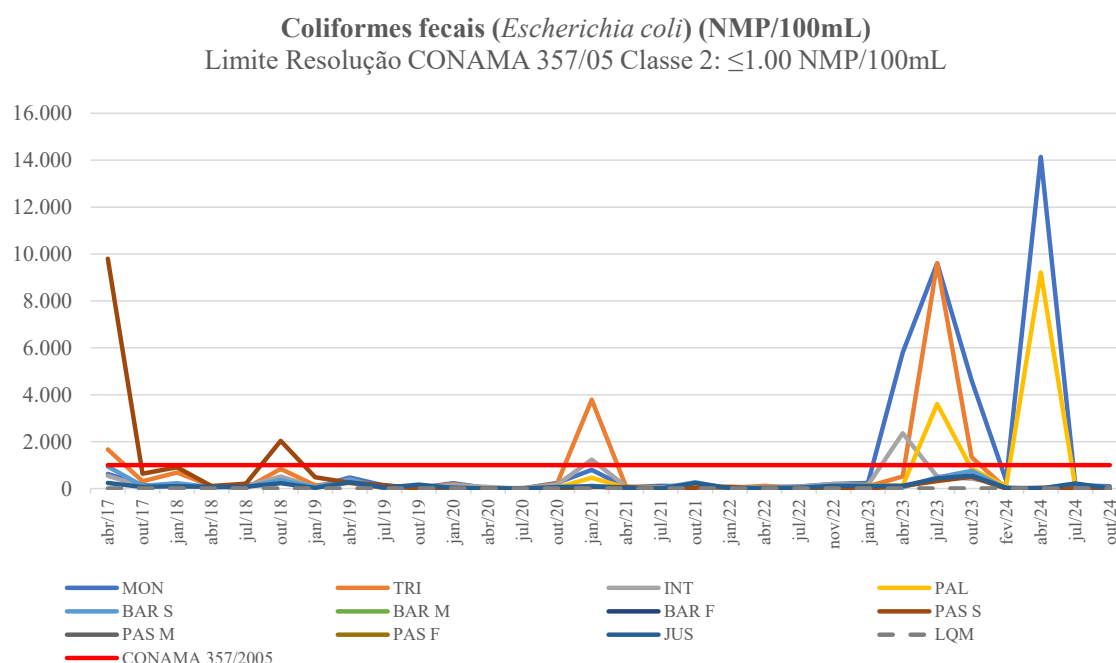


Figura 3.43 – Concentrações de coliformes fecais – *Escherichia coli* - (NMP/100mL) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e outubro de 2024 (Primavera/2024), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante. (—) Limite da CONAMA nº 357/2005 – Classe 2 para Rios; (---) Limite de Quantificação do Método (LQM).

Os coliformes termotolerantes não são, dessa forma, indicadores de contaminação fecais tão apropriados quanto *E. coli*, mas seu uso é aceitável para avaliação da qualidade da água. Além disso, na legislação brasileira, os coliformes fecais são utilizados como padrão para qualidade microbiológica de águas superficiais destinada ao abastecimento, recreação, irrigação e piscicultura (Cetesb, 2016).

Com relação aos coliformes totais (Figura 3.44), as maiores concentrações, considerando todo o período de estudo na área de influência da UHE Tibagi Montante, foram registradas nos meses janeiro/2020, abril/2017, outubro/18; janeiro e outubro/2019, janeiro/2018, abril, julho e outubro de 2023 (24.196 NMP/100mL). A resolução CONAMA 357/2005, não prevê concentrações limite para esse parâmetro.

Durante o mês de outubro de 2024, as concentrações de coliformes totais oscilaram entre 7.701 NMP/100mL no local JUS e 1.565 NMP/100mL no local PAL. Como citado anteriormente, a resolução CONAMA 357/2005 não prevê concentrações limite para esse parâmetro.

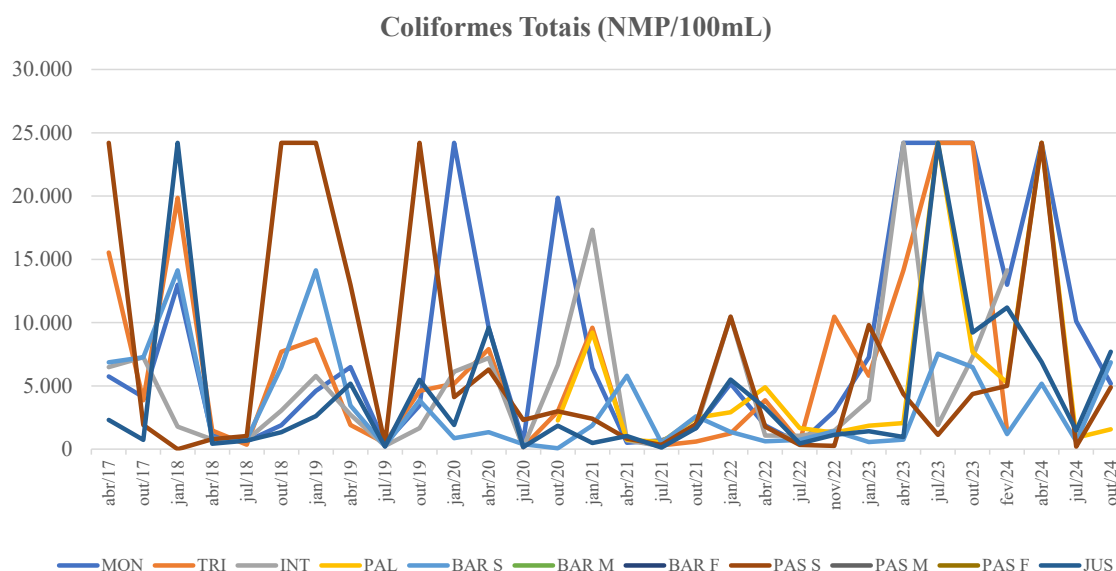


Figura 3.44 – Concentrações de coliformes totais (NMP/100mL) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e outubro de 2024 (Primavera/2024), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante.

Com relação ao índice de qualidade da água ao longo do monitoramento, a melhor classificação foi registrada em abril/2020 no local JUS (92), sendo este classificado como de ótima qualidade, já a pior classificação ocorreu em outubro/2018 no local PAS S (19), sendo classificado como ruim (Figura 3.45). No geral, a média de todas as amostragens, classificou o trecho de influência da UHE Tibagi Montante como de boa qualidade (média 70).

Em relação ao IQAR (índice de qualidade de água de reservatório), os locais BAR S, PAS S e PAL foram classificados, de acordo com a média de todas as amostragens, como de classe III – Moderadamente degradado (IQAR = 3,01), sendo a melhor classificação registrada em abril/2023 no local BAR S (Classe II; 1,81), enquanto a pior classificação foi registrada no local PAS S em abril/2021 e novembro/2022 (Classe IV; 4,04) (Figura 3.46).

Já para o índice de estado trófico, a média de todas as amostragens (54), classificou o ambiente como um todo em Mesotrófico. A pior classificação foi registrada em abril/2017 no local PAS S (Supereutrófico; 66) e a melhor ocorreu nos locais TRI, PAS S e JUS em outubro/2017, BAR S em janeiro/2018 e PAS S em abril/2018 (Ultraoligotrófico; 43) (Figura 3.47).

Considerando os índices de qualidade da água, calculados em outubro de 2024, para os trechos lóticos, todos os locais foram classificados como de “boa qualidade” (IQA médio = 78), já o índice de qualidade da água para reservatórios classificou todos os locais como de classe III (IQAR médio = 3,10; ambiente moderadamente degradado), enquanto que o índice de estado trófico classificou o ambiente como mesotrófico (IET médio = 58; corpos de água com produtividade intermediária, com possíveis implicações sobre a qualidade da água, mas em níveis aceitáveis na maioria dos casos) (Quadro 3.4).

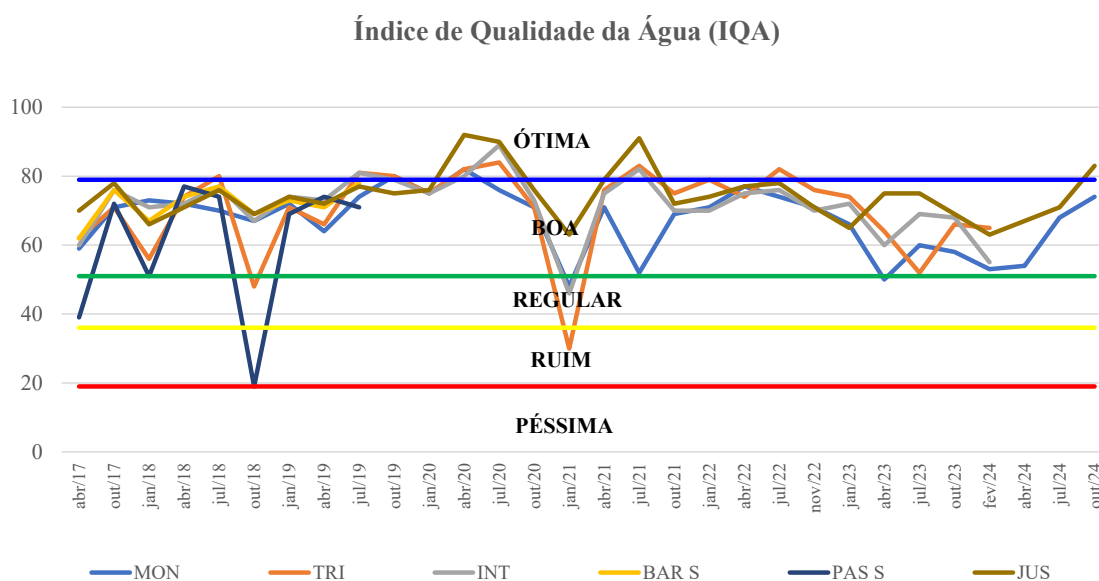


Figura 3.45 – Índice de qualidade da água (IQA) dos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e outubro de 2024 (Primavera/2024), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante.

Índice de Qualidade da Água de Reservatório (IQAR)

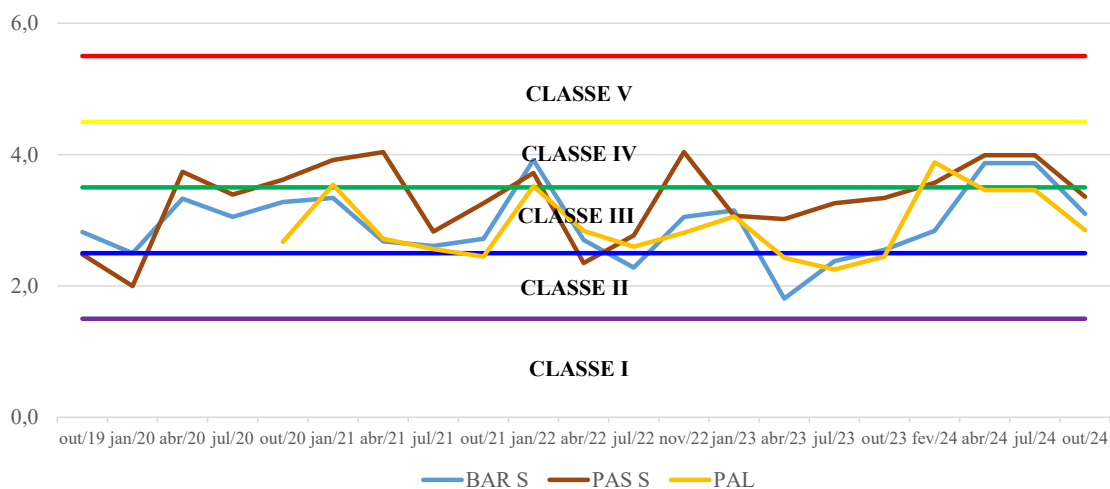


Figura 3.46 – Índice de qualidade da água de reservatórios (IQAR) dos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e outubro de 2024 (Primavera/2024), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante.

Índice de Estado Trófico (IET)

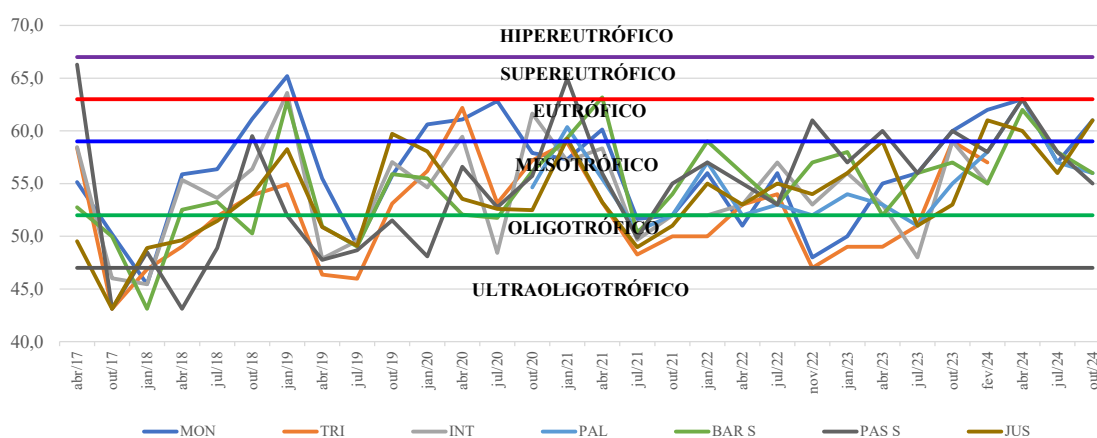


Figura 3.47 – Índice de estado trófico (IET) dos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e outubro de 2024 (Primavera/2024), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante.

Séries Históricas do Monitoramento da UHE Tibagi Montante

Quadro 3.1 – Série histórica do Índice do Estado Trófico (IET) na área de influência da UHE Tibagi Montante no rio Tibagi, durante as quatro estações do ano, a partir do outono de 2017 ao Primavera de 2024.

Locais	Pré-Construção 2017		Construção								Operação																			
	2017		2018				2019				2020				2021				2022				2023				2024			
	Outono	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Primavera
MON	54	72	47	56	56	61	68	68	49	46	51	51	63	58	57	60	50	52	56	51	56	48	50	55	56	60	62	63	63	61
TRI	57	72	49	53	53	63	55	57	46	43	46	46	62	63	57	58	53	52	50	50	53	47	49	49	51	59	57	-	-	-
INT	58	79	46	55	55	56	64	63	50	46	45	49	48	62	57	58	49	52	52	56	53	53	56	53	48	59	55	-	-	-
PAL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	55	60	55	50	52	57	52	53	52	54	53	51	55	58	63	57	56
BAR	52	78	45	55	55	55	63	63	49	47	55	52	52	58	59	63	50	54	59	53	55	57	58	52	56	57	55	62	58	56
PAS	65	73	49	43	43	74	59	61	52	51	48	57	53	59	65	56	50	55	57	53	54	61	57	60	56	60	58	63	58	55
JUS	49	80	49	54	54	54	58	63	49	56	48	43	52	52	59	53	49	51	55	55	53	54	56	59	51	53	61	56	56	61
UHE Tibagi Montante	56	76	48	53	53	61	61	63	49	48	49	52	55	58	59	57	50	51	55	53	54	53	54	54	53	58	58	62	57	58

Ultraoligotrófico	
Oligotrófico	
Mesotrófico	
Eutrófico	
Supereutrófico	
Hipereutrófico	

Quadro 3.2 – Série histórica do Índice da Qualidade da Água (IQA) na área de influência da UHE Tibagi Montante no rio Tibagi, durante as quatro estações do ano, a partir do outono de 2017 ao Primavera de 2024.

Pontos	Pré-Construção		Construção												Operação																	
	2017		2018				2019				2020				2021				2022				2023				2024					
	Outono	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Primavera		
MON	59	71	73	72	70	67	72	64	74	80	75	82	76	71	48	71	52	69	71	77	74	71	66	50	60	58	53	54	68	74		
TRI	62	71	56	74	80	48	71	66	81	80	75	82	84	71	30	76	83	75	79	75	76	76	74	64	52	66	65	-	-	-		
INT	60	76	71	72	77	67	74	73	81	79	75	80	89	73	46	75	82	70	70	77	78	70	72	60	69	68	55	-	-	-		
BAR	62	76	67	74	77	69	73	71	71	88	75	92	81	89	65	70	84	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
PAS	39	72	51	77	74	19	69	74	78	89	73	76	92	84	70	75	87	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
JUS	70	78	66	71	76	69	74	72	77	75	76	92	90	76	63	79	91	72	74	74	82	71	65	75	75	69	63	67	71	83		

IQA	Classificação
79 < IQA ≤ 100	Ótima
51 < IQA ≤ 79	Bom
36 < IQA ≤ 51	Regular
19 < IQA ≤ 36	Ruim
IQA ≤ 19	Péssima

Quadro 3.3 – Série histórica do Índice de Qualidade de Água em Reservatórios (IQAR) na área de influência da UHE Tibagi Montante no rio Tibagi, durante as quatro estações do ano, a partir da primavera de 2020 ao Primavera de 2024.

Operação																					
Pontos	2019	2020				2021				2022				2023				2024			
	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Pimavera	Verão	Outono	Inverno	Pimavera	Verão	Outono	Inverno	Pimaver
	BAR	2,82	2,50	3,33	3,05	3,28	3,34	2,68	2,61	2,72	3,92	2,84	2,28	3,05	3,15	1,81	2,38	2,60	2,80	3,90	2,90
PAS	2,48	2,00	3,74	3,39	3,62	3,92	4,04	2,83	3,26	3,72	2,70	2,77	4,04	3,07	3,02	3,26	3,30	3,60	4,00	2,60	3,36
PAL					2,70	3,50	2,70	2,60	2,50	3,50	2,80	2,60	2,80	3,10	2,40	2,30	2,50	3,90	3,50	2,90	2,85

Classe	IQAR	Classificação
I	0-1,5	não impactado a muito pouco degradado
II	1,6-2,5	pouco degradado
III	2,6-3,5	moderadamente degradado
IV	3,6-4,5	criticamente degradado a poluído
V	4,6-5,5	muito poluído
VI	>5,6	extremamente poluído

3.3 Considerações Finais

De maneira geral, os resultados da campanha de outubro de 2024 mostram que a maioria dos parâmetros físicos, químicos e biológicos analisados se encontraram dentro dos limites estabelecidos pela resolução CONAMA 357/2005, para corpos de água da classe 2 (Quadro 3.4), exceção feita para a cor aparente e fenóis nos locais MON e JUS; fósforo total em todos os locais; óleos e graxas no local MON e oxigênio dissolvido nos locais BAR F, PAS M e PAS F.

Os elevados valores de Cor, Fósforo Total e fenóis são historicamente registrados na bacia do Rio Tibagi (Figuras 3.13; 3.14 e 3.42, respectivamente). A Avaliação Ambiental Integrada (2012) publicada pela Empresa de Pesquisa Energética – EPE, que fez coletas nos anos de 2008 e 2009 no rio Tibagi, já apontava valores acima da CONAMA 357/05 para esses três parâmetros, ou seja, muito antes da formação do reservatório da UHE Tibagi Montante. Ainda o Instituto água e Terra (IAT), em recente publicação sobre a qualidade de água do rio Tibagi (IAT, 2023), com dados coletados em toda a bacia entre os anos de 2016 a 2023 aponta o registro de fósforo acima do preconizado pela CONAMA 357/05, em diversos pontos e em anos distintos, o que reforça a ideia que as elevadas concentrações registradas são provenientes de fontes difusas na bacia, externas ao reservatório.

No Programa de Monitoramento da Qualidade de Água da UHE Tibagi Montante, na fase pré-enchimento, também foram verificados valores elevados para Cor e Fósforo Total. Portanto, pode-se afirmar que as maiores concentrações desses parâmetros, encontradas nesta campanha, não são consequência da formação do reservatório, mas sim de fatores externos difusos e recorrentes na bacia do Rio Tibagi.

A presença de óleos e graxas na área de influência da UHE Tibagi Montante (Figuras 3.42) não pode ser atribuída à formação do reservatório, visto que as concentrações desses compostos acima do limite permitido pela legislação, certamente são devido à descarga de efluentes industriais e domésticos, provenientes das cidades, como por exemplo, Ponta Grossa, bem como da hidrólise e da oxidação fotoquímica dos agrotóxicos organofosforados e da degradação microbiana de herbicidas. Além disso, no rio Tibagi há o registro desse elemento antes da formação do reservatório da UHE Tibagi Montante, como descrito por LACTEC (2012) que faz o registro de óleos e graxas no rio Tibagi a jusante da cidade de Telêmaco Borba e da indústria Kablin Papel & Celulose, o

que reforça a afirmação acima, qual seja, que a formação de reservatórios artificiais não produz esses compostos.

Destaca-se que embora tenha ocorrido um déficit de oxigênio dissolvido nos locais do braço do Passatempo e BAR F, esta condição não foi prejudicial aos organismos aquáticos, considerando que não foram registrados peixes mortos.

De acordo com o valor médio do índice de qualidade da água de reservatório (IQAR=3,10) o ambiente foi caracterizado como um ambiente “Moderadamente degradado – classe III”, com classificação semelhante da qualidade da água do reservatório em comparação com o mês anterior (inverno de 2024). Vale a pena ressaltar, que o IQAR somente começou a ser monitorado após a formação do reservatório e, onde são coletadas amostras de superfície, meio e fundo, o que permite a aplicação do método, tal como indicado pelo Instituto Ambiental do Paraná - IAP (atual Instituto Água e Terra – IAT) que desenvolveu este método para verificar a degradação da qualidade da água dos reservatórios.

De todo modo, analisando o histórico dos resultados, é perceptível que o índice IQAR está intimamente ligado a algumas variáveis como fósforo total, clorofila-*a*, DQO, nitrogênio inorgânico total, número de células de cianobactérias e déficit de oxigênio dissolvido, ou seja, quanto maior a concentração de algumas dessas variáveis, maior o índice IQAR observado. As altas concentrações de algumas dessas variáveis, indicam que a qualidade de água do reservatório está ligada a fatores externos da bacia, como a poluição difusa, advinda das diversas atividades agrosilvopastoris, esgoto urbano e atividades indústrias.

Diferentemente do IQAR, o IQA é coletado desde antes da formação do reservatório, sendo que, nessa campanha o ponto a montante (MON) e aquele a jusante (JUS) do reservatório, foram classificados, segundo o IQA médio, como de Qualidade Boa, mesma classificação feita pelo IAT (2023), para a maioria dos pontos do rio Tibagi, inclusive pontos amostrais próximo a área de influência da UHE Tibagi Montante. Tal resultado é semelhante ao verificado antes da formação do reservatório, sendo possível afirmar que para esse índice, não se observa grandes diferenças entre o período pré e pós enchimento do reservatório da UHE Tibagi Montante.

Já o índice de estado trófico médio (IET=58) classifica o trecho como mesotrófico, portanto, corpos de água com produtividade intermediária, com possíveis implicações sobre a qualidade da água, mas em níveis aceitáveis na maioria dos casos. Historicamente, conforme observado nesse monitoramento, a classificação do estado

trófico durante a fase operação (pós enchimento) sempre variou entre mesotrófico e oligotrófico. Vale lembrar, que o IET é dependente da quantidade de fósforo e clorofila-a presentes no meio, ou seja, quanto maior a descarga de fósforo decorrentes das atividades externas ao reservatório, maior deverá ser a produtividade primária, o que eleva a clorofila-a e consequentemente elevará também o Índice de Estado trófico. Salientamos recorrentemente que ações em termos de gerenciamento da bacia deveriam ser tomadas para redução a presença de fósforo no meio hídrico.

Por fim, de acordo com os resultados registrados até o momento pelo Programa de Monitoramento, somando aos fatos de que o tempo de residência da água é de 3,6 dias, de que o reservatório está inserido em uma região de intensas atividades agrosilvopastoris, de que a montante do reservatório fica a cidade de Ponta Grossa, quarto maior município do Paraná e que a operação do empreendimento é a fio d'água, percebe-se que a qualidade de água do reservatório da UHE Tibagi Montante é dependente da qualidade de água que entra, sendo que o reservatório está atuando como um filtro de nutrientes, entregando a jusante, uma água com igual ou menor carga de nutrientes do que aquela existente no reservatório e a montante.

Quadro 3.4 – Valor das variáveis físicas, químicas e biológicas analisadas na área de influência da UHE Tibagi Montante, Rio Tibagi, no Primavera de 2024. Os valores em vermelho encontram-se acima ou abaixo dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005, para águas de classe 2; (NMP) Número mais provável; (Nm) Não mencionado; não detectado (ND).

Parâmetros	Locais de Amostragem									CONAMA 357/2005
	MON	PAL	BAR S	BAR M	BAR F	PAS S	PAS M	PAS F	JUS	
Alcalinidade Total (mg/L)	17,17	19,60	18,18	17,17	17,98	18,18	20,00	24,24	18,08	Nm
Alumínio Total (mg/L)	1,384	0,159	0,163	0,190	0,519	0,152	0,094	0,237	0,556	Nm
Cádmio Total (mg/L)	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	≤0,001
Cálcio (mg/L)	5,34	-	-	-	-	-	-	-	3,03	Nm
Chumbo Total (mg/L)	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	≤0,01
Cloretos (mg/L)	4,31	-	-	-	-	-	-	-	4,41	≤250,0
Clorofila- <i>a</i> (µg/L)	3,17	0,96	1,35	-	-	1,17	-	-	3,65	≤30,0
Cobre Total (mg/L)	< 0,015	< 0,015	< 0,015	< 0,015	< 0,015	< 0,015	< 0,015	< 0,015	< 0,015	Nm
<i>Escherichia coli</i> (NMP/100mL)	97	31	< 1,00	-	-	< 1,00	-	-	10	<1.000
Coliformes Totais (NMP/100mL)	5172	1565	6867	-	-	4884	-	-	7701	Nm
Condutividade Elétrica (µS/cm)	61,3	65,9	67,1	68,7	68,9	64,3	58,6	65,1	65,75	Nm
Cor Aparente (UC)	214,48	-	-	-	-	-	-	-	110,03	≤75
Cromo Total (mg/L)	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	≤0,05
DBO (mg/L)	1,20	< 1,00	3,48	1,18	< 1,00	3,56	3,1	3,12	1,18	≤5,0
DQO (mg/L)	< 3,00	11,23	33,62	13,33	9,34	10	12,45	10,55	5,49	Nm
Dureza total (mg/L)	18,03	-	-	-	-	-	-	-	19,99	Nm
Fenóis (mg/L)	0,005	-	-	-	-	-	-	-	0,004	≤0,003
Ferro Total (mg/L)	2,042	-	-	-	-	-	-	-	0,784	Nm
Fósforo Total (mg/L)	0,198	0,157	0,136	0,145	0,147	0,113	0,123	0,114	0,143	≤0,10 (rio) ≤0,05 (reservatório)
Magnésio (mg/L)	1,14	-	-	-	-	-	-	-	3,025	Nm
Mercurio Total (mg/L)	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	≤0,0002
Níquel Total (mg/L)	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	≤0,025

Parâmetros	Locais de Amostragem									CONAMA 357/2005
	MON	PAL	BAR S	BAR M	BAR F	PAS S	PAS M	PAS F	JUS	
Nitrato (mg/L)	3,15	4,02	3,53	3,62	5,04	1,95	1,82	2,38	3,23	≤10,0
Nitrito (mg/L)	0,14	0,139	0,076	0,102	0,112	0,039	0,029	0,069	0,1	≤1,0
Nitrogênio amoniacal (mg/L)	0,1	0,199	0,053	0,076	0,136	< 0,009	0,113	0,907	0,097	3,7mg/L N, para pH ≤ 7,5; 2,0 mg/L N, para 7,5 < pH ≤ 8,0; 1,0 mg/L N, para 8,0 < pH ≤ 8,5; 0,5 mg/L N, para pH > 8,5
Nitrogênio Orgânico (mg/L)	0,50	0,64	0,59	0,56	0,62	0,76	0,45	0,95	0,34	Nm
Óleos e Graxas (mg/L)	10,8	-	-	-	-	-	-	-	<5,0	Ausentes
Fosfato/Ortofosfato (mg/L)	0,029	0,157	0,136	0,145	0,147	0,113	0,123	0,114	0,01	Nm
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	7,98	7,69	7,56	5,60	4,69	7,34	3,49	< 1,56	7,15	≥5,0
Oxigênio Dissolvido (%)	90,6	89,5	90,9	63	52,3	88,3	39,5	3,6	83	Nm
pH (-)	7,35	7,23	8,99	7,36	7,56	8,79	7,43	7,15	8,12	6,0-9,0
Sílica (mg/L)	11,90	-	-	-	-	-	-	-	9,37	Nm
Sólidos Suspensos Totais (mg/L)	20,00	7,00	7,40	6,40	7,80	5,00	6,20	5,14	6,20	≤500
Sólidos Totais (mg/L)	92,00	67,50	80,00	80,50	65,00	67,50	72,00	75,50	85,50	Nm
Sólidos Totais Dissolvidos (mg/L)	51,00	54,25	47,00	62,00	63,00	46,00	48,50	52,50	44,00	Nm
Sulfato (mg/L)	4,25	3,26	3,30	3,32	3,38	3,32	3,15	3,47	3,26	≤250
Temperatura da Água (oC)	21,6	23,0	24,5	21,1	20,7	25,3	21,6	19,0	21,9	Nm
Temperatura do Ar (oC)	24,0	26,0	26,0	-	-	22,0	-	-	26,0	Nm
Transparência (m)	0,45	0,80	1,00	-	-	0,95	-	-	1,05	Nm
Turbidez (NTU)	30,20	10,90	6,90	9,14	13,14	5,65	5,15	7,78	9,33	≤100
Zinco Total (mg/L)	< 0,066	< 0,066	< 0,066	< 0,066	< 0,066	< 0,066	< 0,066	< 0,066	< 0,066	≤0,18
IET	61	56	56	-	-	55	-	-	61	Nm
IQA	74	-	-	-	-	-	-	-	83	Nm
IQAR	-	2,85	3,1	-	-	3,36	-	-	-	Nm

4. COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA

Esta sessão apresenta os resultados obtidos para as coletas da comunidade fitoplanctônica realizadas no mês de outubro de 2024 (Primavera) na área de influência da UHE Tibagi Montante.

4.1 Metodologia

As amostragens quantitativas da comunidade fitoplanctônica foram realizadas na subsuperfície, utilizando-se o simples enchimento de frasco de vidro com capacidade de 100mL, sendo as amostras fixadas com solução de lugol acético. Paralelamente, para auxiliar nos estudos taxonômicos, foram filtrados 200 litros de água em rede de plâncton cônica com abertura de malha de 20 μm (Figura 4.1), sendo este material acondicionado em frascos de polietileno e fixado em solução Transeau (Bicudo & Menezes, 2006).



Figura 4.1 – Coleta da comunidade fitoplanctônica.

As amostras fixadas foram encaminhadas ao laboratório, onde as análises quantitativas foram realizadas com auxílio de microscópio invertido, utilizando-se câmara de sedimentação (Utermöhl, 1958), enquanto as análises taxonômicas foram realizadas com microscópio óptico, utilizando-se lâminas histológicas. A densidade fitoplanctônica foi estimada segundo o método de Utermöhl (1958), com prévia sedimentação da amostra, sendo o volume sedimentado estabelecido de acordo com a concentração de algas e/ou detritos na amostra (5 ou 10mL) e o tempo de sedimentação

conforme a altura da câmara, sendo de pelo menos três horas para cada centímetro de altura da câmara.

As contagens foram realizadas aleatoriamente até a obtenção de 100 campos, sendo o erro inferior a 20%, a um coeficiente de confiança de 95% (Lund et al., 1958). Para a contagem das algas e cianobactérias, os indivíduos foram considerados na forma como ocorrem na natureza (células, cenóbios, colônias ou filamentos), sendo o resultado expresso em indivíduos por mililitro, utilizando-se a fórmula a seguir:

$$N = \frac{X \cdot A}{a \cdot v \cdot c}$$

Onde:

N = número de indivíduos por volume na amostra (ind./mL);

X = número de indivíduos contados na câmara de sedimentação;

A = área da câmara (490,88 mm);

a = área do campo de contagem (0,20 mm);

v = volume da amostra sedimentada na câmara (10 mL);

c = número de campos contados (100 campos).

A identificação dos táxons fitoplanctônicos foi realizada com auxílio de Bourrelly (1972), Bicudo & Bicudo (1970), Komárek & Fott (1983), Round et al. (1990), Metzeltin & Lange-Bertalot (1998), Bicudo & Menezes (2005, 2006), Franchescini et al. (2010), além de outros artigos científicos de descrição de espécies, e a classificação taxonômica segue o apresentado por Guiry & Guiry (2024).

A abundância (densidade) fitoplanctônica foi estimada de acordo com APHA (2017) e o resultado expresso em indivíduos (células, cenóbios, colônias ou filamentos) por mililitro. Como riqueza de espécies, considerou-se o número total de táxons presentes em cada amostra quantitativa. A densidade de células de cianobactérias foi estimada com base no número médio de células formadoras dos indivíduos, cenóbios ou colônias e expressa em células por mililitro.

Alguns atributos da comunidade fitoplanctônica foram determinados através dos seguintes índices ecológicos:

- Riqueza (S), determinada como o número de táxons identificados em nível de gênero ou espécie;
- Equitabilidade (E), calculada de acordo com a expressão:

$$E = \frac{H'}{\ln S}$$

Sendo:

H' = índice de diversidade de Shannon;

S = número de espécies.

- Índice de diversidade de Shannon, expresso pela equação:

$$H' = - \sum_{i=1}^s (p_i) \times \ln p_i$$

Sendo:

s = número de espécies;

p_i = proporção do grupo i.

4.2 Resultados e Discussão

A comunidade fitoplanctônica amostrada na área de influência da UHE Tibagi Montante, no Primavera de 2024 (outubro), foi caracterizada qualitativamente pelo registro de 69 táxons distribuídos em 10 classes (Tabela 4.1). A classe mais representativa foi Chlorophyceae (23 táxons; 33,3%). As demais classes registradas foram: Bacillariophyceae (11 táxons; 15,9%); Cyanophyceae e Cryptophyceae (9 táxons; 13,0%, cada); Coscinodiscophyceae (6 táxons; 8,7%); Zygnematophyceae (5 táxons; 7,2%); Trebouxiophyceae e Euglenophyceae (2 táxons; 2,9%, cada), e; Chrysophyceae e Mediophyceae (1 táxon; 1,4%, cada).

Tabela 4.1 – Riquezas registradas para a comunidade fitoplanctônica coletada nos locais de amostragem na área de influência do reservatório da UHE Tibagi Montante na Primavera de 2024 (outubro) (RIQ. = riqueza; DENS. MÉD. = densidade média).

Grupos Taxonômicos	RIQ.	Locais de Amostragem			
		MON	BAR	JUS	PAS
CYANOBACTERIA					
Cyanophyceae	9	3	6	4	5
<i>Chroococcus minimus</i> (Keissler) Lemmermann			X		X
<i>Chroococcus</i> cf. <i>minutus</i>			X		
<i>Cronbergia</i> sp.			X	X	X
<i>Cuspidothrix</i> sp.		X	X	X	X
<i>Geitlerinema</i> sp.			X		X
<i>Merismopedia</i> cf. <i>punctata</i>				X	
<i>Merismopedia tenuissima</i> Lemmermann		X	X		X
<i>Pseudanabaena</i> cf. <i>galeata</i>		X			
<i>Synechococcus</i> sp.				X	
HETEROKONTOPHYTA					
Bacillariophyceae	11	9	2	5	3
<i>Diademsis</i> sp.		X			
<i>Diploneis</i> sp.		X		X	
<i>Encyonema</i> sp.		X			
<i>Fragilaria longifusiformis</i> (Hains & Sebring) Siver et al.				X	X
<i>Fragilaria tenera</i> (W.Smith) Lange-Bertalot		X	X	X	X
<i>Frustulia</i> sp.		X			
<i>Gomphonema</i> sp.		X			
<i>Navicula</i> sp.					X
<i>Nitzschia sigmoidea</i> (Nitzsch) W.Smith		X			
<i>Nitzschia</i> sp.		X	X	X	
<i>Pinnularia</i> sp.		X		X	
Chrysophyceae	1				1
<i>Mallomonas</i> cf. <i>papilosa</i>					X
Coscinodiscophyceae	6	2	5	4	4
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen			X	X	X
<i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>angustissima</i> (O. Müller) Simonsen		X	X	X	X
<i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>curvata</i> Grunow & D.C.Reinke		X	X	X	X
<i>Aulacoseira</i> sp.			X	X	
<i>Melosira</i> sp.					X
<i>Urosolenia longiseta</i> (O.Zacharias) Edlund & Stoermer			X		
Mediophyceae	1	1		1	1
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing		X		X	X
CRYPTISTA					
Cryptophyceae	9	2	8	6	7
cf. <i>Chilomonas</i> sp.			X		X
<i>Chroomonas</i> sp.1			X	X	X
<i>Chroomonas</i> sp.2			X	X	X
<i>Chroomonas</i> sp.3			X		
<i>Cryptomonas</i> cf. <i>obovoidea</i>			X	X	
<i>Cryptomonas</i> cf. <i>ovata</i>		X	X	X	X
<i>Cryptomonas</i> sp.1		X	X	X	X
cf. <i>Cyanomonas</i> sp.			X	X	X
cf. <i>Rhodomonas</i> sp.					X
CHAROPHYTA					
Zygnematophyceae	5		1		5
<i>Cosmarium</i> sp.					X
<i>Mougeotia</i> sp.					X
<i>Staurostrum</i> cf. <i>dejectus</i>					X
<i>Staurostrum leptocladum</i> Nordstedt					X
<i>Staurostrum</i> sp.			X		X

Grupos Taxonômicos	RIQ.	Locais de Amostragem			
		MON	BAR	JUS	PAS
CHLOROPHYTA					
Chlorophyceae	23	4	7	12	15
<i>Ankistrodesmus</i> sp.					X
cf. <i>Chlamydomonas</i> sp.				X	X
<i>Coelastrum pulchrum</i> Schmidle			X		X
<i>Coenochloris</i> sp.				X	X
<i>Desmodesmus armatus</i> var. <i>armatus</i> (Chod.) Hegew.		X		X	X
<i>Desmodesmus armatus</i> var. <i>bicaudatus</i> (Gugl.) Hegew.			X		X
<i>Desmodesmus brasiliensis</i> (Bohlin) Hegewald				X	
<i>Desmodesmus communis</i> (Hegew.) Hegew.				X	
<i>Desmodesmus denticulatus</i> (Lagerheim) S.S.An, T.Friedl & E.Hegewald				X	
<i>Desmodesmus spinosus</i> (Chodat) E.Hegewald		X			
<i>Dictyosphaerium</i> sp.			X	X	X
<i>Monoraphidium arcuatum</i> (Kors.) Hind.		X	X	X	X
<i>Monoraphidium circinale</i> (Nygaard) Nygaard			X		
<i>Monoraphidium contortum</i> (Thuret) Komárková-Legnerová			X	X	X
<i>Monoraphidium indicum</i> Hindák					X
<i>Monoraphidium minutum</i> (Näg.) Kom.-Legn.					X
<i>Monoraphidium pusillum</i> (Printz) Komárková-Legnerová		X			
<i>Monoraphidium tortile</i> (West & G.S.West) Komárková-Legnerová			X	X	X
<i>Scenedesmus acuminatus</i> (Lagerheim) Chodat					X
<i>Tetraëdron minimum</i> (A.Braun) Hansgirg					X
<i>Tetraedron pusillum</i> (Wallich) West & GSWest				X	
<i>Tetraëdron trigonum</i> (Nägeli) Hansgirg					X
<i>Tetrastrum triangulare</i> (Chodat) Komárek				X	
Trebouxiophyceae	2			2	1
<i>Actinastrum</i> sp.				X	
<i>Crucigenia crucifera</i> (Wolle) O.Kuntze				X	X
EUGLENOPHYTA					
Euglenophyceae	2	1			1
<i>Euglena</i> cf. <i>caudata</i>		X			
<i>Trachelomonas</i> cf. <i>hispida</i>					X
RIQUEZA	69	22	29	34	43
Número de Classes	10	7	6	7	10

A análise quantitativa da comunidade fitoplanctônica (Tabela 4.2) resultou em um total de 65 táxons representantes de 10 classes, com maior densidade média da classe Cryptophyceae (593,47 ind./mL), principalmente decorrente da elevada densidade desse grupo registrada no local BAR, seguida da classe Cyanophyceae (487,93 ind./mL), cuja maior abundância foi registrada no local PAS. Especialmente, os maiores valores de densidade foram registrados no local PAS (5.532,22 ind./mL).

Quanto à densidade de células de cianobactérias (Tabela 4.3), o maior valor total foi obtido no PAS (39.132,95 cél./mL), sendo esse valor inferior ao limite estabelecido pela Resolução CONAMA n.º 357/2005 para águas de classe 2, que é de 50.000 cél./mL, com maiores contribuições dos táxons *Cuspidothrix* sp. e *Geitlerinema* sp.

Tabela 4.2 – Abundâncias (ind./mL) registradas para a comunidade fitoplancônica coletada nos locais de amostragem na área de influência do reservatório da UHE Tibagi Montante na primavera de 2024 (outubro) (RIQ. = riqueza; DENS. MÉD. = densidade média).

Grupos Taxonômicos	RIQ.	Locais de Amostragem					DENS. MÉD. (ind./mL)
		MON	BAR	JUS	PAS	PAS-LÓT	
CYANOBACTERIA							
Cyanophyceae	9	7,36	186,53	34,36	2.194,23	17,18	17,18
<i>Chroococcus minimus</i>			44,18		9,82		
<i>Chroococcus</i> cf. <i>minutus</i>			9,82				
<i>Cronbergia</i> sp.			58,91	4,91	73,63		
<i>Cuspidothrix</i> sp.		2,45	29,45	14,73	1.158,48	2,45	2,45
<i>Geitlerinema</i> sp.			29,45		893,40	14,73	14,73
<i>Merismopedia</i> cf. <i>punctata</i>				4,91			
<i>Merismopedia tenuissima</i>		2,45	14,73		58,91		
<i>Pseudanabaena</i> cf. <i>galeata</i>		2,45					
<i>Synechococcus</i> sp.				9,82			
HETEROKONTOPHYTA							
Bacillariophyceae	8	31,91	29,45	34,36	495,79	2,45	2,45
<i>Fragilaria longifusiformis</i>				4,91	427,07		
<i>Fragilaria tenera</i>		17,18	29,45	9,82	68,72		
<i>Frustulia</i> sp.		2,45					
<i>Gomphonema</i> sp.		2,45					
<i>Navicula</i> sp.						2,45	2,45
<i>Nitzschia sigmoidea</i>		2,45					
<i>Nitzschia</i> sp.		7,36		14,73			
<i>Pinnularia</i> sp.				4,91			
Chrysophyceae	1				14,73		
<i>Mallomonas</i> cf. <i>papilosa</i>					14,73		
Coscinodiscophyceae	5	9,82	412,34	161,99	93,27		
<i>Aulacoseira granulata</i>			58,91	27,00	29,45		
<i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>angustissima</i>		7,36	161,99	83,45	54,00		
<i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>curvata</i>		2,45	157,08	29,45	9,82		
<i>Aulacoseira</i> sp.			19,64	22,09			
<i>Urosolenia longiseta</i>			14,73				
Mediophyceae	1	4,91		12,27	368,16		
<i>Cyclotella meneghiniana</i>		4,91		12,27	368,16		
CRYPTISTA							
Cryptophyceae	9	12,27	2.046,97	171,81	726,50	9,82	9,82
cf. <i>Chilomonas</i> sp.			44,18		24,54		
<i>Chroomonas</i> sp.1			373,07	14,73	29,45	2,45	2,45
<i>Chroomonas</i> sp.2			191,44	7,36	19,64		
<i>Chroomonas</i> sp.3			14,73				
<i>Cryptomonas</i> cf. <i>obovoidea</i>			54,00	2,45			
<i>Cryptomonas</i> cf. <i>ovata</i>		4,91	176,72	44,18	29,45	4,91	4,91
<i>Cryptomonas</i> sp.1		7,36	731,41	46,63	117,81	2,45	2,45
cf. <i>Cyanomonas</i> sp.			461,43	56,45	471,24		
cf. <i>Rhodomonas</i> sp.					34,36		
CHAROPHYTA							
Zygnematophyceae	5		14,73		829,59	2,45	2,45
<i>Cosmarium</i> sp.					687,23	2,45	2,45
<i>Mougeotia</i> sp.					19,64		
<i>Staurastrum</i> cf. <i>dejectus</i>					14,73		
<i>Staurastrum leptocladum</i>					44,18		
<i>Staurastrum</i> sp.			14,73		63,81		
CHLOROPHYTA							
Chlorophyceae	23	22,09	220,90	125,17	790,32		
<i>Ankistrodesmus</i> sp.					14,73		
cf. <i>Chlamydomonas</i> sp.				12,27	9,82		
<i>Coelastrum pulchrum</i>			14,73		14,73		
<i>Coenochloris</i> sp.				2,45	9,82		
<i>Desmodesmus armatus</i> var. <i>armatus</i>		4,91		14,73	58,91		
<i>Desmodesmus armatus</i> var. <i>bicaudatus</i>			29,45		19,64		

Grupos Taxonômicos	RIQ.	Locais de Amostragem					DENS. MÉD. (ind./mL)
		MON	BAR	JUS	PAS	PAS-LÓT	
<i>Desmodesmus brasiliensis</i>				4,91			
<i>Desmodesmus communis</i>				2,45			
<i>Desmodesmus denticulatus</i>				2,45			
<i>Desmodesmus spinosus</i>		2,45					
<i>Dictyosphaerium</i> sp.			14,73	14,73	44,18		
<i>Monoraphidium arcuatum</i>		12,27	58,91	12,27	166,90		
<i>Monoraphidium circinale</i>			29,45				
<i>Monoraphidium contortum</i>			14,73	41,72	103,08		
<i>Monoraphidium indicum</i>					9,82		
<i>Monoraphidium minutum</i>					122,72		
<i>Monoraphidium pusillum</i>		2,45					
<i>Monoraphidium tortile</i>			58,91	12,27	157,08		
<i>Scenedesmus acuminatus</i>					49,09		
<i>Tetraëdron minimum</i>					4,91		
<i>Tetraedron pusillum</i>				2,45			
<i>Tetraëdron trigonum</i>					4,91		
<i>Tetrastrum triangulare</i>				2,45			
Trebouxiophyceae	2			4,91	14,73		
<i>Actinastrum</i> sp.				2,45			
<i>Crucigenia crucifera</i>				2,45	14,73		
EUGLENOPHYTA							
Euglenophyceae	2	2,45			4,91		
<i>Euglena</i> cf. <i>caudata</i>		2,45					
<i>Trachelomonas</i> cf. <i>hispida</i>					4,91		
DENSIDADE TOTAL		90,81	2.910,92	544,88	5.532,22	31,91	
RIQUEZA	65	18	28	33	41	7	
Número de Classes	10	7	6	7	10	4	

Tabela 4.3 – Densidades de células de cianobactérias (cél./mL) registradas nos locais de amostragem na área de influência do reservatório da UHE Tibagi Montante, na Primavera de 2024 (outubro) (RIQ. = riqueza; DENS. MÉD. = densidade média).

Grupos Taxonômicos	RIQ.	Locais de Amostragem					DENS. MÉD. (ind./mL)
		MON	BAR	JUS	PAS	PAS-LÓT	
CYANOBACTERIA							
Cyanophyceae	9	319,07	4.201,93	873,77	39.132,95	272,44	8.960,03
<i>Chroococcus minimus</i>			88,36		19,64		21,60
<i>Chroococcus</i> cf. <i>minutus</i>			19,64				3,93
<i>Cronbergia</i> sp.			2.827,47	235,62	4.712,45		1.555,11
<i>Cuspidothrix</i> sp.		73,63	441,79	530,15	17.377,15	36,82	3.691,91
<i>Geitlerinema</i> sp.			589,06		16.081,23	235,62	3.381,18
<i>Merismopedia</i> cf. <i>punctata</i>				78,54			15,71
<i>Merismopedia tenuissima</i>		157,08	235,62		942,49		267,04
<i>Pseudanabaena</i> cf. <i>galeata</i>		88,36					17,67
<i>Synechococcus</i> sp.				29,45			5,89

A análise de atributos da comunidade fitoplanctônica nos locais amostrados na área de influência da UHE Tibagi Montante na Primavera de 2024 (outubro) (Figura 4.2) mostrou que o maior valor de riqueza foi obtido para o local PAS (S = 41) e o menor para PAS-LÓT (S = 07); o maior valor de equitabilidade foi obtido para MON (E = 0,92) e o menor para PAS (E = 0,72), e; o maior valor de diversidade foi obtido para JUS ($H' = 3,01$) e o menor valor desse atributo foi obtido para PAS-LÓT ($H' = 1,63$). O menor

valores de equitabilidade obtido para PAS foi decorrente da elevada densidade registrada para o táxon *Cuspidothrix* sp.

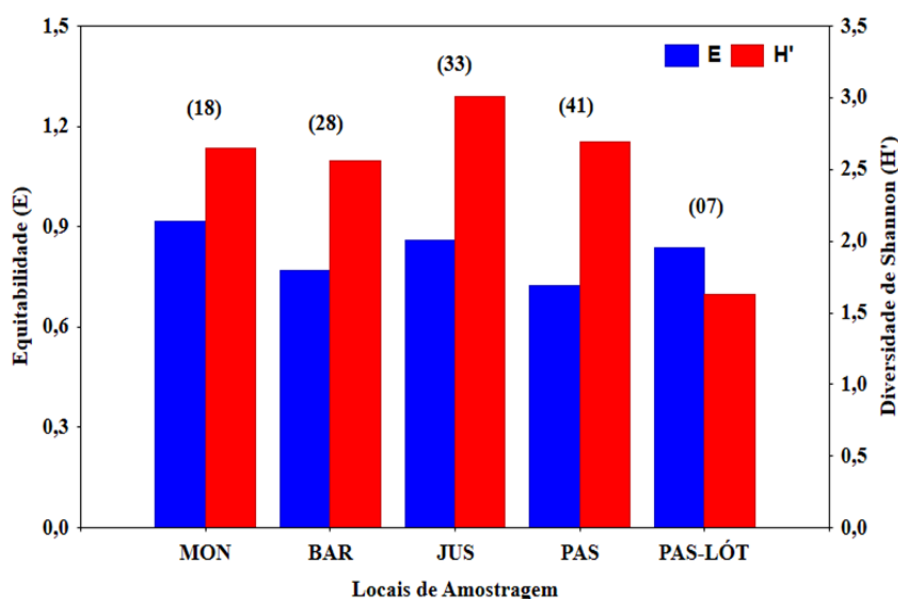


Figura 4.2 – Riqueza (valor entre parênteses), equitabilidade (E) e diversidade de Shannon (H') da comunidade fitoplancônica registrada nos locais de amostragem na área de influência do reservatório da UHE Tibagi Montante na Primavera de 2024 (outubro).

4.3 Considerações Finais

O monitoramento de fitoplâncton realizado na área de influência da UHE Tibagi Montante na Primavera de 2024 (outubro) mostrou que o número de táxons registrados (65) nas análises quantitativas foi maior que o obtido em julho e inferior aos registros de fevereiro e abril desse ano, expressando a dinâmica temporal característica dessa comunidade.

A abundância (densidade) das espécies fitoplancônicas na área de influência da UHE Tibagi Montante, de maneira geral, não tem apresentado valores elevados, demonstrando o baixo potencial de desenvolvimento dessa comunidade. Desse modo, considerando-se a reduzida abundância do fitoplâncton, a boa qualidade da água superficial, a área do reservatório (6,8 km²), a disponibilidade de nutrientes (mesotrófico), o tipo de operação (fio d'água) e o tempo de residência (3,6 dias) da água do reservatório da UHE Tibagi Montante, a possibilidade de eutrofização é praticamente nula, pois a alta circulação da água inviabiliza o acúmulo de nutrientes. De acordo com Cruz & Fabrizzy (1995) e Ramirez (1996), para haver o crescimento significativo do fitoplâncton em reservatório, é necessário um tempo de residência de 2 a 3 semanas (14 a 21 dias),

portanto, o tempo de residência (3,6 dias) do reservatório da UHE Tibagi Montante atuará negativamente sobre as assembleias fitoplanctônicas, contribuindo para uma baixa densidade e biomassa.

A densidade de células de cianobactérias registrada na área de influência da UHE Tibagi Montante no período a que se refere este relatório (Primavera de 2024, outubro) mostrou-se inferior ao limite estabelecido pela Resolução n.º 357/2005 do CONAMA (Brasil, 2005), que é de 50.000 cél./mL, mostrando uma queda na abundância desse grupo, que vinha apresentando concentrações acima desse limite desde abril de 2023.

Analisando-se o histórico de registros das densidades de células desse grupo fitoplanctônico (Figura 4.3), verifica-se que, em geral, essas densidades têm se mantido abaixo do limite legal, contudo, no local PAS, na fase de pós-enchimento, ocorreram desvios desse limite nos meses de janeiro de 2021; abril e outubro de 2022; abril, julho e novembro de 2023, e; abril e julho de 2024. Ressalta-se que na sub-bacia do Rio Passatempo as atividades de pecuária de leite e suinocultura podem contribuir com aporte de nutrientes, principalmente fósforo, que enriquecem o meio aquático e favorecem o maior desenvolvimento do fitoplâncton, o que parece estar especialmente contribuindo para a proliferação de cianobactérias filamentosas, e ainda, o clima atípico que a região Sul do Brasil enfrenta, com altas temperaturas e uma maior intensidade luminosa, auxiliam no aumento da reprodução do fitoplâncton em geral.

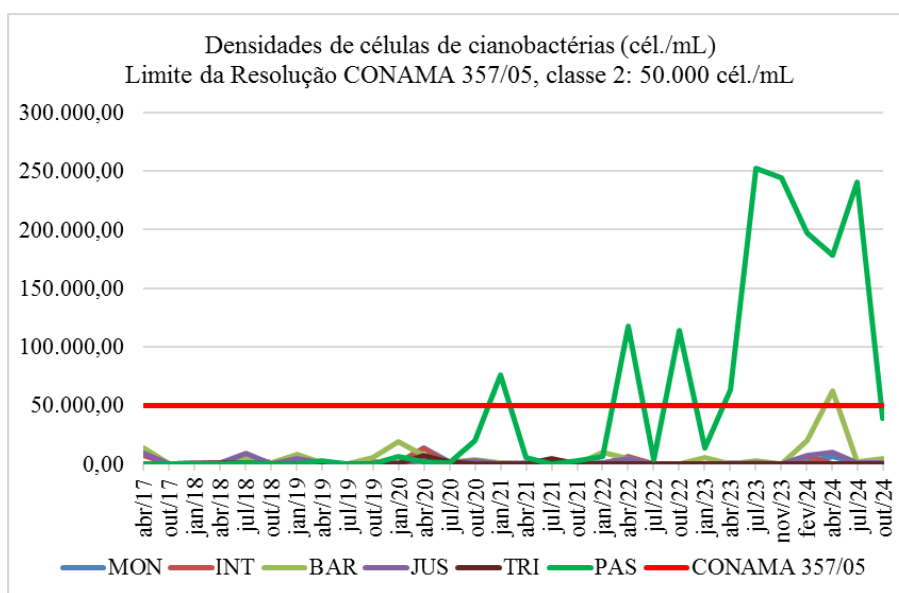


Figura 4.3 – Histórico das densidades de células de cianobactérias (cél./mL) registradas nos locais de amostragem na área de influência do reservatório da UHE Tibagi Montante nos períodos pré (abril de 2017 a julho de 2019) e pós-represamento (outubro de 2019 a outubro de 2024) (MON = montante, INT = intermediário, BAR = barragem, JUS = jusante, TRI = tributário e PAS = Passatempo).

As algas fitoplanctônicas apresentam pequeno tamanho e curto tempo de geração de suas populações, assim, como consequência, seus padrões sucessionais são altamente dinâmicos, tornando-se um excelente modelo da dinâmica ambiental, portanto, é necessário o entendimento dos fatores que regulam essa variabilidade, sejam eles naturais ou antropogênicos, permitindo ações mais eficientes das estratégias de manejo e conservação da biodiversidade. Desta forma, é importante a continuidade do monitoramento na área de influência deste empreendimento, em função de se conhecer a diversidade fitoplanctônica local e regional e a influência da dinâmica sazonal sobre essa comunidade. A variabilidade espacial e temporal da diversidade de espécies ilustra a importância da frequência de amostragem para o entendimento dos sistemas ecológicos, assim como para a preservação e conservação da biodiversidade local e regional.

5. COMUNIDADE ZOOPLANCTÔNICA

5.1 Metodologia

Para as coletas do zooplâncton foram filtrados 200 litros de água em uma rede de plâncton cônica com abertura de malha 68 μm (Figura 5.1), o material coletado foi acondicionado em frasco de polietileno (250 mL) devidamente etiquetado e fixado em solução de formaldeído 4,0%, adicionado corante Rosa de Bengala (1g/L) e tamponado com Bicarbonato de Sódio (5g/L) (Schaden, 1985).

Destaca-se que este procedimento encontra respaldo na Resolução ANA n°. 724/2011, principalmente no que concerne ao tamanho da malha, forma de coleta (filtração) e quantificação, e o laboratório segue os padrões estabelecidos pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial-INMETRO. Devido a isso o INEO segue os procedimentos para a realização da coleta, armazenamento, transporte e análise das amostras, segundo as recomendações do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 24^a edição (Apha, 2023), de acordo com a norma ABNT/NBR ISO/IEC 17025/2017, segundo as diretrizes da PLZ-01-Procedimento de Amostragem de Zooplâncton (formulário próprio), que detalha o plano de amostragem para coleta de zooplâncton.

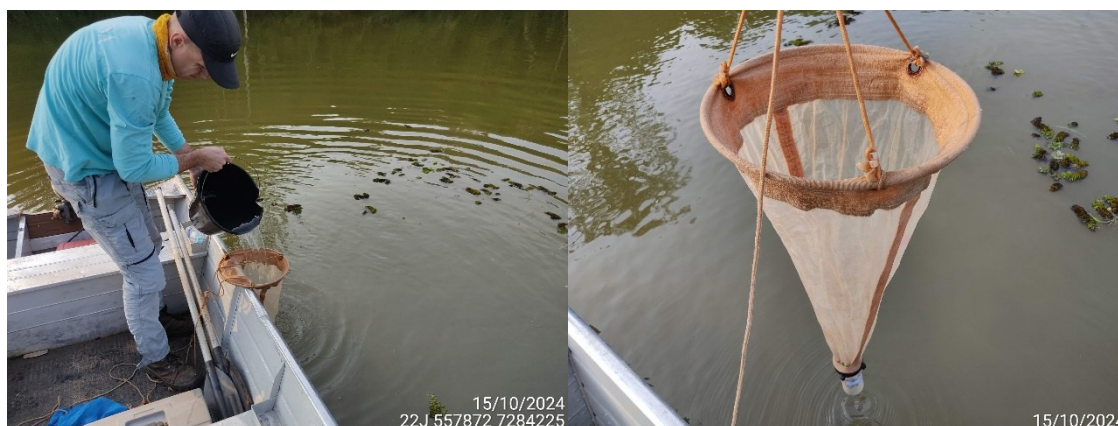


Figura 5.1 - Procedimento de filtragem para a coleta de zooplâncton, amostrada nos locais de coleta na área de influência da UHE Tibagi Montante, no Primavera de 2024.

A avaliação da comunidade zooplancônica foi realizada no Laboratório de Zooplâncton do INEO/GERPEL da Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Unioeste, Campus de Toledo, com auxílio de câmara de Sedgewick-Rafter, sob microscópio óptico (Olympus CX 41) em uma faixa de ampliação de 10x a 100x (Figura 5.2). Alíquotas para

contagem foram removidas de uma amostra com um volume padronizado (50 mL), usando uma micropipeta calibrada (2,0 mL). Pelo menos 50 indivíduos de amebas testáceas, rotíferos, cladóceros, formas jovens (náuplios e copepoditos) e adultos de copépodes foram contados, seguindo as recomendações do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 24^a edição (Apha, 2023), de acordo com a norma ABNT/NBR ISO/IEC 17025/2017, segundo as diretrizes da PLZ-02-Metodologia de Análise de Zooplâncton (formulário próprio), que descreve o procedimento de análise para as amostras de zooplâncton.

A densidade foi expressa em termos de organismos por metro cúbico de água filtrada (org./m³). A identificação foi realizada conforme Koste (1978), Sendacz & Kubo (1982), Reid (1985), Matsumura-Tundisi (1986), Segers (1995, 2007), Elmoor-Loureiro (1997, 2021), Silva (2003) e Souza (2008).

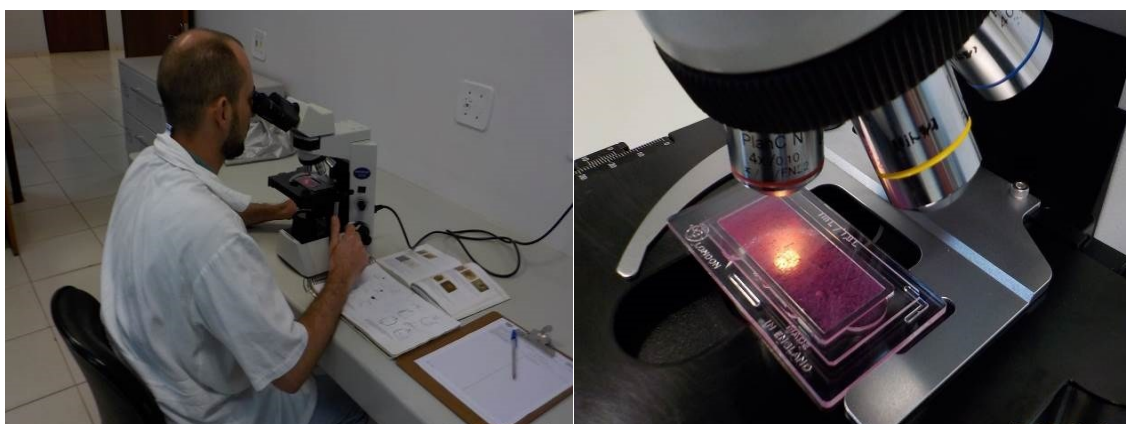


Figura 5.2 – Análise da comunidade zooplanctônica amostrada nos locais de coleta na área de influência da UHE Tibagi Montante.

Os atributos da comunidade zooplanctônica analisados foram: riqueza, densidade das espécies e dos grupos (expressa em organismos por metro cúbico - org/m³), diversidade da comunidade, através do índice de diversidade de Shannon-Wiener (1948) e a equitabilidade da comunidade, que expressa a maneira pela qual o número de organismos está distribuído entre as diferentes espécies, isto é, indica se as diferentes espécies possuem abundância (número de indivíduos) semelhante ou divergente (Pielou, 1975). Para avaliação dos atributos foi utilizado o software Pc-Ord 6.08 ® (McCune & Mefford, 2011).

5.2. Resultados e Discussão

A comunidade zooplancônica amostrada na primavera de 2024 na área de influência da UHE Tibagi Montante, foi composta por 47 espécies, distribuídas em 26 famílias, os rotíferos apresentaram maior riqueza (22 espécies), acompanhados das amebas testáceas (10 espécies), dos cladóceros (10 espécies) e copépodes (5 espécies), além dos organismos jovens (náuplios e copepoditos) (Tabela 5.1).

As amebas testáceas foram distribuídas em 5 famílias, sendo Arcellidae e Centropyxidae (3 espécies, cada) as predominantes (Tabela 5.1 **Erro! Fonte de referência não encontrada.**). O predomínio dessas famílias também é relatado em outros estudos em vários habitats aquáticos (Lansac-Tôha et al., 2014; Maia-Barbosa et al., 2014; Matsumura-Tundisi et al., 2015; Rosa et al., 2017; Picapedra et al., 2017, 2018).

Os rotíferos identificados pertencem a 12 famílias, das quais Brachionidae (10 espécies) e Synchaetidae (3 espécies) foram as predominantes (Tabela 5.1), sendo essas famílias apontadas como abundantes em diversos estudos em vários habitats aquáticos (Lansac-Tôha et al., 2009; Lucena et al., 2015, Picapedra et al., 2017, 2018, 2020). Entre os rotíferos, Brachionidae e Synchaetidae são considerados dos mais importantes táxons de zooplâncton de água doce, cujas espécies geralmente têm hábitos planctônicos (Almeida et al., 2009).

No caso dos microcrustáceos, os cladóceros foram representados por 7 famílias, sendo Bosminidae, Chydoridae e Sididae (2 espécies, cada) as mais representativas (Tabela 5.1), e frequentemente registradas na maioria dos ambientes dulcícolas (Lima et al., 1996; Lopes et al., 1997).

Os copépodes foram representados pela família Cyclopidae (3 espécies) e Diaptomidae (2 espécies), porém, a maioria dos indivíduos encontrados foram de formas jovens (náuplios e copepoditos) (Tabela 5.1). Essa predominância de estágios jovens de copépodes também foi relatada por outros autores (p.e., Dole-Olivier et al., 2001; Nogueira et al., 2008; Lansac-Tôha et al., 2009; Perbiche-Neves et al., 2012; Paranhos et al., 2013; Picapedra et al., 2020) e está frequentemente relacionada a três fatores: (i) predação de formas adultas por peixes planctívoros; (ii) fontes limitadas de alimentos devido ao aumento da descarga do rio que transporta recursos alimentares a jusante; (iii) reprodução limitada devido à dificuldade em encontrar um parceiro sexual. Além disso, os copépodes raramente desenvolvem adaptações morfológicas em resposta à instabilidade hidrológica dos rios, e as espécies com formato cilíndrico do corpo, como

Cyclopoida, são comuns nos rios, pois são adaptadas para locomoção entre as partículas de sedimentos (Dole-Olivier et al., 2001).

Quanto a abundância das espécies e dos grupos da comunidade zooplanctônica (Tabela 5.1), foi apontada durante a amostragem densidade média de 72.923 org/m³, impulsionado pelos copépodes (59.735 org/m³), sobressaindo os náuplios de Cyclopoida e Calanoida (27.265 e 15.543 org/m³, respectivamente), acompanhados dos rotíferos (8.734 org/m³), destacando-se *C. unicornis* (2.458 org/m³) e *K. cochlearis* (1.461 org/m³), enquanto os cladóceros, responderam pela densidade média de 4.265 org/m³, estando *B. cf. freyi* e *D. spinulosum* (2.640 e 710 org/m³, respectivamente) entre os organismos predominantes. As amebas testáceas, por sua vez, apresentaram a menor densidade média (189 org/m³), destacando *C. aculeata* (131 org/m³) e *C. ampulla* (21 org/m³).

Entre os locais amostrados a maior densidade foi registrada no Passatempo (147.458 org/m³), seguido da Barragem (120.167 org/m³) e da Jusante (23.200 org/m³), enquanto os menores valores foram encontrados na Montante (865 org/m³) (Tabela 5.1).

Tabela 5.1 – Densidade (org./m³) da comunidade zooplancônica (amebas testáceas, rotíferos, cladóceros e copépodes), registrada por local de amostragem, na área de influência da UHE Tibagi Montante, no rio Tibagi, no Primavera de 2024. Valor expresso em organismos por metro cúbico (org./m³); (MON) Montante; (BAR) Barragem; (JUS) Jusante e (PAS) Passatempo (*) organismos jovens não incluídos na riqueza.

GRUPOS TAXOXÔMICOS	Locais de Amostragem				Densidade Média (org/m ³)
	MON	BAR	JUS	PAS	
AMEBAS TESTACEAS	455	0	300	0	189
Arcellidae					
<i>Arcella costata</i> Ehrenberg, 1847	5				1
<i>Galeripora megastoma</i> (Pénard, 1902) González-Miguéns et al., 2021	15				4
<i>Arcella vulgaris</i> Ehrenberg, 1830	10				3
Centropyxidae					
<i>Centropyxis aculeata</i> (Ehrenberg, 1830)	225		300		131
<i>Centropyxis ecornis</i> (Ehrenberg, 1841)	10				3
<i>Centropyxis gibba</i> (Deflandre, 1929)	65				16
Cyphoderiidae					
<i>Cyphoderia ampulla</i> Ehrenberg, 1840	85				21
Diffugiidae					
<i>Diffugia urceolata</i> Carter, 1864	10				3
<i>Diffugia</i> sp.	10				3
Lesquereusidae					
<i>Lesquereusia spiralis</i> (Ehrenberg, 1840)	20				5
ROTIFERA	60	22375	7500	5000	8734
Asplanchnidae					
<i>Asplanchna sieboldi</i> (Leydig, 1854)		1583	50	167	450
Brachionidae					
<i>Brachionus angularis</i> Gosse, 1851		42	25		17
<i>Brachionus caudatus</i> Ahlstrom, 1940		167	75		60
<i>Brachionus calyciflorus</i> Pallas, 1766		42	25		17
<i>Brachionus falcatus</i> Zacharias, 1898		125			31
<i>Brachionus quadridentatus</i> Hermann, 1783				42	10
<i>Kellicottia bostoniensis</i> (Rousselet, 1908)	5		2125	83	553
<i>Keratella americana</i> Carlin, 1943		583	125	417	281
<i>Keratella cochlearis</i> (Gosse, 1851)	35	5125	475	208	1461
<i>Keratella lenzi</i> (Hauer, 1953)				1208	302
<i>Keratella tropica</i> (Apstein, 1907)		3833	1425	250	1377

GRUPOS TAXOXÔMICOS	Locais de Amostragem				Densidade Média (org/m ³)
	MON	BAR	JUS	PAS	
Conochilidae					
<i>Conochilus coenobasis</i> (Skorikow, 1914)		917	50	375	335
<i>Conochilus unicornis</i> Rousselet, 1892		5500	2875	1458	2458
Euchlanidae					
<i>Dipleuchlanis propatula</i> (Gosse, 1886)				42	10
Flosculariidae					
<i>Sinantharina ariprepes</i> Edmondson, 1939	15			42	14
Hexarthridae					
<i>Hexarthra mira</i> (Hudson, 1871)		42		458	125
Lecanidae					
<i>Lecane hamata</i> (Stokes, 1896)	5				1
<i>Lecane signifera</i> (Jennings, 1896)				42	10
Synchaetidae					
<i>Polyarthra dolichoptera</i> Idelson, 1925		4292	125	208	1156
<i>Synchaeta stylata</i> Wierzejski, 1893		83			21
<i>Ploesoma hudsoni</i> (Imhof, 1891)			25		6
Trochosphaeridae					
<i>Filinia longiseta</i> (Ehrenberg, 1834)		42	100		35
CLADOCERA	20	12167	3000	1875	4265
Bosminidae					
<i>Bosmina cf. freyi</i> De Melo & Hebert, 1994		7875	1975	708	2640
<i>Bosminopsis deitersi</i> Richard, 1895		250	450		175
Chydoridae					
<i>Alonella dadayi</i> Birge, 1910				42	10
<i>Coronatella poppei</i> (Richard, 1897)	5				1
Daphniidae					
<i>Daphnia gessneri</i> Herbst, 1967				42	10
Ilyocryptidae					
<i>Ilyocryptus spinifer</i> Herrick, 1882	10				3
Macrothricidae					
<i>Macrothrix laticornis</i> (Jurine, 1820)	5				1
Moinidae					
<i>Moina minuta</i> Hansen, 1899		1292	275		392

GRUPOS TAXOXÔMICOS	Locais de Amostragem				Densidade Média (org/m ³)
	MON	BAR	JUS	PAS	
Sididae					
<i>Diaphanosoma birgei</i> Korineck, 1981		667		625	323
<i>Diaphanosoma spinulosum</i> Herbst, 1975		2083	300	458	710
COPEPODA	330	85625	12400	140583	59735
Cyclopidae					
náuplio de Cyclopoida*	310	44583	8125	56042	27265
copepodito de Cyclopoida*	15	16500	2650	42833	15500
<i>Acanthocyclops robustus</i> (Sars, 1863)		125			31
<i>Eucyclops ensifer</i> Kiefer, 1936			50		13
<i>Thermocyclops decipiens</i> (Kiefer, 1929)		208	225		108
Diaptomidae					
náuplio de Calanoida*	5	21417	1125	39625	15543
copepodito de Calanoida*		2625	125	1000	938
<i>Argyrodiaptomus azevedoi</i> (Wright, 1935)		167	25	1042	308
<i>Notodiaptomus transitans</i> (Kiefer, 1929)			75	42	29
Densidade (org/m³)	865	120.167	23.200	147.458	72.923

Os resultados dos atributos da comunidade de zooplancônica (equitabilidade, diversidade e riqueza) (Figura 5.3), apontaram maior valor de equitabilidade e diversidade de espécies no Passatempo ($E=0,83$ e $H'=2,53$), indicando melhor distribuição das espécies neste local, enquanto o menor valor foi registrado na Montante ($E=0,71$ e $H'=2,01$). Quanto ao número de espécies, os valores oscilaram entre 17 na Montante a 22 na Barragem e Jusante.

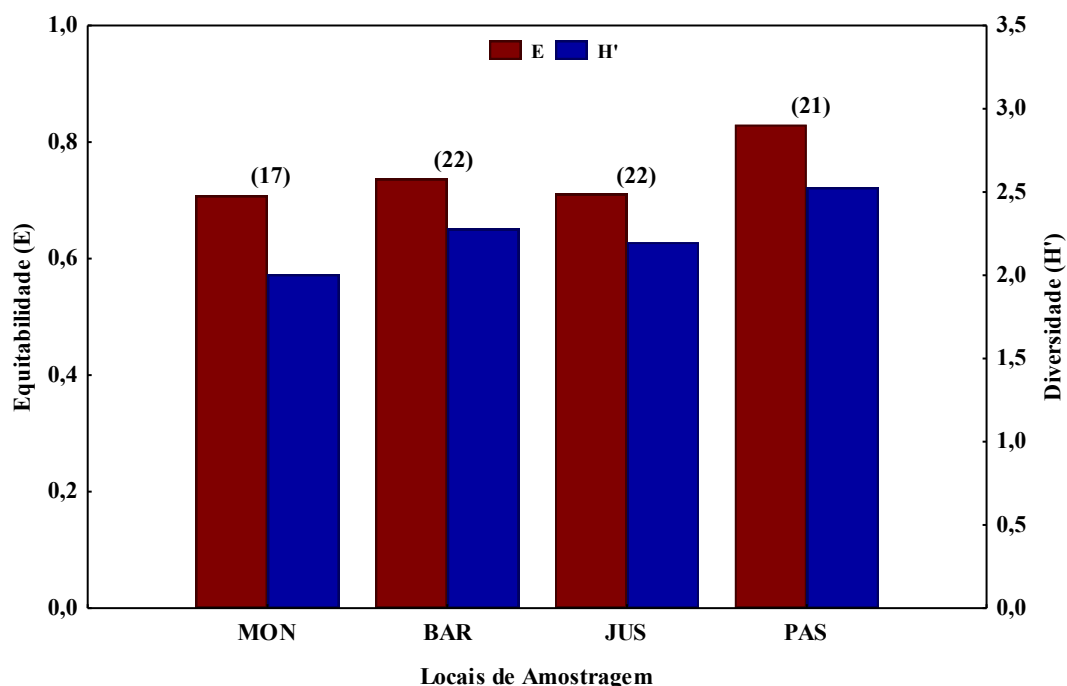


Figura 5.3 – Atributos da comunidade zooplancônica (E =Equitabilidade, H' =Diversidade e riqueza (S)=entre parênteses), registrada na área de influência da UHE Tibagi Montante, no rio Tibagi, na primavera de 2024. (MON=Montante; BAR=Barragem; JUS=Jusante e PAS=Passatempo).

5.3. Considerações Finais

Quarenta e sete espécies zooplancônicas foram identificadas, compostas por organismos do Filo Protozoa, Filo Rotifera, da ordem Cladocera (Crustacea) e das ordens Calanoida e Cyclopoida (Copepoda, Crustacea). Os rotíferos apresentaram maior riqueza e, incluída nesse grupo, Brachionidae foi considerada a família mais representativa, seguida das amebas testáceas e cladóceros.

A densidade do zooplâncton por ponto de coleta, variou de 147.458 org/m³ (Passatempo) a 865 org/m³ (Montante), sendo os copépodes (incluindo náuplios e

copepoditos) e rotíferos os grupos numericamente mais importantes, seguidos dos cladóceros e das amebas testáceas.

A densidade registrada na presente análise foi superior ao registrado na amostragem anterior (inverno de 2024), esse aumento na densidade está principalmente relacionado com o aumento da temperatura da água. Segundo Picapedra et al., (2020), estudos realizados no reservatório de Salto Santiago e Salto Osório, entre 2003 a 2018, observaram queda nos valores de densidade do zooplâncton durante as estações mais frias, ligada principalmente à diminuição da temperatura da água, o que pode desencadear processos sazonais que influenciam o zooplâncton diretamente (p.e., taxas metabólicas, tamanho do corpo, produção de ovos) e indiretamente (p.e. estrutura do fitoplâncton). Outros estudos também observaram uma diminuição na abundância de zooplâncton em reservatórios tropicais durante períodos com temperaturas mais baixas (Tundisi, et al., 2008).

As espécies de amebas testáceas mais abundantes nesta análise foram: *Centropyxis aculeata* (0 a 300 org/m³) e *Cyphoderia ampulla* (0 a 85 org/m³). No caso dos rotíferos foram *Conochilus unicornis* (0 a 5.500 org/m³) e *Keratella cochlearis* (35 a 5.125 org/m³). Entre os cladóceros, *Bosmina cf. freyi* (0 a 7.875 org/m³) e *Diaphanosoma spinulosum* (0 a 2.083 org/m³), foram os que tiveram abundâncias mais expressivas.

Para o grupo dos copépodes, a espécie *Argyrodiaptomus azevedoi* (0 a 1.042 org/m³) foi a mais importante. Os náuplios e copepoditos ciclopóides apresentaram densidades variando entre 310 a 56.042 org/m³ e 15 a 42.833 org/m³, respectivamente, e os náuplios e copepoditos calanóides apresentaram densidades variando entre 5 e 39.625 org/m³ e 0 e 2.625 org/m³, respectivamente.

No que se refere aos pontos de amostragem, a maior densidade foi registrada na parte alagada pelo barramento, os seja, nos locais situados no reservatório, como os pontos Barragem e Passatempo. O ponto Jusante também apresentou aumento na densidade, onde os organismos provenientes do reservatório, estão sendo exportados para jusante do barramento, contribuindo para o aumento da abundância dos grupos zooplanctônicas neste local, enquanto a menor abundância foi registrada no ponto montante do reservatório.

6. MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS

6.1 Metodologia

Para a caracterização da comunidade bentônica, foram realizadas amostragens nos locais de coleta mencionados anteriormente, com o objetivo de abranger a área de influência do reservatório, a montante, jusante e tributários. Considerando as características geomorfológicas de cada local, tais como largura, profundidade, tipo de substrato, velocidade de corrente, além da segurança do amostrador durante o procedimento de coleta, em cada local foram realizadas três subamostragens de macroinvertebrados bentônicos com auxílio de rede coletora do tipo “hand-net”, segundo o método de “Kick-Sampling” e três amostras com o auxílio de draga do tipo Petersen, buscando avaliar os diferentes microhabitats (ambientes lóticos, remansos, margens e centro) (Figura 6.1).



Figura 6.1 – Coleta da comunidade de Macroinvertebrados Bentônicos.

O laboratório de Bentos segue os padrões estabelecidos pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial-INMETRO, visto que,

possui acreditação ISO/IEC 17025, CRL nº1356 (anexo I). Portanto, o GERPEL/INEO segue os procedimentos para a realização da coleta, armazenamento, transporte e análise das amostras, segundo as recomendações do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 24ª edição (APHA, 2023), de acordo com a norma ABNT/NBR ISO/IEC 17025/2017, segundo as diretrizes do PLB-01-Procedimento de Amostragem de invertebrados bentônicos (formulário próprio), método 10500 B, que detalha o plano de amostragem para coleta de invertebrados bentônicos e, o método 10500 C, onde está descrito o procedimento de identificação e Quantificação de Invertebrados Bentônicos.

Após a coleta, a amostra de sedimento é lavada em água corrente, utilizando uma rede (puçá) com malha de 0,5 mm, e posteriormente acondicionada em frascos plásticos devidamente etiquetados e conservados em álcool 70%, segundo as diretrizes do PLB-01-Procedimento de Amostragem de macroinvertebrados bentônicos (10500 B).

No laboratório as amostras de sedimento são lavadas novamente em água corrente, em fluxo reduzido, utilizando uma rede de malha de 0,5 mm, segundo as diretrizes do PLB-02-Procedimento de identificação e quantificação de macroinvertebrados bentônicos (10500 C).

A identificação em laboratório foi realizada com auxílio de microscópio estereoscópico, segundo Mccafferty (1981), Perez (1988), Buzzi (2002), (Costa et al. 2006), (Mugnai et al. 2010) e (Hamada et al. 2014) (Figura 6.2).



Figura 6.2 - Triagem e identificação da comunidade bentônica amostrada nos locais de coleta na área de influência da UHE Tibagi Montante.

A composição da comunidade de macroinvertebrados bentônicos, assim como a sua distribuição espacial e temporal foi avaliada em relação ao número de organismos capturados. Os padrões de riqueza e diversidade específica foram expressos

pela riqueza (número) de grupos taxonômicos e pelo índice de diversidade de Shannon (Magurran, 1988). Para a análise dos atributos da assembleia da comunidade de macroinvertebrados bentônicos foi utilizado o software Pc-Ord 5.31 (McCune e Mefford, 2006).

A avaliação da qualidade da água foi realizada considerando o índice biológico baseado em macroinvertebrados, Biological Monitoring Working Party System (BMWP) e adaptado por IAP (2003) (Tabela 6.1). O índice BMWP baseia-se no somatório de valores de tolerância (sensibilidade a poluentes orgânicos) atribuídos a cada grupo de macroinvertebrados de acordo com sua capacidade de sobreviver em diferentes situações de qualidade de água. Este é um índice qualitativo e leva em conta a presença ou ausência de famílias (Bispo et al, 2006; Fernandes, 2007).

Tabela 6.1 – Classificação da qualidade da água baseada na ocorrência das famílias de macroinvertebrados bentônicos.

CLASSE	QUALIDADE	VALOR	SIGNIFICADO	COR
I	Ótima	>151	Águas muito limpas (águas pristinas)	LILÁS
II	Boa	121-150	Águas limpas, não poluídas ou sistema perceptivelmente não poluído	AZUL ESCURO
III	Aceitável	101-120	Águas muito pouco poluídas ou sistema já com um pouco de alteração	AZUL CLARO
IV	Duvidosa	61-100	São evidentes efeitos moderados de poluição	VERDE
V	Poluída	36-60	Águas contaminadas ou poluídas (sistema alterado)	AMARELO
VI	Muito Poluída	16-35	Águas muito poluídas (sistema muito alterado)	LARANJA
VII	Fortemente Poluída	<16	Águas fortemente poluídas (sistema fortemente alterado)	VERMELHO

6.2 Resultados e Discussão

As amostragens da comunidade de macroinvertebrados bentônicos realizadas na área de influência da UHE Tibagi Montante, na primavera de 2024 (Tabela 6.2), resultaram no registro de 1.482 indivíduos, pertencentes a três filos, sete classes, 12 ordens e 21 famílias, totalizando 29 táxons. Destaca-se que, o número de indivíduos aqui apresentado é superior ao registrado na coleta anterior (inverno de 2024), porém, o número de grupos taxonômicos é inferior, visto que, na coleta anterior foram registrados 920 indivíduos e 41 táxons.

A proporção entre os grupos taxonômicos registrados nos locais amostrados apresentou predomínio em número de indivíduos da ordem Diptera (77,8%), os indivíduos da ordem Veneroidea, Acari e da classe Oligochaeta representaram 9,4%, 7,5% e 2,3%, respectivamente. Os demais grupos com abundância relativa inferior a 1,0% foram agrupados na categoria outros, contribuindo com 3,0% do total de indivíduos registrados (Figura 6.3).

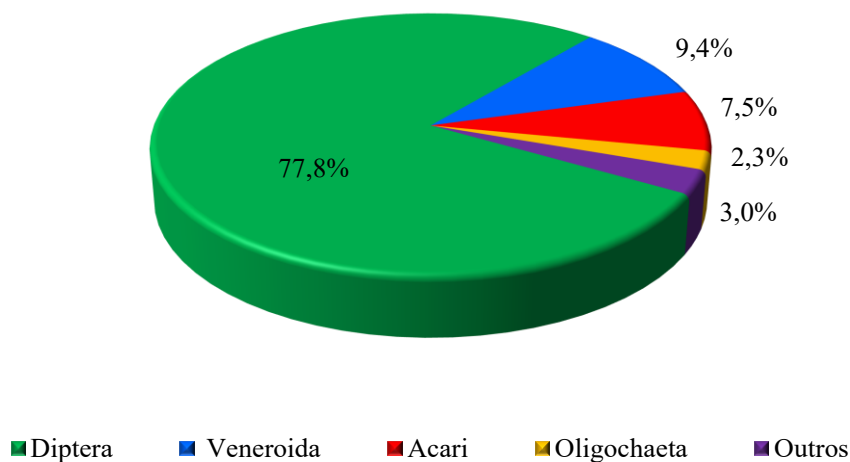


Figura 6.3- Abundância relativa dos grupos de macroinvertebrados bentônicos capturados nos locais de coleta, na área de influência da UHE Tibagi Montante, no rio Tibagi na primavera de 2024.

Considerando a distribuição espacial da comunidade de macroinvertebrados bentônicos (Tabela 6.2), verifica-se a maior abundância na Barragem (1159 indivíduos),

com destaque para Chironomidae. Nos locais Montante, Passatempo e Jusante, foram registrados 120, 114 e 89 indivíduos, respectivamente.

A avaliação da qualidade da água baseada no índice BMWP (Tabela 6.2), enquadrou as águas no local Montante, na classe VII, Barragem, na classe V, Jusante na classe VI e Passatempo na classe IV. Considerando a somatória da pontuação obtida para as famílias de macroinvertebrados bentônicos registrados em todos os locais, na área de influência da UHE Tibagi Montante, as águas foram enquadradas na classe III, consideradas de qualidade aceitável.

Comparando os resultados relacionados no histórico do Índice BMWP, (Tabela 6.3), durante as quatro estações do ano, a partir do outono de 2017 até a primavera de 2024, totalizando 30 coletas, verifica-se que em 11 coletas (36,7%), as águas dos locais avaliados na área de influência da UHE Tibagi Montante no rio Tibagi, foram enquadradas na classe I, ótima qualidade; em três coletas (10,0%) foram enquadradas na classe II, boa qualidade, em 9 coletas (30,0%), as águas estiveram na classe III, qualidade aceitável; já em seis coletas (20,0%), estiveram na classe IV, qualidade duvidosa e apenas em uma coleta (3,3%), as águas foram enquadradas na classe V, poluída.

Vale destacar que, a baixa captura de indivíduos, pode influenciar diretamente no índice BMWP, não indicando assim, que as águas dos locais analisados estejam apresentando qualidade duvidosa, ou até mesmo poluídas, apenas que estas não apresentem um habitat adequado em termos de substrato para o desenvolvimento da maioria das comunidades bentônicas, pois a abundância, distribuição e diversidade de macroinvertebrados bentônicos são afetadas por diversos fatores bióticos e abióticos Winterbotton et al. (1997), principalmente o tipo de substrato.

Tabela 6.2– Enquadramento Taxonômico e classificação do Índice BMWP, baseado na presença das famílias de macroinvertebrados bentônicos capturadas na área de influência da UHE Tibagi Montante no rio Tibagi, na primavera de 2024. Onde: N=Número de indivíduos; - =sem pontuação e B=BMWP.

Enquadramento Taxonômico	Locais de Amostragem								Total	
	Montante		Barragem		Jusante		Passatempo			
	N	B	N	B	N	B	N	B	N	B
Filo Mollusca										
Classe Bivalvia										
Ordem Veneroidea										
Corbiculidae		-		-				-		-
<i>Corbicula</i> sp.	4		53				4		61	
Sphaeriidae	1	3	11	3	2	3	1	3	15	3
<i>Pisidium</i> sp.			56				8		64	
Classe Gastropoda										

Enquadramento Taxonômico	Locais de Amostragem								Total			
	Montante		Barragem		Jusante		Passatempo					
	N	B	N	B	N	B	N	B	N	B		
Ordem Basommatophora	18	1										
Ancylidae			1	7	1	7			2	7		
Physidae			3	3					3	3		
Physa sp.			4						4			
Ordem Mesogastropoda												
Thiaridae									7		7	
Aylacostoma sp.									1		1	
Filo Annelida												
Classe Oligochaeta					4	1	1	1	11	1	34	1
Classe Hirudinea												
Ordem Rhynchobdellida												
Glossiphoniidae					1	3			3	3	4	3
Helobdella sp.					1				3		4	
Filo Arthropoda												
Classe Chelicerata												
Ordem Acari												
Arrenuridae			110	-			1	-	111	-		
Classe Ostracoda												
Ordem Podocopida												
Cyplididae			6	3			2	3	8	3		
Classe Insecta												
Ordem Collembola			3	-	2	-			5	-		
Ordem Diptera												
Ceratopogonidae				4						4		
Atrichopogon sp.			1						1			
Chironomidae	97	2	901	2	78	2	74	2	1150	2		
Psychodidae					1	4			1	4		
Ordem Ephemeroptera												
Baetidae					1	5			1	5		
Camelobaetidius sp.					1				1			
Caenidae			1	5					1	5		
Leptohyphidae					1	6		6	1	6		
Tricorythodes sp.							1		1			
Polymitarcyidae								6		6		
Campsurus sp.							1		1			
Ordem Lepidoptera												
Pyralidae					1	7			1	7		
Ordem Odonata												
Calopterygidae				8				8		8		
Hetaerina sp.			1				1		2			
Coenagrionidae							1	6	1	6		
Megapodagrionidae							1	10	1	10		
Perilestidae							1	8	1	8		
Ordem Trichoptera												
Hydroptilidae			1						1	7		
Hydroptila sp.			1						1			
Total de organismos	120		1159		89		114		1482			
Classe/Índice BMWP	VII	6	V	39	VI	35	IV	63	III	105		

Os resultados avaliados para os atributos da comunidade de macroinvertebrados bentônicos (equitabilidade e diversidade), expressos na figura 6.4, revelaram os maiores índices no local Passatempo ($E=0,52$ e $H'=1,44$), indicando maior homogeneidade na distribuição dos táxons ali registrados, nos demais locais houve

pequena diferença entre os atributos, variando para equitabilidade entre $E=0,27$ registrado na Jusante e $E=0,44$ com registro na Montante; a diversidade oscilou de $H'=0,61$ com registro na Montante a $H'=0,89$ registrado na Barragem. Para riqueza de grupos taxonômicos o maior valor ($S=18$) foi encontrado na Barragem, seguido do Passatempo ($S=16$), Jusante ($S=10$) e Montante ($S=4$).

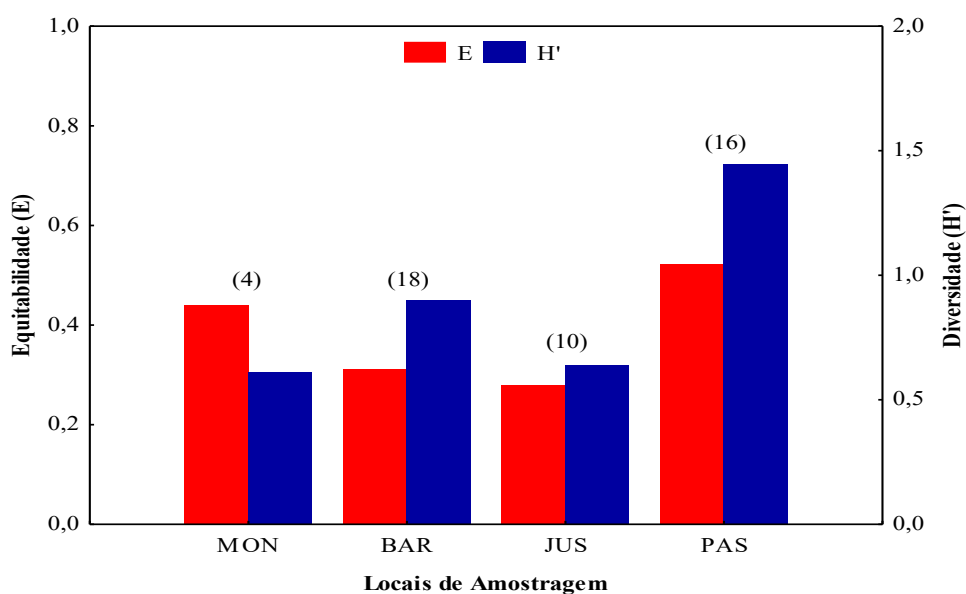


Figura 6.4 – Atributos da comunidade de macroinvertebrados bentônicos, Equitabilidade (E =azul), Diversidade (H' =vermelho) e Riqueza (valores entre parênteses acima das colunas), dos locais de coleta na área de influência da UHE Tibagi Montante, registrados na primavera de 2024.

Tabela 6.3–Histórico do Índice BMWP, baseado na presença das famílias de macroinvertebrados bentônicos capturadas na área de influência da UHE Tibagi Montante no rio Tibagi, durante as quatro estações do ano, a partir do outono de 2017 ao Primavera de 2024.

MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS - ÍNDICE BMWP UHE TIBAGI MONTANTE														
PONTOS	Pré - Construção 2017		Construção						Operação					
	Outono	Primavera	2018				2019			Primavera	2020			
			Verão	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Outono	Inverno		Verão	Outono	Inverno	Primavera
MON	50		7	4	48	101	47	0	65	11	78	23	13	99
TRI	118		3	11	134	85	94	38	46	33	7	15	14	30
INT	32		2	2	12	100	41	11	11	6	11	23	23	6
BAR	151		9	1	65	75	67	81	5	6	27	81	16	22
PAS	82		22	31	80	122	92	98	76	5	33	67	49	81
JUS	118		17	2	44	62	66	30	36	6	20	68	64	18
UHE Tibagi Montante	151	185	71	46	199	209	180	150	151	78	112	118	106	158
	Ótima	Ótima	Duvidosa	Poluída	Ótima	Ótima	Ótima	Ótima	Ótima	Duvidosa	Aceitável	Aceitável	Aceitável	Ótima

MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS - ÍNDICE BMWP UHE TIBAGI MONTANTE																
PONTOS	Operação															
	2021				2022				2023				2024			
	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Primavera
MON	41	23	11	87	97	14	14	18	3	1	16	37	6	24	63	6
TRI	17	17	7	36	30	18	10	7	1	21	12	3	13			
INT	48	11	13	22	24	19	19	11	16	29	5	22	9			
BAR	92	58	23	39	6	7	46	38	15	3	16	69	18	68	44	39
PAS	89	83	56	56	91	83	121	63	3	3	47	48	51	24	75	63
JUS	46	45	42	34	25	36	13	15	47	65	63	34	23	41	23	35
UHE Tibagi Montante	164	114	94	164	175	111	142	104	61	96	105	128	89	104	125	105
	Ótima	Aceitável	Duvidosa	Ótima	Ótima	Aceitável	Boa	Aceitável	Duvidosa	Duvidosa	Aceitável	Boa	Duvidosa	Aceitável	Boa	Aceitável

6.3 Considerações Finais

O Monitoramento da comunidade de macroinvertebrados bentônicos, em relação à coleta anterior (inverno de 2024), apresentou aumento no número de indivíduos, porém, houve redução no número de táxons, principalmente no local Montante, visto que, na coleta anterior foram registrados 19 táxons, enquanto que, na presente análise apresentou apenas quatro táxons.

A respeito do estado de conservação das espécies, não foi registrado nenhum táxon que conste na lista de espécies ameaçadas da IUCN ou da portaria MMA nº 148 de 7 de junho de 2022.

Entre os grupos taxonômicos, Diptera foi o grupo com maior representatividade. Os indivíduos pertencentes à ordem Diptera, segundo Giuliatti e Carvalho (2009), são os mais representativos em termos de indivíduos entre as comunidades de macroinvertebrados bentônicos, estando distribuídos em larga escala nos ambientes aquáticos de água doce. Destaca-se que, também houve registro de indivíduos pertencentes à ordem Ephemeroptera, os indivíduos dessa ordem são excelentes indicadores de qualidade de água, portanto, a presença deles pode ser considerada de grande relevância, pois os indivíduos pertencentes à essa ordem, vivem em ambientes bem preservados, com presença de mata ciliar, águas limpas, bem oxigenadas e sem perturbações ambientais, sendo fundamentais para avaliar a qualidade de ambientes aquáticos (Goulart & Callisto, 2003; Hepp & Restello, 2007; Vanzela, Hernandez & Franco, 2010; Bagatini, Delariva & Higuti, 2012).

A avaliação da qualidade da água, utilizando o índice BMWP, classificou as águas dos locais avaliados entre a classe IV e VII. Considerando a somatória da pontuação obtida para as famílias de macroinvertebrados bentônicos registrados em todos os locais amostrados, na área de influência da UHE Tibagi Montante, o índice BMWP, classificou as águas como sendo de classe III. Vale ressaltar que, a distribuição e diversidade de macroinvertebrados bentônicos são diretamente influenciadas pelo tipo de substrato, morfologia do ecossistema, quantidade e tipo de detritos orgânicos, presença de vegetação aquática, presença e extensão de mata ciliar e indiretamente afetados por modificações nas concentrações de nutrientes e mudanças na produtividade primária, Ward et al. (1992) e Galdean et al., (2000), e ainda, os macroinvertebrados bentônicos são afetados por diversos fatores bióticos e abióticos como velocidade da corrente, oxigênio dissolvido, luminosidade, temperatura da água, entre outros. Fatores esses que atuam em diferentes escalas temporais e espaciais Jonasson, (1996); Brosse, Arbuckle e Townsend (2003). Alguns desses fatores,

ou até mesmo esse conjunto de fatores, podem por tanto, terem influenciado na presença abundância e distribuição desses indivíduos.

7. REFERÊNCIAS CONSULTADAS

Alceste, C.; Jorry, D. E. 1998. Análisis de las tendencias actuales en la comercialización de tilapia en los Estados Unidos de Norteamérica y la Unión Europea. In: CONGRESSO SUL-AMERICANO DE AQUICULTURA, 1., 1998, Recife. Anais... Recife: SIMBRAq. p. 349-364.

Almeida, V. L. S.; Dantas, E. W.; Melo-Júnior, M.; Bittencourt-Oliveira, M. C. & Moura, A. N. Zooplanktonic community of six reservoirs in Northeast Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 69, n. 1, p. 79-87, 2009.

Alves, G. M.; Velho, L. F. M.; Costa, D. M. & Lansac-Tôha, F. A. Size structure of testate amoebae (Arcellinida and Euglyphida) in different habitats from a lake in the upper Paraná River floodplain. **European Journal of Protistology**, v. 48, n. 3, p. 169-177, 2012.

American Public Health Association. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 24 ed. Washington: APHA, 2023, 1496 p

ANA – Agencia Nacional de Águas. Hidroweb: Sistemas de informações hidrológicas. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb-mobile/mapa/historico-estacao/02450077/detalhe>. Acessado em 15 de abril de 2024.

Arriera, R. L.; Alves, G. M.; Schwind, L. T. F. & Lansac-Tôha, F. A. Local factors affecting the testate amoebae community (Protozoa: Arcellinida; Euglyphida) in a neotropical floodplain. **Journal of Limnology**, v. 74, n. 3, p. 444-452, 2015.

Ayres, R.S.; Westcot, D.W. **A qualidade da água na agricultura**. 2.ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 153p. (Estudos FAO, irrigação e Drenagem 29, revisado 1).

Azevedo, F.A.; Chasim, A.A.M. Metais: Gerenciamento da toxicidade. São Paulo: Atheneu Editora/InterTox, 2003. 554p.

Bicudo, C.E.M. & Menezes, M. 2005. **Gêneros de algas continentais do Brasil** (Chave para identificação e descrições). São Carlos, RiMa. 489p.

Bicudo, C.E.M. & Menezes, M. 2006. **Gêneros de algas de águas continentais do Brasil: chave para identificação e descrições**. São Carlos: RIMA.

Bicudo, C.E.M.; Bicudo, R.M.T. 1970. **Algas de águas continentais brasileiras-chave ilustrada para identificação de gêneros**. Fundação Brasileira para o Desenvolvimento do Ensino de Ciências. São Paulo. 227p.

Biguelini, C. P.; Gummy, M. P. 2012. Saúde ambiental: índices de nitrato em águas subterrâneas de poços profundos na região Sudoeste do Paraná. **Revista Faz Ciência**, Cascavel, v. 14, n. 20, p. 153-175.

Bispo, P. C. Distribuição espacial de insetos aquáticos (Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera) em córregos de cerrado do Parque Ecológico de Goiânia, Estado de Goiás. In:

Nessimian, J. L.; Carvalho, A. L. E. (Ed.). **Ecologia de insetos aquáticos. Rio de Junho: PPGE-UFRJ**, 1998. cap. 13. (Series Oecologia Brasiliensis, 5). 2006.

Bles, E. J. Arcella. A Study in Cell Physiology. **Quarterly Journal of Microscopical Science**, v. 72, p. 527-648, 1929.

Bolaños, M.L.R. et al. Phenol degradation in horizontal-flow anaerobic immobilized biomass (haib) reactor under mesophilic conditions. **Water Science and Technology**, v. 44, n. 4, p. 167-174, 2001.

Bonecker, C. C.; Aoyagui, A. S. M. & Santos, R. M. The impact of impoundment on the rotifer communities in two tropical floodplain environments: interannual pulse variations. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 69, n. 2, p. 529-537, 2009.

Bottrell, H.H.; Duncan, A.; Gliwicz, Z.M.; Grygierek, E.; Herzig, A.; Hillbricht-Ilkowska, A.; Kurosawa, H.; Larsson, P. & Weglenska, T. 1976. A review of some problems in zooplankton production studies. **Northwest Journal of Zoology**, v. 24, p. 419-456.

Bourrelly, P. 1972. **Lês Algues d'eau douce. Initiation a la systematique. Les algues vertes**. Ed. N. Boubée, 570 p.

Bourscheid, Aecogeo, Sigma; Socioambiental. 2012. **Estudo de Impacto Ambiental da UHE Pai Querê**. Porto Alegre.

Breda, S.L. 2011. **Avaliação espaço - temporal da qualidade da água do reservatório da usina hidrelétrica de Funil – região sul de Minas Gerais**. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia. Belo Horizonte, 294p.

Brosse, S., Arbuckle C. J., Townsend, C. R. 2003. Habitat scale and Biodiversity: influence of catchment, stream reach and bedform scales on local invertebrate diversity. **Biodiversity and Conservation**, v. 12, p. 2057-2075.

Buzzi, Z.J. 2002. **Entomologia Didática**. Curitiba. UFPR. 4 ed. 347 p.

Cetesb (Companhia de Tecnologia Ambiental do estado de São Paulo). **Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos**. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo; Organizadores: Carlos Jesus Brandão [et al.]. São Paulo: CETESB; Brasília; ANA, 2011

Cetesb, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. 2016. **Relatórios de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo**. CETESB, São Paulo.

Cetesb, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. 2018. **Relatórios de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo**. CETESB, São Paulo. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2019/12/Ap%C3%AAndice-E-Significado-Ambiental-das-Vari%C3%A1veis.pdf>. Acessado em 08 de abril de 2024.

Cetesb. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. 2008. **Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo: critérios para avaliação da qualidade de sedimentos**. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/aguas-superficiais/35-publicacoes/-relatorios>. Acessado em 05 de maio de 2018.

Cnec WorleyParsons Engenharia S.A. 2004. **Estudos de impacto ambiental e relatório de impacto ambiental da UHE Mauá**. São Paulo, 850 p.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 357, de março de 25, Brasília, SEMA, 2005.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº. 396, de 2006-Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências

Correa, R.S. et al. Risk of nitrate leaching from two soils amended with biosolids. **Water Resources**, v.33, n.4, p.453-462, 2006.

Costa, C.; Ide, S.; Simonka, C.E. 2006. **Insetos Imaturos: metamorfose e Identificação**. Ribeirão Preto. Holos, 249p.

Cruz, H. C. & Fabrizzy, N. L. P. Impactos ambientais de reservatórios e perspectivas de uso múltiplo. **Revista Brasileira de Energia**. v. 4, n. 1, 1995. Disponível em: Acesso em: 06 mai. 2018

De França, V. 2002. O rio Tibagi no contexto hidrogeográfico paranaense. *In*: Medri, M.E.; Bianchini, E.; Shibatta, O.A.; Pimenta, J.A.; (Eds.). **A bacia do rio Tibagi**. Universidade Estadual de Londrina (UEL), Londrina, Paraná. p. 45-61.

De Oliveira Tomé, F. L. F. (2016). Levantamento experimental e computacional do comportamento de uma escada de peixes do tipo ranhura vertical em diferentes vazões e declividades.

Dole-Olivier, M. J.; Galassi, D. M. P.; Marmonier, P. & Creuzé Des Châtelliers, M. The biology and ecology of lotic microcrustaceans. **Freshwater Biology**, v. 44, p. 63-91, 2001.

Elmoor-Loureiro, L. M. A. **Cladóceros do Brasil: Famílias Chydoridae e Eurycercidae**, 2018. Disponível em: <<http://cladocera.wordpress.com/>>. Acesso em: 14 mai. 2018.

Elmoor-Loureiro, L.M.A. 1997. **Manual de identificação de Cladocera límnicos do Brasil**. Brasília, Editora Universa. 156p.

Esteves, F.A. **Fundamentos de Limnologia – 3ª edição**. Editora Interciência. Rio de Junho, Rio de Junho. 862 pp. 2011.

Fernandes, A. C. M. **Macroinvertebrados Bentônicos como Indicadores Biológicos de Qualidade de Água: Proposta para Elaboração de um Índice de Integridade Biológica**. Tese (Doutorado em Ecologia) - Universidade de Brasília. Brasília-DF, 2007.

Ferreira, W. R.; Paiva, L. T.; Callisto, M. (2011). Development of a benthic multimetric index for biomonitoring of a neotropical watershed. *Brazilian Journal of Biology (Online)*, v. 71, p. 1-11.

Fiorucci, A.R., Benedetti Filho, E.B. 2005. A importância do Oxigênio Dissolvido em ecossistemas aquáticos. **Química Nova na Escola**, v. 22, p. 10-16.

Francheschini, I.M., Burliga, A.L., Reviers, B., Prado, J.F & Rezig, S.H. 2010. **Algas: uma abordagem filogenética, taxonômica e ecológica**. Artmed: Porto Alegre.

Funasa. Fundação Nacional de Saúde. 2013. **Manual prático de análise de água**. 4. ed. Brasília: FUNASA, 150 p.

Gerpel/Ineo 2019. **Manual de Retirada de Amostras de Água**. Revisão 00, 16p.

Gerpel/Funiversitária & Tractebel Energia. Limnologia e Ictiologia nos Reservatórios de Salto Santiago e Salto Osório, rio Iguaçu, Paraná. – Relatório – março de 2007 a janeiro/2017. Toledo, PR. 2018, 50p., il. color. Relatório Técnico Final – Apoio Tractebel Energia.

Giuliatti, Talma Lucia; Carvalho, Emerson Machado. **Distribuição das assembleias de macroinvertebrados bentônicos em dois trechos do Córrego Laranja Doce, Dourados/MS. Interbio v.3 n.1 2009 - ISSN 1981-3775 2009.**

Goulart, M.; Callisto, M. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. **Revista da FAPAM**, n.1, 2003.

Guiry, M. D.; Guiry, G. M. 2024. **AlgaeBase**: World-wide electronic publication. Galway, Ireland: Ryan Institute, National University of Ireland, 2019. Disponível em: <https://www.algaebase.org>. Acesso em: 04 abr. 2024.

Hepp, L.U.; Restello, R.M. 2007. Macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores da qualidade das águas do Alto Uruguai Gaúcho. **In: Zakrzewski, S.B. Conservação e uso sustentável da água: múltiplos olhares**. Erechim, Edifapes, p. 75-86, 2007.

Ineo/Gerpel/Biopescas. 2015. Monitoramento da Qualidade da água, Limnologia e Ictiofauna da futura UHE Tibagi Montante, Rio Tibagi. **Relatório Técnico**. 166p.

Inmetro. 2017. ABNT ISO/IEC 17025: **Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração**. 37p.

Inmetro. 2017. DICLA 057-02: **Critérios para acreditação da amostragem para ensaios de águas e matrizes ambientais**. 21p.

Instituto Ambiental do Paraná (IAP). 2003. Avaliação da Qualidade da Água Através dos Macroinvertebrados Bentônicos - Índice BMWP. Disponível em <http://www.meioambiente.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=50>. Acessado em 20 de maio de 2018.

IAT. Qualidade das Águas da bacia do Tibagi, no Período de 2016 a 2023. Instituto Água e Terra, Curitiba, 2023, 98 p.

ISO. ISO 5667-4: **Water quality – Sampling – Part 4: Guidance on sampling from lakes, natural and man-made**.

ISO. ISO 5667-6: **Water Quality – Sampling – Part: 6 - Guidance on Sampling of rivers and streams**.

Jonasson, P.M. 1996. **Limits for life in the lake ecosystem**. Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie, vol. 26, p. 1-33.

Komárek, J. & Foot, B. 1983. Das Phytoplankton des Süßwassers Systematik und Biologie.

7. Teil: Chlorophyceae (Grünalgen) Ordnung: Chlorococcales. Pp. 1-1044. In: H.J. Elster. & W. Ohle, (eds.). **Die Binnengewässer. Stuttgart, Begründet von August Thienemann.**

Koste, W. 1978. Rotatoria Die Radertiere Mitteleuropas begründet von Max Voigt – Monogononta. 2. Auflage neubearbeitet von Walter Koste. Berlin: **Gebrüder Borntraeger.** v.1.

Kosten, S.; Piñero, M.; Goede, E.; Klein, J.; Lamers, L. P. M.; Ettwig, K. Fate of methane in aquatic systems dominated by free-floating plants. **Water Research**, v. 104, p. 200-207, 2016.

Krebs, C.J. 1999. **Ecological methodology.** 2. ed. New York: Benjamin/Cummings.

Lamparelli, M.C. 2004. Grau de Trofia em Corpos D'Água do Estado de São Paulo: Avaliação dos Métodos de Monitoramento. 238 p. **Tese (Doutorado)- Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.**

Lansac-Tôha, F.A., Bonecker, C.C., Velho, L.F.M., Simões, N.R., Dias, J.D., Alves, G.M. & Takahashi, E.M., 2009. Biodiversity of zooplankton communities in the Upper Paraná River floodplain: interannual variation from long-term studies. **Brazilian Journal of Biology**, v. 69, n. 2, p. 539-549.

Lansac-Tôha, F.A., Velho, L.F.M., Simões, N.R., Costa, D.M. & Alves, G.M., 2014. Structure of the Testate Amoebae Community in Different Habitats in a Neotropical Floodplain. **Brazilian Journal of Biology**, v. 74, n. 1, p. 181-190.

Lima, A.F.; Lansac-Tôha, F.A.; Bonecker, C.C. 1996. Zooplankton in the floodplains of a tributary to the Paraná River in Mato Grosso do Sul, Brazil. **Studies Neotropical Fauna Environmental**, v. 31, p. 112-116.

Lopes, R.M., Lansac-Tôha, Fa., Vale, R. & Serafim-Júnior, M., 1997. Comunidade zooplanctônica do reservatório de Segredo. In: Agostinho, A.A. & Gomes, L.C. (Eds.). **Reservatório de Segredo: bases ecológicas para o manejo.** Maringá: EDUEM. p. 39-60.

Lucena, L. C. A.; Melo, T. X.; Medeiros, E. S. F. Zooplankton community of Parnaíba River, Northeastern Brazil. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 27, n. 1, p. 118-129, 2015.

Lund, J. W. G., Kipling C. & Lecren, E. D. 1958. **The inverted microscope method of estimating algal number and the statistical basis of estimating by counting.** *Hydrobiologia* 11: 980-985.

Maack, R. 1981. **Geografia física do estado do Paraná.** 2a ed. J. Olympio/Secretaria da Cultura e do Esporte do Governo do Estado do Paraná. Rio de Junho/Curitiba.

Magurran, A.E. 1988. **Ecological diversity and its measurement.** New Jersey: Princeton University Press, 179 p.

Maia-Barbosa, P.M., Menendez, R.M., Pujoni, D., Brito, S.L., Aoki, A. & Barbosa, F.A.R. **Zooplankton (Copepoda, Rotifera, Cladocera and Protozoa: Amoeba Testacea) from natural lakes of the middle Rio Doce basin, Minas Gerais, Brazil. Biota Neotropica**, 2014, 14(1), 1-20.

Manahan, S.E. **Química ambiental.** 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

Martins, D.; Costa, N. V.; Terra, M. A.; Marchi, S. R. Caracterização da comunidade de plantas aquáticas de dezoito reservatórios pertencentes a cinco bacias hidrográficas do Estado de São Paulo. **Planta Daninha**, v. 26, p. 17- 32, 2008

Matsumura-Tundisi, T. Latitudinal distribution of calanoid copepods in freshwater aquatic systems of Brazil. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 3, p. 527-533, 1986.

Matsumura-Tundisi, T., Tundisi, J.G., Souza-Soares, F. & Tundisi, J.E.M. Zooplankton community structure of the lower Xingu River (PA) related to the hydrological cycle. **Brazilian Journal of Biology = Revista Brasileira de Biologia**, 2015, 75(3), S47-S54. Supplement 1

McCafferty, W.P. 1981. **Aquatic Entomology: the fishermen's and ecologists' Illustrated Guide to Insects and Their Relatives**. Jones and Bartlett Publishers, Inc. Boston. 448p.

Mccune, B. & Grace, J. B. **Analysis of Ecological Communities**. M.J.M Software, Gleneden beach, oregon, USA. <http://www.pcord.com>, p. 304, 2002.

McCune, B.; Mefford, M.J. 2011. **PC-ORD: multivariate analysis of ecological data**. Version 6.08. Gleneden Beach, Oregon: MjM Software.

Medri, M.E.; Bianchini, E.; Shibatta, O.A.; Pimenta, J.A.; (Eds.). 2002. **A bacia do rio Tibagi**. Universidade Estadual de Londrina (UEL), Londrina, Paraná. 601 p.

Mendes, J. & Ludka, I. 2007. **Geologia da Faixa Ribeira Setentrional**: Estado da arte e conexões com a Faixa Araçuaí. *Geonomos* 15(1): 67-79.

Mendonça, F.A. & Danni-Oliveira, I.M. 2002. Dinâmica atmosférica e tipos climáticos predominantes da bacia do rio Tibagi. *In*: Medri, M.E.; Bianchini, E.; Shibatta, O.A.; Pimenta, J.A.; (Eds.). **A bacia do rio Tibagi**. Universidade Estadual de Londrina (UEL), Londrina, Paraná. p. 63-66.

Metzeltin, D. & Lange-Bertalot, H. 1998. Tropical diatoms of South America I. *Iconogr. Diatomologica* 5: 1-695.

Meurer, F. et al. 2005. Fontes protéicas suplementadas com aminoácidos e minerais para tilápia do nilo durante a reversão sexual. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 1, p. 1-6.

Meurer, F.; Hayashi, C.; Soares, C.M. 2000. Utilização de levedura spray dried na alimentação de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.). **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 22, n. 4, p. 479-484.

Mugnai, R.; Nessimian, J.L.; Baptista, D.F. 2009. **Manual de Identificação de Macroinvertebrados Aquáticos do Estado do Rio de Junho**. Rio de Junho. Technical books. 174p.

Nogueira, M. G.; Oliveira, P. C. R. & Britto, Y. T. Zooplankton assemblages (Copepoda and Cladocera) in a cascade of reservoirs of a large tropical river (SE Brazil). **Limnetica**, v. 7, n. 1, p. 151-170, 2008.

Oga, S.; Camargo, M.M.A; Batistuzzo, J.A.O. (eds). **Fundamentos de Toxicologia**. 4ª edição. São Paulo: Atheneu Editora, 2014. 685p.

Oliveira, E.G.; Santos, F.J.S.; Pereira, A.M.L.; Lima, C.B. 2007. Produção de tilápia: Mercado, espécie, biologia e recria. **Circular Técnica**, v. 45, n. 12, p. 1-12.

Padisák, J.; Crossetti, L.O.; Naselli-Flores, L. Use and misuse in the application of the phytoplankton functional classification: a critical review with updates. **Hydrobiologia**, v. 621, p. 1-19, 2009.

Paranhos, J.D.N., Almeida, V.L.S., Silva-Filho, J.P., Paranaguá, M.N., Melo-Júnior, M. & Neumann-Leitão, S., 2013. The zooplankton biodiversity of some freshwater environments in Parnaíba basin (Piauí, Northeastern Brazil). **Brazilian Journal of Biology**, v. 73, n. 1, p. 125-134.

Perbiche-Neves, G.; Serafim-Júnior, S.; Portinho, J. L.; Shimabukuro, E. M.; Ghidini, A. R. & Britto, L. Effect of atypical rainfall on lotic zooplankton: comparing downstream of a reservoir and tributaries with free stretches. **Tropical Ecology**, v. 53, n. 2, p. 149-162, 2012.

Perez, R.G. 1988. **Guía para el estudio de los Macroinvertebrados acuáticos Del Departamento Del Atioquia**. Colombia: Editorial Presencia Ltda. 217 p.

Phillips, I.; Burton, E. Nutrient leaching in undisturbed cores of an acidic sandy Podsol following simultaneous potassium chloride and di-ammonium phosphate application. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.73, p.1-14, 2005.

Picapedra, P.H.S.; Fernandes, C. & Lansac-Tôha, F.A. Zooplankton community in the Upper Parnaíba River (Northeastern Region, Brazil). **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 77, n. 2, p. 402-412, 2017.

Picapedra, P.H.S.; Fernandes, C.; Baumgartner, G. & Lansac-Tôha, F.A. Effect of slackwater areas on the establishment of plankton communities (testate amoebae and rotifers) in a large river in the semi-arid region of northeastern Brazil. **Limnetica**, v. 37, n. 1, p. 19-31, 2018.

Pielou, E.C. 1975. **Ecological diversity**. New York: Wiley, 385p.

Portaria (Ministério da Saúde) de Consolidação Nº 5, de 03 de janeiro de 2018, dispõe sobre Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde.

Raghianti, F.; Ferrasso, M.M.; Rodrigues, M.V.; Biondi, G.F.; Martins, O.A. 2017. *Francisella* spp. em tilápias no Brasil: uma revisão. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, v. 11, n. 1, p. 119-130.

Reid, J.W. 1985. Chave de identificação e lista de referências bibliográficas para as espécies continentais sul-americanas de vida livre da ordem Cyclopoida (Crustacea, Copepoda). **Boletim de Zoologia**, 9: 17-143.

Reynolds, C.S.; Huszar, V.L.M.; Kruk, C.; Naselli-Flores, L.; Melo, S. 2002. Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. **Journal of Plankton Research**, v. 24, p. 417-428.

Rosa, R., Menezes, N., Britski, H., Costa, W. & Groth, F., 2003. Diversidade, padrões de distribuição e conservação dos peixes da Caatinga. In: I, M. (Eds). **Ecologia e conservação da caatinga**. Recife: EDUFPE, 135-181 p.

Round, F.E., Crawford, R.M. & Mann, D.G. 1990. **The Diatom: biology and Morphology**

of the genera. Cambridge: Cambridge University Press.

Schaden, R. 1985. **Manual de técnicas para a preparação de coleções zoológicas**, 10: Rotifera. São Paulo: Sociedade Brasileira de Zoologia. 17p.

Schönborn, W. Über planktismus und ziklomorphose bei *Diffugia limnetica* (Levander) Pénard. **Limnologica**, p. 21-34, 1962.

Schwind, L.T.F.; Arrieira, R.L.; Dias, J.D.; Simões, N.R.; Bonecker, C.C.; Lansac-Tôha, F.A. The structure of planktonic communities of testate amoebae (Arcellinida and Euglyphida) in three environments of the Upper Paraná River basin, Brazil. **Journal of Limnology**, v. 75, n. 1, p. 78-89, 2016.

Segers, H. 1995. **Rotifera**. 2. The Lecanidae (Monogomonta). The Hague, SPB Academics. 226p. v.6: Guides to the identification of the microinvertebrates of continental waters of the world.

Segers, H., 2007. A global checklist of the rotifers (Phylum Rotifera). **Zootaxa**, v. 1564, p. 1–104.

Sendacz, S.; Kubo, E. 1982. Copepoda (Calanoida e Cyclopoida) de reservatório do Estado de São Paulo. **Bol. Inst. Pesca**. 9: 51-89.

Shannon-Wiener, C.E. A mathematical theory of communication. **Bell System Technical Journal**, v. 27, p. 379-423, 1948.

Shiozawa, D.K. Microcrustacea from the benthos of nine Minnesota streams. **Journal of the North American Benthological Society**, v. 10, n. 3, p. 286-299, 1991.

Silva, W.M. **Diversidade dos Cyclopoida (Copepoda, Crustácea) de água doce do estado de São Paulo: taxonomia, ecologia e genética**. 2003. Tese de Doutorado em Ciências Biológicas, UFSCAR, São Paulo, SP, p. 154.

Souza, M.B. 2008. **Guia de tecamebas – Bacia do rio Peruaçu – Minas Gerais**: Subsídio para conservação e monitoramento da bacia do rio São Francisco. Belo Horizonte: Editora da UFMG, 159p.

Species (2000) & Itis Catalogue of Life (2013). **Encyclopedia of Life**. Available from <http://www.eol.org>. Acessado 7 de julho de 2017. 2013.

Štěpánek, M. & Jiří, J. *Diffugia gramen* Pénard, *Diffugia gramen* var. *achlora* Pénard and *Diffugia gramen* f. *globulosa* f. n. **Hydrobiologia**, v. 10, n. 1, p. 138-156, 1958.

Suderhsa. Instituto das Águas do Paraná. 1997. Qualidade das Águas Interiores do Estado do Paraná. Curitiba/PR. 257 p.

Thomaz, S. M. Fatores ecológicos associados à colonização e ao desenvolvimento de macrófitas aquáticas e desafios de manejo. **Planta Daninha**, v. 20, p. 21-34, 2002. (Edição Especial).

Topan, D.A. (2018). Sistemas de transposição de peixes: um facilitador da migração ou introdução de espécies?

- Tundisi, J.G.; Matsumura-Tundisi, T. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 631 p.
- UFA - Universidade Federal de Alagoas; UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina. Princípios de hidrologia ambiental. **Curso de aperfeiçoamento em gestão de recursos hídricos**. 2009.
- Vannote, R.L.; Minshall, G.W.; Cummins, K.W.; Sedell, J.R. & Cushing C.E. 1980. The river continuum concept. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**. 37:130–137.
- Vanzela, L.S.; Hernandez, F.B.T.; Franco, A.M. Influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos do Córrego Três Barras, Marinópolis. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** 14: 55-64. 2010.
- Varnier, C.; Hirata, R. 2002. Contaminação da água subterrânea por nitrato no Parque Ecológico do Tietê - São Paulo, Brasil. **Revista Águas Subterrânea**, São Paulo, v. 16, n. 16, p. 97-104.
- Velho, L.F.M., Bini, L.M. & Lansac-Tôha, F.A., 2004. Testate amoeba (Rhizopoda) diversity in plankton of the Upper Paraná River Floodplain, Brazil. **Hydrobiologia**, v. 523, n. 3, p. 103-111.
- Viroux, L., 2002. Seasonal and Longitudinal aspects of microcrustacean (Cladocera: Copepoda) dynamics in lowland river. **Journal of Plankton Research**, v. 24, n. 4, p. 281-292.
- Von Sperling, M. 2014. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 4. ed. Belo Horizonte: UFMG.
- Winterbotton, J.H.; Orton, S.E.; Hildrew G. & Lancaster, J. 1997. Field experiments on flow refugia in streams. **Freshwater Ecology**, Holmen, v. 37, p. 569-580.

Toledo-PR, 13 de fevereiro de 2024.

Gilmar Baumgartner
CRBio 17466-07D
Responsável Técnico

ANEXOS



PARECER TÉCNICO 23/2024

DE: DQA/Seção de Limnologia

INTERESSADO: Divisão de Licenciamento Estratégico

Data: 08/02/2024

ASSUNTO: Proposta de melhoria no Protocolo amostral relativo ao Programa de Monitoramento Limnológico da Qualidade das Águas do Reservatório da UHE - Tibagi Montante – Protocolo nº. 21.117.498-6.

Conforme já informado no Parecer Nº 121/2023, o documento em análise trata da proposta de alteração no Programa de Monitoramento Limnológico da Qualidade das Águas da UHE – Tibagi Montante, no que diz respeito ao número de estações de amostragem que seria reduzido de um total de 7 estações para 4 apenas estações.

Quanto aos Programas de Monitoramento de Ictiofauna e Ictioplâncton os mesmos deverão ser encaminhados ao profissional da área, para dar Parecer a respeito destes itens.

No que diz respeito ao Programa de Monitoramento Limnológico, foi sugerido a eliminação das estações Tributário (TM – TRI) e Intermediário (TM – INT), mantendo-se a frequência de monitoramento trimestral na continuidade destes trabalhos, nas demais estações de amostragem.

As estações de amostragem deste programa estão localizadas na área de influência da UHE - Tibagi Montante, abrangendo locais a montante do reservatório, reservatório, jusante do reservatório e tributários.

Após o recebimento e análise dos dados mais recentes, apresentamos as seguintes considerações e recomendações com relação às alterações propostas:

- Quanto a eliminação das estações Tributário (TM – TRI) e Intermediário (TM – INT) consideramos pertinente a eliminação de tais estações tendo se em vista os aspectos já apontados no relatório analisado. No caso da estação Intermediário, o fato do “tempo de viagem” das águas do ponto montante (MON) até este ponto ser relativamente pequeno, por tratar-se de um ambiente lótico ou de transição lótico-léntico, justificaria esta eliminação, lembrando que o tempo de residência informado deste reservatório é de apenas 3,6 dias, em condições normais de vazão.

Rua Engenheiro Rebouças, 1206 | Rebouças | Curitiba/PR | CEP 80215-100

Assinatura Avançada realizada por: Renato Fernando Brunkow (XXX.834.599-XX) em 09/02/2024 10:08 Local: IAT/DILIO/GEMF/DMT/DQA. Inserido ao protocolo 21,117,498-6 por: Renato Fernando Brunkow em: 09/02/2024 10:08. Documento assinado nos termos do Art. 38 do Decreto Estadual nº 7304/2021. A autenticidade deste documento pode ser validada no endereço: <https://www.eprotocolo.pr.gov.br/spiweb/validarDocumento> com o código: 7d318341e54e12520eae40102410ae3.

**INSTITUTO
ÁGUA E TERRA**

- A estação Tributário – PAS, no nosso entender, poderia ser monitorada apenas na superfície para verificar possíveis florações do fitoplâncton tendo-se em vista a sua localização em local de menor circulação das águas. Apesar desta estação ser mais impactada, coletar em três profundidades implica em um grande esforço amostral em um local que tem pouca relevância em relação ao Reservatório de Tibagi Montante.

- Recomenda-se manter a estação Paliteiros (TM – PAL), com coletas na superfície, tendo-se em vista a eliminação da estação intermediário (TM – INT).

- Desta forma, o programa teria cinco estações de amostragem, com um total de apenas 7 amostras trimestrais (frequência trimestral), considerando que a estação Barragem (TM – BAR) deverá ser monitorada em três profundidades.

Um aspecto importante que não foi levado em consideração diz respeito às variáveis de qualidade de água que vem sendo pesquisadas em todas as estações de amostragem. O Relatório em análise esclarece que algumas das variáveis pesquisadas tais como fenóis, metais pesados, óleos e graxas, entre outras, que eventualmete apresentam violações em relação aos limites estabelecidos na legislação vigente, não tem relação com a formação do reservatório, mas sim com os diversos impactos que ocorrem na bacia do Rio Tibagi, devido a fatores externos como o lançamento de efluentes domésticos e industriais, atividades agropecuárias, entre outras. Assim sendo, sugere-se dar continuidade ao monitoramento de todas as variáveis que vem sendo pesquisadas apenas nas estações Montante e Jusante do Reservatório. Nas demais estações as variáveis: cor, fenóis, dureza, cloretos, magnésio, óleos e graxas, sílica, ferro total e cálcio, poderiam ser excluídas. Justifica-se tais exclusões pelo detalhe acima mencionado e também por algum dos seguintes aspectos: por terem pouca relevância no monitoramento do reservatório, por apresentarem valores invariavelmente muito baixos, por terem relação apenas com aspectos estéticos, ou ainda, por não apresentarem limites na legislação vigente.

É o Parecer,

Engº Químico Renato Fernando Brunkow
GEMF/DQA/Seção de Limnologia

Rua Engenheiro Rebouças, 1206 | Rebouças | Curitiba/PR | CEP 80215.100

Assinatura Avançada realizada por: Renato Fernando Brunkow (XXX.834.599-XX) em 09/02/2024 10:08 Local: IAT/DIJO/GEMF/DMT/DQA. Inserido ao protocolo 21.117.498-6 por: Renato Fernando Brunkow em: 09/02/2024 10:08. Documento assinado nos termos do Art. 38 do Decreto Estadual nº 7304/2021. A autenticidade deste documento pode ser validada no endereço: <https://www.eprotocolo.pr.gov.br/spiweb/validarDocumento> com o código: 7d318341e54e12520eae40102410ae3.



Documento: **PARECERTECN|CO232024UHE|Tibagi|Montante|Me|horiano|Mon,daQ,Agua.pdf**.

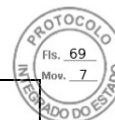
Assinatura Avançada realizada por: **Renato Fernando Brunkow (XXX,834,599-XX)** em 09/02/2024 10:08 Local: |AT/D|L|O/GEMF/DMT/DQA.

Inserido ao protocolo **21,117,498-6** por: **Renato Fernando Brunkow** em: 09/02/2024 10:08.



Documento assinado nos termos do Art. 38 do Decreto Estadual nº 7304/2021.

A autenticidade deste documento pode ser validada no endereço:
<https://www.eprotocolo.pr.gov.br/spiweb/validarDocumento> com o código:
7d318341e54e12520eae40102410ae3.



		Protocolo 15.245.188-1/ 22.590.389-1
		Número do Documento IATCCL089R
		Validade 14/10/2027

CERTIFICADO DE CADASTRAMENTO DE LABORATÓRIO - CCL

O INSTITUTO ÁGUA E TERRA - IAT, órgão público de direito público, vinculado a Secretaria de Estado do Desenvolvimento Sustentável - SEDEST, com sede à Rua Engenheiros Rebouças, nº 1206, nesta Capital, no uso das atribuições que lhe confere a Lei Estadual nº 10.066 de 27/07/92, aprovada pelo Decreto Estadual nº 1.502 de 04/08/92, combinado com o Decreto nº 884 de 21/06/95, e de acordo com a Resolução CEMA nº95 de 04/11/2014, publicada no Diário Oficial do Estado em 07/11/2014. Com base nos limites estabelecidos nas Resoluções CONAMA 357/2005 de 17/03/2005, CONAMA 396/2008 de 03/04/2008, CONAMA 420/2009 de 28/12/2009, CONAMA 454/2012 de 01/11/2012, Resolução CEMA 100/2017 de 04 de Julho de 2017, Resolução SEMA 016/2014 de 26 de março de 2014 e com base nos autos do protocolo supra, concede o presente **CERTIFICADO** nas condições e restrições abaixo especificadas.

1 - IDENTIFICAÇÃO:			
CPF/CNPJ 78.680.337/0005-08	Nome/Razão Social UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ – CAMPUS TOLEDO		
RG/Inscrição Estadual Isento	Logradouro e Número Rua da Faculdade, 645		
Bairro Jardim Santa Maria	Município / UF Toledo/PR	CEP 85.903-000	

2 - RESPONSÁVEL TÉCNICO:	
Nome: Gilmar Baumgartner	Registro Profissional: CRBio 17466/07-D
Profissão: Biólogo	

3 - CARACTERÍSTICAS DO CADASTRAMENTO:

3.1 - O laboratório acima identificado está apto e cadastrado pelo IAT a realizar as seguintes amostragens para as matrizes

- a) Água Bruta

3.2 - O laboratório acima identificado está apto e cadastrado pelo IAT a realizar as seguintes análises/ensaios laboratoriais:

PARÂMETROS	MATRIZ							
	ÁGUA BRUTA (SUPERFICIAL)	ÁGUA BRUTA (SUBTERRÂNEA)	ÁGUA SALINA/SALOBRA	ÁGUA RESIDUAL	LIXIVIADO/ SOLUBILIZADO	SOLO	SEDIMENTO	RESÍDUO SÓLIDO (massa bruta)
Alcalinidade Total	X	X	-	-	-	-	-	-
Cálcio	-	X	-	-	-	-	-	-
Cloretos	X	X	-	-	-	-	-	-
Clorofila a e Feofitina a	X	-	-	-	-	-	-	-
Condutividade	X	X	-	-	-	-	-	-
Cor verdadeira	X	X	-	-	-	-	-	-
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	X	X	-	-	-	-	-	-
Dureza Total	X	X	-	-	-	-	-	-
Fósforo	X	-	-	-	-	-	-	-
Invertebrados Bentônicos	-	-	-	-	-	-	X	-
Magnésio	-	X	-	-	-	-	-	-
Nitrato	X	X	-	-	-	-	-	-



PARÂMETROS	MATRIZ							
	ÁGUA BRUTA (SUPERFICIAL)	ÁGUA BRUTA (SUBTERRÂNEA)	ÁGUA SALINA/SALOBRA	ÁGUA RESIDUAL	LIXIVIADO/ SOLUBILIZADO	SOLO	SEDIMENTO	RESÍDUO SÓLIDO (massa bruta)
Nitrito	X	X	-	-	-	-	-	-
Nitrogênio amoniacal	X	-	-	-	-	-	-	-
Sólidos Suspensos Totais	-	X	-	-	-	-	-	-
Sólidos Totais a 103° C	-	X	-	-	-	-	-	-
Sólidos Totais Dissolvidos	X	X	-	-	-	-	-	-
Sulfato	X	X	-	-	-	-	-	-
Turbidez	X	X	-	-	-	-	-	-
Zooplankton	X	-	-	-	-	-	-	-

4 - CONDICIONANTES:

- a) Este certificado é válido para o prazo e condições acima estabelecidos, bem como para os dados constantes do protocolo supra.
- b) Este documento perderá a validade, caso os dados fornecidos pelo empreendedor não correspondam à realidade.
- c) Este certificado não dispensa nem substitui quaisquer alvarás ou certidões exigidos pela Legislação Federal, Estadual ou Municipal, nem exclui as demais licenças ambientais.

CURITIBA, 14 de outubro de 2024.

GERENTE DE LICENCIAMENTO AMBIENTAL

PRESIDENTE DO IAT

Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia – Inmetro
Coordenação Geral de Acreditação



Signatário dos Acordos de Reconhecimento Mútuo da International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) e da Interamerican Accreditation Cooperation (IAAC)

Certificado de Acreditação

Acreditação nº CRL 1356

Acreditação Inicial: 05/06/2018

GERPEL/INEO
Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Rua Faculdade, 645 – Jardim Santa Maria – Toledo – PR

A Coordenação Geral de Acreditação do Inmetro (Cgcre) concede acreditação ao Organismo de Avaliação da Conformidade acima identificado, no endereço citado, segundo os requisitos estabelecidos na ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017. Esta acreditação constitui a expressão formal do reconhecimento de sua competência para realizar atividades de ensaios, conforme Escopo de Acreditação.



Assinado de forma digital
por MARCOS VALERIO
BARRADAS:66801095749
Dados: 2023.08.04
14:49:06 -03'00'

Marcos Valério Barradas
Coordenador Geral de Acreditação Substituto

A situação atual da acreditação e seu escopo devem ser verificados no endereço eletrônico <https://www.gov.br/inmetro/pt-br/assuntos/acreditacao/organismos-acreditados>

MOD-CGCRE-024 – Rev. 06 – Apr. MAR/19 – Pg. 01/01

Este documento foi assinado digitalmente por Rodrigo Augusto de Almeida e o documento também pode ser verificado em www.tribunal.tjpr.jus.br

PROTOCOLO DE ASSINATURA(S)

O documento acima foi proposto para assinatura digital na plataforma Portal de Assinaturas Certisign. Para verificar as assinaturas clique no link: <https://portaldeassinaturas.com.br/VerificadorAssinaturas/Verificador3FC8-07C3-70A6-53AF> ou vá até o site <https://portaldeassinaturas.com.br/VerificadorAssinaturas/Verificador> e utilize o código abaixo para verificar se este documento é válido.

Código para verificação: 3FC8-07C3-70A6-53AF



Hash do Documento

43C72C87545A41A98661C60B320D1CBACA49AB9346DC0ADF3705D40119E7C7DD

O(s) nome(s) indicado(s) para assinatura, bem como seu(s) status em 21/03/2022 é(são) :

- ☒ Rodrigo Furst Goncalves Silva - 092.053.267-55 em 21/03/2022 18:23 UTC-03:00

Tipo: Certificado Digital

- ☒ Gilmar Baumgartner - 467.070.699-34 em 21/03/2022 16:39 UTC-03:00

Tipo: Assinatura Eletrônica

Identificação: Por email: gilmarbaum03@gmail.com

Evidências

Client Timestamp Mon Mar 21 2022 16:39:36 GMT-0300 (GMT-03:00)

Geolocation Latitude: -24.9897792 Longitude: -53.460823 Accuracy: 1596.2458208071785

IP 131.255.85.59

Assinatura:

Hash Evidências:

98047E8E64F2CE5BBE249226B63440B083E8D2582769B12DDD17CE7E156832B9

Código: FQA-13

Revisão: 07

Aprovação: 16/08/2023

Página: 1/3

Data de emissão: 21/02/2025

RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 126/25 – rev 0

DADOS DO CLIENTE

Cliente: TIBAGI ENERGIA SPE S.A.
Endereço: Rua Estrada Alto da Figueira, S/N
CEP: 84300000
Latitude: 24°31'41.17"S

Cidade: Tibagi/PR
CNPJ: 23.080.281/0002-16
Fone:
Longitude: 50°24'25.50"O

DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA

Código da Amostra: TIB-198
Local de Amostragem: TM-MON
Data de Amostragem: 16/10/2024
Horário de Amostragem: 10:15
Coletor: () Cliente (X) GERPEL/INEO

Chuva nas últimas 24 hs.: () Sim (X) Não () NA
Data de entrada no laboratório: 17/10/2024
Horário de entrada: 17:00
Matriz: água bruta

RESULTADOS DOS ENSAIOS REALIZADOS

Parâmetros	Resultado	Unidade	LQM	Metodologia	Data de Realização
Alcalinidade Total	17,17	mg/L	0,98	SMEWW - Método: 2320 - B	28/10/2024
Alumínio Total*	1,384	mg/L	0,05	SMEWW - Método: 3030F/3120 B	07/11/2024
Cádmio Total*	< 0,0005	mg/L	0,0005	SWEWW - Método: 3030F/3120B	31/10/2024
Cálcio	5,34	mg/L	1,00	SMEWW - Método: 3500-Ca-B	11/11/2024
Chumbo Total*	< 0,005	mg/L	0,005	SWEWW - Método: 3030 F/3120 B	31/10/2024
Cloretos	4,31	mg/L	1,02	SMEWW - Método: 4500-Cl-C	04/11/2024
Clorofila-a	3,17	µg/L	0,56	SMEWW - Método: 10200-H	22/10/2024
Cobre Total*	< 0,015	mg/L	0,015	SMEWW - Método 3030F/3120 B	31/10/2024
Coliformes Fecais (Escherichia coli)	97	NMP/100mL	1,00	SMEWW - Método: 9223-B	17/10/2024
Coliformes Totais	5172	NMP/100mL	1,00	SMEWW - Método: 9223-B	17/10/2024
Condutividade Elétrica	61,3	µS/cm	1,04	SMEWW - Método: 2510 B	18/10/2024

LABORATÓRIO GERPEL/INEO

Rua da Faculdade, 645, Jardim Santa Maria, CEP: 85903-000, Toledo/PR.

Código: FQA-13

Revisão: 07

Aprovação: 16/08/2023

Página: 2/3

Data de emissão: 21/02/2025

RELATÓRIO DE ENSAIO N° 126/25 – rev 0

Parâmetros	Resultado	Unidade	LQM	Metodologia	Data de Realização
Cor Aparente	214,48	UC	6,00	MQA-06	18/10/2024
Cromo Total*	< 0,005	mg/L	0,005	SMEWW - Método 3030F/3120 B	31/10/2024
DBO	1,2	mg/L	1,00	SMEWW - Método: 5210-B	18/10/2024
DQO	< 3,00	mg/L	3,00	SMEWW - Método: 5220-D	18/10/2024
Dureza total	18,03	mg/L	5,00	SMEWW - Método: 2340-C	31/10/2024
Fenóis	0,005	mg/L	0,002	Método: 265 - Hach	31/10/2024
Ferro Total	2,042	mg/L	0,02	Método: FerroVer 8008 - Hach	06/11/2024
Fósforo Total	0,198	mg/L	0,004	SMEWW - Método: 4500-P-B-E	23/10/2024
Magnésio	1,14	mg/L	1,05	SMEWW - Método 3500-Mg	11/11/2024
Mercúrio Total*	0,0007	mg/L	0,0001	SMEWW - Método 3030F/3120 B	01/11/2024
Níquel Total*	< 0,007	mg/L	0,007	SMEWW - Método 3030F/3120 B	31/10/2024
Nitrato	3,15	mg/L	0,81	Método: Nitra Ver - 8039 - Hach	18/10/2024
Nitrito	0,14	mg/L	0,002	SMEWW - Método: 4500-NO-2	18/10/2024
Nitrogênio amoniacal	0,1	mg/L	0,009	SMEWW - Método: 4500-NH3-F	04/11/2024
Nitrogênio Total Kjeldahl	0,5	mg/L	-	Método: 4500-Norg B/ Método: 4500-NH3-F	01/11/2024
Óleos e Graxas	10,8	mg/L	5,00	SMEWW - Método: 5520-A-D	21/10/2024
Ortofosfato	0,029	mg/L	0,001	SMEWW - Método: 4500-P-E	18/10/2024
Oxigênio Dissolvido**	7,98	mg/L	1,56	SMEWW - Método: 4500-O-G	16/10/2024
Oxigênio dissolvido (Saturação)**	90,6	%	-	SMEWW - Método: 4500-O-G	16/10/2024
pH**	7,35	-	1,00	SMEWW - Método: 4500-H+	16/10/2024
Sílica*	11,896	mg/L	0,1	SMEWW - Método: 4500-SiO2-C	01/11/2024
Sólidos Suspensos Totais	20	mg/L	3,40	SMEWW - Método: 2540-D	18/10/2024
Sólidos Totais	92	mg/L	0,50	SMEWW - Método: 2540-B	23/10/2024

Código: FQA-13

Revisão: 07

Aprovação: 16/08/2023

Página: 3/3

Data de emissão: 21/02/2025

RELATÓRIO DE ENSAIO N° 126/25 – rev 0

Parâmetros	Resultado	Unidade	LQM	Metodologia	Data de Realização
Sólidos Totais Dissolvidos	51	mg/L	0,53	SMEWW - Método: 2540-C	21/10/2024
Sulfato	4,253	mg/L	2,00	Método: SulfaVer 4 - 8051 - Hach	22/10/2024
Temperatura da Água**	21,6	oC	6,00	SMEWW - Método: 2550-B	16/10/2024
Temperatura do Ar**	24	oC	-	SMEWW - Método: 2550-B	16/10/2024
Transparência**	0,45	m	-	Secchi	16/10/2024
Turbidez	30,2	NTU	0,59	SMEWW - Método: 2130 A, B	18/10/2024
Zinco Total*	< 0,066	mg/L	0,066	SMEWW - Método 3030F/3120 B	31/10/2024

Nota:

- Este relatório somente poderá ser reproduzido na íntegra. Reprodução de partes requer aprovação escrita do Laboratório de Qualidade de Água do GERPEL/INEO.
- Os resultados das análises têm seu valor restrito às amostras analisadas no Laboratório de Qualidade de Água do GERPEL/INEO.
- Os resultados se aplicam à amostra conforme recebida.
- Coleta realizada pelo GERPEL/INEO, segue o PSQ – 09 – Manual de Retirada de Amostras de Água e FSQ – 26 – Plano de Amostragem - SMEWW – Standard Methods for the Examination of the Water and Wastewater, 24ª Edição, 2023.
- MQA – Metodologia Qualidade de Água - LQM – Limite de Quantificação do Método.
- ND – Não detectado.
- NA – Não se aplica.
- (*) Provedor Externo de Ensaio.
- (**) Análises realizadas nas instalações do cliente."

Informações complementares:

NA



Adriana da Silva Tronco Johann
Responsável Técnica
CRQ - 09100940

Código: FQA-13

Revisão: 07

Aprovação: 16/08/2023

Página: 1/3

Data de emissão: 21/02/2025

RELATÓRIO DE ENSAIO N° 134/25 – rev 0

DADOS DO CLIENTE

Cliente: TIBAGI ENERGIA SPE S.A.
Endereço: Rua Estrada Alto da Figueira, S/N
CEP: 84300000
Latitude: 24°31'41.17"S

Cidade: Tibagi/PR
CNPJ: 23.080.281/0002-16
Fone:
Longitude: 50°24'25.50"O

DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA

Código da Amostra: TIB-206
Local de Amostragem: TM-PAL
Data de Amostragem: 16/10/2024
Horário de Amostragem: 10:45
Coletor: () Cliente (X) GERPEL/INEO

Chuva nas últimas 24 hs.: () Sim (X) Não () NA
Data de entrada no laboratório: 17/10/2024
Horário de entrada: 17:00
Matriz: água bruta

RESULTADOS DOS ENSAIOS REALIZADOS

Parâmetros	Resultado	Unidade	LQM	Metodologia	Data de Realização
Alcalinidade Total	19,6	mg/L	0,98	SMEWW - Método: 2320 - B	28/10/2024
Alumínio Total*	0,159	mg/L	0,05	SMEWW - Método: 3030F/3120 B	07/11/2024
Cádmio Total*	< 0,0005	mg/L	0,0005	SWEWW - Método: 3030F/3120B	31/10/2024
Chumbo Total*	< 0,005	mg/L	0,005	SWEWW - Método: 3030 F/3120 B	31/10/2024
Clorofila-a	0,96	µg/L	0,56	SMEWW - Método: 10200-H	22/10/2024
Cobre Total*	< 0,015	mg/L	0,015	SMEWW - Método 3030F/3120 B	31/10/2024
Coliformes Fecais (Escherichia coli)	31	NMP/100mL	1,00	SMEWW - Método: 9223-B	17/10/2024
Coliformes Totais	1565	NMP/100mL	1,00	SMEWW - Método: 9223-B	17/10/2024
Condutividade Elétrica	65,9	µS/cm	1,04	SMEWW - Método: 2510 B	18/10/2024
Cromo Total*	< 0,005	mg/L	0,005	SMEWW - Método 3030F/3120 B	31/10/2024
DBO	< 1,00	mg/L	1,00	SMEWW - Método: 5210-B	18/10/2024

Código: FQA-13

Revisão: 07

Aprovação: 16/08/2023

Página: 2/3

Data de emissão: 21/02/2025

RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 134/25 – rev 0

Parâmetros	Resultado	Unidade	LQM	Metodologia	Data de Realização
DQO	11,23	mg/L	3,00	SMEWW - Método: 5220-D	18/10/2024
Fósforo Total	0,157	mg/L	0,004	SMEWW - Método: 4500-P-B-E	23/10/2024
Mercúrio Total*	0,0006	mg/L	0,0001	SMEWW - Método 3030F/3120 B	01/11/2024
Níquel Total*	< 0,007	mg/L	0,007	SMEWW - Método 3030F/3120 B	31/10/2024
Nitrato	4,02	mg/L	0,81	Método: Nitra Ver - 8039 - Hach	18/10/2024
Nitrito	0,139	mg/L	0,002	SMEWW - Método: 4500-NO-2	18/10/2024
Nitrogênio amoniacal	0,199	mg/L	0,009	SMEWW - Método: 4500-NH3-F	04/11/2024
Nitrogênio Total Kjeldahl	0,64	mg/L	-	Método: 4500-Norg B/ Método: 4500-NH3-F	01/11/2024
Ortofosfato	0,157	mg/L	0,001	SMEWW - Método: 4500-P-E	18/10/2024
Oxigênio Dissolvido**	7,69	mg/L	1,56	SMEWW - Método: 4500-O-G	16/10/2024
Oxigênio dissolvido (Saturação)**	89,5	%	-	SMEWW - Método: 4500-O-G	16/10/2024
pH**	7,23	-	1,00	SMEWW - Método: 4500 H+	16/10/2024
Sólidos Suspensos Totais	7	mg/L	3,40	SMEWW - Método: 2540-D	18/10/2024
Sólidos Totais	67,5	mg/L	0,50	SMEWW - Método: 2540-B	23/10/2024
Sólidos Totais Dissolvidos	54,25	mg/L	0,53	SMEWW - Método: 2540-C	21/10/2024
Sulfato	3,261	mg/L	2,00	Método: SulfaVer 4 - 8051 - Hach	22/10/2024
Temperatura da Água**	23	oC	6,00	SMEWW - Método: 2550-B	16/10/2024
Temperatura do Ar**	26	oC	-	SMEWW - Método: 2550-B	16/10/2024
Transparência**	0,8	m	-	Secchi	16/10/2024
Turbidez	10,9	NTU	0,59	SMEWW - Método: 2130 A, B	18/10/2024
Zinco Total*	< 0,066	mg/L	0,066	SMEWW - Método 3030F/3120 B	31/10/2024

Data de emissão: 21/02/2025

RELATÓRIO DE ENSAIO N° 134/25 – rev 0

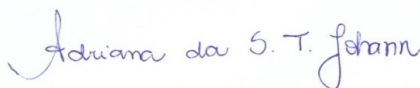
Nota:

- Este relatório somente poderá ser reproduzido na íntegra. Reprodução de partes requer aprovação escrita do Laboratório de Qualidade de Água do GERPEL/INEO.
- Os resultados das análises têm seu valor restrito às amostras analisadas no Laboratório de Qualidade de Água do GERPEL/INEO.
- Os resultados se aplicam à amostra conforme recebida.
- Coleta realizada pelo GERPEL/INEO, segue o PSQ – 09 – Manual de Retirada de Amostras de Água e FSQ – 26 – Plano de Amostragem - SMEWW – Standard Methods for the Examination of the Water and Wastewater, 24ª Edição, 2023.
- MQA – Metodologia Qualidade de Água - LQM – Limite de Quantificação do Método.
- ND – Não detectado.
- NA – Não se aplica.
- (*) Provedor Externo de Ensaio.
- (**) Análises realizadas nas instalações do cliente."

Informações complementares:

NA

.



Adriana da Silva Tronco Johann
Responsável Técnica
CRQ - 09100940

Código: FQA-13

Revisão: 07

Aprovação: 16/08/2023

Página: 1/3

Data de emissão: 21/02/2025

RELATÓRIO DE ENSAIO N° 128/25 – rev 0

DADOS DO CLIENTE

Cliente: TIBAGI ENERGIA SPE S.A.
Endereço: Rua Estrada Alto da Figueira, S/N
CEP: 84300000
Latitude: 24°31'41.17"S

Cidade: Tibagi/PR
CNPJ: 23.080.281/0002-16
Fone:
Longitude: 50°24'25.50"O

DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA

Código da Amostra: TIB-200
Local de Amostragem: TM-BAR-S
Data de Amostragem: 16/10/2024
Horário de Amostragem: 17:00
Coletor: () Cliente (X) GERPEL/INEO

Chuva nas últimas 24 hs.: (X) Sim () Não () NA
Data de entrada no laboratório: 17/10/2024
Horário de entrada: 17:00
Matriz: água bruta

RESULTADOS DOS ENSAIOS REALIZADOS

Parâmetros	Resultado	Unidade	LQM	Metodologia	Data de Realização
Alcalinidade Total	18,18	mg/L	0,98	SMEWW - Método: 2320 - B	28/10/2024
Alumínio Total*	0,163	mg/L	0,05	SMEWW - Método: 3030F/3120 B	07/11/2024
Cádmio Total*	< 0,0005	mg/L	0,0005	SWEWW - Método: 3030F/3120B	31/10/2024
Chumbo Total*	< 0,005	mg/L	0,005	SWEWW - Método: 3030 F/3120 B	31/10/2024
Clorofila-a	1,35	µg/L	0,56	SMEWW - Método: 10200-H	22/10/2024
Cobre Total*	< 0,015	mg/L	0,015	SMEWW - Método 3030F/3120 B	31/10/2024
Coliformes Fecais (Escherichia coli)	< 1,00	NMP/100mL	1,00	SMEWW - Método: 9223-B	17/10/2024
Coliformes Totais	6867	NMP/100mL	1,00	SMEWW - Método: 9223-B	17/10/2024
Condutividade Elétrica	67,1	µS/cm	1,04	SMEWW - Método: 2510 B	18/10/2024
Cromo Total*	< 0,005	mg/L	0,005	SMEWW - Método 3030F/3120 B	31/10/2024
DBO	3,48	mg/L	1,00	SMEWW - Método: 5210-B	18/10/2024

Código: FQA-13

Revisão: 07

Aprovação: 16/08/2023

Página: 2/3

Data de emissão: 21/02/2025

RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 128/25 – rev 0

Parâmetros	Resultado	Unidade	LQM	Metodologia	Data de Realização
DQO	33,62	mg/L	3,00	SMEWW - Método: 5220-D	18/10/2024
Fósforo Total	0,136	mg/L	0,004	SMEWW - Método: 4500-P-B-E	23/10/2024
Mercúrio Total*	0,0004	mg/L	0,0001	SMEWW - Método 3030F/3120 B	01/11/2024
Níquel Total*	< 0,007	mg/L	0,007	SMEWW - Método 3030F/3120 B	31/10/2024
Nitrato	3,53	mg/L	0,81	Método: Nitra Ver - 8039 - Hach	18/10/2024
Nitrito	0,076	mg/L	0,002	SMEWW - Método: 4500-NO-2	18/10/2024
Nitrogênio amoniacal	0,053	mg/L	0,009	SMEWW - Método: 4500-NH3-F	04/11/2024
Nitrogênio Total Kjeldahl	0,59	mg/L	-	Método: 4500-Norg B/ Método: 4500-NH3-F	01/11/2024
Ortofosfato	0,136	mg/L	0,001	SMEWW - Método: 4500-P-E	18/10/2024
Oxigênio Dissolvido**	7,56	mg/L	1,56	SMEWW - Método: 4500-O-G	16/10/2024
Oxigênio dissolvido (Saturação)**	90,9	%	-	SMEWW - Método: 4500-O-G	16/10/2024
pH**	8,99	-	1,00	SMEWW - Método: 4500 H+	16/10/2024
Sólidos Suspensos Totais	7,4	mg/L	3,40	SMEWW - Método: 2540-D	18/10/2024
Sólidos Totais	80	mg/L	0,50	SMEWW - Método: 2540-B	23/10/2024
Sólidos Totais Dissolvidos	47	mg/L	0,53	SMEWW - Método: 2540-C	21/10/2024
Sulfato	3,295	mg/L	2,00	Método: SulfaVer 4 - 8051 - Hach	22/10/2024
Temperatura da Água**	24,5	oC	6,00	SMEWW - Método: 2550-B	16/10/2024
Temperatura do Ar**	26	oC	-	SMEWW - Método: 2550-B	16/10/2024
Transparência**	1	m	-	Secchi	16/10/2024
Turbidez	6,9	NTU	0,59	SMEWW - Método: 2130 A, B	18/10/2024
Zinco Total*	< 0,066	mg/L	0,066	SMEWW - Método 3030F/3120 B	31/10/2024

Data de emissão: 21/02/2025

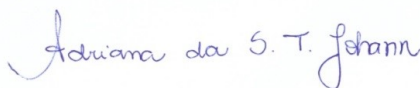
RELATÓRIO DE ENSAIO N° 128/25 – rev 0

Nota:

- Este relatório somente poderá ser reproduzido na íntegra. Reprodução de partes requer aprovação escrita do Laboratório de Qualidade de Água do GERPEL/INEO.
- Os resultados das análises têm seu valor restrito às amostras analisadas no Laboratório de Qualidade de Água do GERPEL/INEO.
- Os resultados se aplicam à amostra conforme recebida.
- Coleta realizada pelo GERPEL/INEO, segue o PSQ – 09 – Manual de Retirada de Amostras de Água e FSQ – 26 – Plano de Amostragem - SMEWW – Standard Methods for the Examination of the Water and Wastewater, 24ª Edição, 2023.
- MQA – Metodologia Qualidade de Água - LQM – Limite de Quantificação do Método.
- ND – Não detectado.
- NA – Não se aplica.
- (*) Provedor Externo de Ensaio.
- (**) Análises realizadas nas instalações do cliente."

Informações complementares:

NA



Adriana da Silva Tronco Johann
Responsável Técnica
CRQ - 09100940

Código: FQA-13

Revisão: 07

Aprovação: 16/08/2023

Página: 1/3

Data de emissão: 21/02/2025

RELATÓRIO DE ENSAIO N° 129/25 – rev 0

DADOS DO CLIENTE

Cliente: TIBAGI ENERGIA SPE S.A.
Endereço: Rua Estrada Alto da Figueira, S/N
CEP: 84300000
Latitude: 24°31'41.17"S

Cidade: Tibagi/PR
CNPJ: 23.080.281/0002-16
Fone:
Longitude: 50°24'25.50"O

DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA

Código da Amostra: TIB-201
Local de Amostragem: TM-BAR-M
Data de Amostragem: 16/10/2024
Horário de Amostragem: 17:00
Coletor: () Cliente (X) GERPEL/INEO

Chuva nas últimas 24 hs.: (X) Sim () Não () NA
Data de entrada no laboratório: 17/10/2024
Horário de entrada: 17:00
Matriz: água bruta

RESULTADOS DOS ENSAIOS REALIZADOS

Parâmetros	Resultado	Unidade	LQM	Metodologia	Data de Realização
Alcalinidade Total	17,17	mg/L	0,98	SMEWW - Método: 2320 - B	28/10/2024
Alumínio Total*	0,19	mg/L	0,05	SMEWW - Método: 3030F/3120 B	07/11/2024
Cádmio Total*	< 0,0005	mg/L	0,0005	SWEWW - Método: 3030F/3120B	31/10/2024
Chumbo Total*	< 0,005	mg/L	0,005	SWEWW - Método: 3030 F/3120 B	31/10/2024
Cobre Total*	< 0,015	mg/L	0,015	SMEWW - Método 3030F/3120 B	31/10/2024
Condutividade Elétrica	68,7	µS/cm	1,04	SMEWW - Método: 2510 B	18/10/2024
Cromo Total*	< 0,005	mg/L	0,005	SMEWW - Método 3030F/3120 B	31/10/2024
DBO	1,18	mg/L	1,00	SMEWW - Método: 5210-B	18/10/2024
DQO	13,33	mg/L	3,00	SMEWW - Método: 5220-D	18/10/2024
Fósforo Total	0,145	mg/L	0,004	SMEWW - Método: 4500-P-B-E	23/10/2024
Mercúrio Total*	0,0006	mg/L	0,0001	SMEWW - Método 3030F/3120 B	01/11/2024

LABORATÓRIO GERPEL/INEO

Rua da Faculdade, 645, Jardim Santa Maria, CEP: 85903-000, Toledo/PR.

Código: FQA-13

Revisão: 07

Aprovação: 16/08/2023

Página: 2/3

Data de emissão: 21/02/2025

RELATÓRIO DE ENSAIO N° 129/25 – rev 0

Parâmetros	Resultado	Unidade	LQM	Metodologia	Data de Realização
Níquel Total*	< 0,007	mg/L	0,007	SMEWW - Método 3030F/3120 B	31/10/2024
Nitrato	3,62	mg/L	0,81	Método: Nitra Ver - 8039 - Hach	18/10/2024
Nitrito	0,102	mg/L	0,002	SMEWW - Método: 4500-NO-2	18/10/2024
Nitrogênio amoniacal	0,076	mg/L	0,009	SMEWW - Método: 4500-NH3-F	04/11/2024
Nitrogênio Total Kjeldahl	0,56	mg/L	-	Método: 4500-Norg B/ Método: 4500-NH3-F	01/11/2024
Ortofosfato	0,145	mg/L	0,001	SMEWW - Método: 4500-P-E	18/10/2024
Oxigênio Dissolvido**	5,6	mg/L	1,56	SMEWW - Método: 4500-O-G	16/10/2024
Oxigênio dissolvido (Saturação)**	63	%	-	SMEWW - Método: 4500-O-G	16/10/2024
pH**	7,36	-	1,00	SMEWW - Método: 4500 H+	16/10/2024
Sólidos Suspensos Totais	6,4	mg/L	3,40	SMEWW - Método: 2540-D	18/10/2024
Sólidos Totais	80,5	mg/L	0,50	SMEWW - Método: 2540-B	23/10/2024
Sólidos Totais Dissolvidos	62	mg/L	0,53	SMEWW - Método: 2540-C	21/10/2024
Sulfato	3,322	mg/L	2,00	Método: SulfaVer 4 - 8051 - Hach	22/10/2024
Temperatura da Água**	21,1	oC	6,00	SMEWW - Método: 2550-B	16/10/2024
Turbidez	9,14	NTU	0,59	SMEWW - Método: 2130 A, B	18/10/2024
Zinco Total*	< 0,066	mg/L	0,066	SMEWW - Método 3030F/3120 B	31/10/2024

Nota:

Data de emissão: 21/02/2025

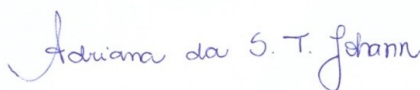
RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 129/25 – rev 0

- Este relatório somente poderá ser reproduzido na íntegra. Reprodução de partes requer aprovação escrita do Laboratório de Qualidade de Água do GERPEL/INEO.
- Os resultados das análises têm seu valor restrito às amostras analisadas no Laboratório de Qualidade de Água do GERPEL/INEO.
- Os resultados se aplicam à amostra conforme recebida.
- Coleta realizada pelo GERPEL/INEO, segue o PSQ – 09 – Manual de Retirada de Amostras de Água e FSQ – 26 – Plano de Amostragem - SMEWW – Standard Methods for the Examination of the Water and Wastewater, 24ª Edição, 2023.
- MQA – Metodologia Qualidade de Água - LQM – Limite de Quantificação do Método.
- ND – Não detectado.
- NA – Não se aplica.
- (*) Provedor Externo de Ensaio.
- (**) Análises realizadas nas instalações do cliente."

Informações complementares:

NA

.



Adriana da Silva Tronco Johann
Responsável Técnica
CRQ - 09100940

Código: FQA-13

Revisão: 07

Aprovação: 16/08/2023

Página: 1/3

Data de emissão: 21/02/2025

RELATÓRIO DE ENSAIO N° 130/25 – rev 0

DADOS DO CLIENTE

Cliente: TIBAGI ENERGIA SPE S.A.
Endereço: Rua Estrada Alto da Figueira, S/N
CEP: 84300000
Latitude: 24°31'41.17"S

Cidade: Tibagi/PR
CNPJ: 23.080.281/0002-16
Fone:
Longitude: 50°24'25.50"O

DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA

Código da Amostra: TIB-202
Local de Amostragem: TM-BAR-F
Data de Amostragem: 16/10/2024
Horário de Amostragem: 17:00
Coletor: () Cliente (X) GERPEL/INEO

Chuva nas últimas 24 hs.: (X) Sim () Não () NA
Data de entrada no laboratório: 17/10/2024
Horário de entrada: 17:00
Matriz: água bruta

RESULTADOS DOS ENSAIOS REALIZADOS

Parâmetros	Resultado	Unidade	LQM	Metodologia	Data de Realização
Alcalinidade Total	17,98	mg/L	0,98	SMEWW - Método: 2320 - B	28/10/2024
Alumínio Total*	0,519	mg/L	0,05	SMEWW - Método: 3030F/3120 B	07/11/2024
Cádmio Total*	< 0,0005	mg/L	0,0005	SWEWW - Método: 3030F/3120B	31/10/2024
Chumbo Total*	< 0,005	mg/L	0,005	SWEWW - Método: 3030 F/3120 B	31/10/2024
Cobre Total*	< 0,015	mg/L	0,015	SMEWW - Método 3030F/3120 B	31/10/2024
Condutividade Elétrica	68,9	µS/cm	1,04	SMEWW - Método: 2510 B	18/10/2024
Cromo Total*	< 0,005	mg/L	0,005	SMEWW - Método 3030F/3120 B	31/10/2024
DBO	< 1,00	mg/L	1,00	SMEWW - Método: 5210-B	18/10/2024
DQO	9,34	mg/L	3,00	SMEWW - Método: 5220-D	18/10/2024
Fósforo Total	0,147	mg/L	0,004	SMEWW - Método: 4500-P-B-E	23/10/2024
Mercúrio Total*	0,0008	mg/L	0,0001	SMEWW - Método 3030F/3120 B	01/11/2024

LABORATÓRIO GERPEL/INEO

Rua da Faculdade, 645, Jardim Santa Maria, CEP: 85903-000, Toledo/PR.

Código: FQA-13

Revisão: 07

Aprovação: 16/08/2023

Página: 2/3

Data de emissão: 21/02/2025

RELATÓRIO DE ENSAIO N° 130/25 – rev 0

Parâmetros	Resultado	Unidade	LQM	Metodologia	Data de Realização
Níquel Total*	< 0,007	mg/L	0,007	SMEWW - Método 3030F/3120 B	31/10/2024
Nitrato	5,04	mg/L	0,81	Método: Nitra Ver - 8039 - Hach	18/10/2024
Nitrito	0,112	mg/L	0,002	SMEWW - Método: 4500-NO-2	18/10/2024
Nitrogênio amoniacal	0,136	mg/L	0,009	SMEWW - Método: 4500-NH3-F	04/11/2024
Nitrogênio Total Kjeldahl	0,62	mg/L	-	Método: 4500-Norg B/ Método: 4500-NH3-F	01/11/2024
Ortofosfato	0,147	mg/L	0,001	SMEWW - Método: 4500-P-E	18/10/2024
Oxigênio Dissolvido**	4,69	mg/L	1,56	SMEWW - Método: 4500-O-G	16/10/2024
Oxigênio dissolvido (Saturação)**	52,3	%	-	SMEWW - Método: 4500-O-G	16/10/2024
pH**	7,56	-	1,00	SMEWW - Método: 4500 H+	16/10/2024
Sólidos Suspensos Totais	7,8	mg/L	3,40	SMEWW - Método: 2540-D	18/10/2024
Sólidos Totais	65	mg/L	0,50	SMEWW - Método: 2540-B	23/10/2024
Sólidos Totais Dissolvidos	63	mg/L	0,53	SMEWW - Método: 2540-C	21/10/2024
Sulfato	3,379	mg/L	2,00	Método: SulfaVer 4 - 8051 - Hach	22/10/2024
Temperatura da Água**	20,7	oC	6,00	SMEWW - Método: 2550-B	16/10/2024
Turbidez	13,14	NTU	0,59	SMEWW - Método: 2130 A, B	18/10/2024
Zinco Total*	< 0,066	mg/L	0,066	SMEWW - Método 3030F/3120 B	31/10/2024

Nota:

Data de emissão: 21/02/2025

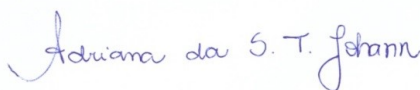
RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 130/25 – rev 0

- Este relatório somente poderá ser reproduzido na íntegra. Reprodução de partes requer aprovação escrita do Laboratório de Qualidade de Água do GERPEL/INEO.
- Os resultados das análises têm seu valor restrito às amostras analisadas no Laboratório de Qualidade de Água do GERPEL/INEO.
- Os resultados se aplicam à amostra conforme recebida.
- Coleta realizada pelo GERPEL/INEO, segue o PSQ – 09 – Manual de Retirada de Amostras de Água e FSQ – 26 – Plano de Amostragem - SMEWW – Standard Methods for the Examination of the Water and Wastewater, 24ª Edição, 2023.
- MQA – Metodologia Qualidade de Água - LQM – Limite de Quantificação do Método.
- ND – Não detectado.
- NA – Não se aplica.
- (*) Provedor Externo de Ensaio.
- (**) Análises realizadas nas instalações do cliente."

Informações complementares:

NA

.



Adriana da Silva Tronco Johann
Responsável Técnica
CRQ - 09100940

Código: FQA-13

Revisão: 07

Aprovação: 16/08/2023

Página: 1/3

Data de emissão: 21/02/2025

RELATÓRIO DE ENSAIO N° 131/25 – rev 0

DADOS DO CLIENTE

Cliente: TIBAGI ENERGIA SPE S.A.
Endereço: Rua Estrada Alto da Figueira, S/N
CEP: 84300000
Latitude: 24°31'41.17"S

Cidade: Tibagi/PR
CNPJ: 23.080.281/0002-16
Fone:
Longitude: 50°24'25.50"O

DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA

Código da Amostra: TIB-203
Local de Amostragem: TM-PAS-S
Data de Amostragem: 16/10/2024
Horário de Amostragem: 09:20
Coletor: () Cliente (X) GERPEL/INEO

Chuva nas últimas 24 hs.: () Sim (X) Não () NA
Data de entrada no laboratório: 17/10/2024
Horário de entrada: 17:00
Matriz: água bruta

RESULTADOS DOS ENSAIOS REALIZADOS

Parâmetros	Resultado	Unidade	LQM	Metodologia	Data de Realização
Alcalinidade Total	18,18	mg/L	0,98	SMEWW - Método: 2320 - B	28/10/2024
Alumínio Total*	0,152	mg/L	0,05	SMEWW - Método: 3030F/3120 B	07/11/2024
Cádmio Total*	< 0,0005	mg/L	0,0005	SMEWW - Método: 3030F/3120B	31/10/2024
Chumbo Total*	< 0,005	mg/L	0,005	SMEWW - Método: 3030 F/3120 B	31/10/2024
Clorofila-a	1,17	µg/L	0,56	SMEWW - Método: 10200-H	22/10/2024
Cobre Total*	< 0,015	mg/L	0,015	SMEWW - Método 3030F/3120 B	31/10/2024
Coliformes Fecais (Escherichia coli)	< 1,00	NMP/100mL	1,00	SMEWW - Método: 9223-B	17/10/2024
Coliformes Totais	4884	NMP/100mL	1,00	SMEWW - Método: 9223-B	17/10/2024
Condutividade Elétrica	64,3	µS/cm	1,04	SMEWW - Método: 2510 B	18/10/2024
Cromo Total*	< 0,005	mg/L	0,005	SMEWW - Método 3030F/3120 B	31/10/2024
DBO	3,56	mg/L	1,00	SMEWW - Método: 5210-B	18/10/2024

Código: FQA-13

Revisão: 07

Aprovação: 16/08/2023

Página: 2/3

Data de emissão: 21/02/2025

RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 131/25 – rev 0

Parâmetros	Resultado	Unidade	LQM	Metodologia	Data de Realização
DQO	10	mg/L	3,00	SMEWW - Método: 5220-D	18/10/2024
Fósforo Total	0,113	mg/L	0,004	SMEWW - Método: 4500-P-B-E	23/10/2024
Mercúrio Total*	0,0008	mg/L	0,0001	SMEWW - Método 3030F/3120 B	01/11/2024
Níquel Total*	< 0,007	mg/L	0,007	SMEWW - Método 3030F/3120 B	31/10/2024
Nitrato	1,95	mg/L	0,81	Método: Nitra Ver - 8039 - Hach	18/10/2024
Nitrito	0,039	mg/L	0,002	SMEWW - Método: 4500-NO-2	18/10/2024
Nitrogênio amoniacal	< 0,009	mg/L	0,009	SMEWW - Método: 4500-NH3-F	04/11/2024
Nitrogênio Total Kjeldahl	0,76	mg/L	-	Método: 4500-Norg B/ Método: 4500-NH3-F	01/11/2024
Ortofosfato	0,113	mg/L	0,001	SMEWW - Método: 4500-P-E	18/10/2024
Oxigênio Dissolvido**	7,34	mg/L	1,56	SMEWW - Método: 4500-O-G	16/10/2024
Oxigênio dissolvido (Saturação)**	88,3	%	-	SMEWW - Método: 4500-O-G	16/10/2024
pH**	8,79	-	1,00	SMEWW - Método: 4500 H+	16/10/2024
Sólidos Suspensos Totais	5	mg/L	3,40	SMEWW - Método: 2540-D	18/10/2024
Sólidos Totais	67,5	mg/L	0,50	SMEWW - Método: 2540-B	23/10/2024
Sólidos Totais Dissolvidos	46	mg/L	0,53	SMEWW - Método: 2540-C	21/10/2024
Sulfato	3,321	mg/L	2,00	Método: SulfaVer 4 - 8051 - Hach	22/10/2024
Temperatura da Água**	25,3	oC	6,00	SMEWW - Método: 2550-B	16/10/2024
Temperatura do Ar**	22	oC	-	SMEWW - Método: 2550-B	16/10/2024
Transparência**	0,95	m	-	Secchi	16/10/2024
Turbidez	5,65	NTU	0,59	SMEWW - Método: 2130 A, B	18/10/2024
Zinco Total*	< 0,066	mg/L	0,066	SMEWW - Método 3030F/3120 B	31/10/2024

Data de emissão: 21/02/2025

RELATÓRIO DE ENSAIO N° 131/25 – rev 0

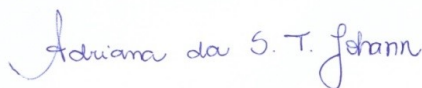
Nota:

- Este relatório somente poderá ser reproduzido na íntegra. Reprodução de partes requer aprovação escrita do Laboratório de Qualidade de Água do GERPEL/INEO.
- Os resultados das análises têm seu valor restrito às amostras analisadas no Laboratório de Qualidade de Água do GERPEL/INEO.
- Os resultados se aplicam à amostra conforme recebida.
- Coleta realizada pelo GERPEL/INEO, segue o PSQ – 09 – Manual de Retirada de Amostras de Água e FSQ – 26 – Plano de Amostragem - SMEWW – Standard Methods for the Examination of the Water and Wastewater, 24ª Edição, 2023.
- MQA – Metodologia Qualidade de Água - LQM – Limite de Quantificação do Método.
- ND – Não detectado.
- NA – Não se aplica.
- (*) Provedor Externo de Ensaio.
- (**) Análises realizadas nas instalações do cliente."

Informações complementares:

NA

.



Adriana da Silva Tronco Johann
Responsável Técnica
CRQ - 09100940

Código: FQA-13

Revisão: 07

Aprovação: 16/08/2023

Página: 1/3

Data de emissão: 21/02/2025

RELATÓRIO DE ENSAIO N° 132/25 – rev 0

DADOS DO CLIENTE

Cliente: TIBAGI ENERGIA SPE S.A.
Endereço: Rua Estrada Alto da Figueira, S/N
CEP: 84300000
Latitude: 24°31'41.17"S

Cidade: Tibagi/PR
CNPJ: 23.080.281/0002-16
Fone:
Longitude: 50°24'25.50"O

DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA

Código da Amostra: TIB-204
Local de Amostragem: TM-PAS-M
Data de Amostragem: 16/10/2024
Horário de Amostragem: 09:20
Coletor: () Cliente (X) GERPEL/INEO

Chuva nas últimas 24 hs.: () Sim (X) Não () NA
Data de entrada no laboratório: 17/10/2024
Horário de entrada: 17:00
Matriz: água bruta

RESULTADOS DOS ENSAIOS REALIZADOS

Parâmetros	Resultado	Unidade	LQM	Metodologia	Data de Realização
Alcalinidade Total	20	mg/L	0,98	SMEWW - Método: 2320 - B	28/10/2024
Alumínio Total*	0,094	mg/L	0,05	SMEWW - Método: 3030F/3120 B	07/11/2024
Cádmio Total*	< 0,0005	mg/L	0,0005	SWEWW - Método: 3030F/3120B	31/10/2024
Chumbo Total*	< 0,005	mg/L	0,005	SWEWW - Método: 3030 F/3120 B	31/10/2024
Cobre Total*	< 0,015	mg/L	0,015	SMEWW - Método 3030F/3120 B	31/10/2024
Condutividade Elétrica	58,6	µS/cm	1,04	SMEWW - Método: 2510 B	18/10/2024
Cromo Total*	< 0,005	mg/L	0,005	SMEWW - Método 3030F/3120 B	31/10/2024
DBO	3,1	mg/L	1,00	SMEWW - Método: 5210-B	18/10/2024
DQO	12,45	mg/L	3,00	SMEWW - Método: 5220-D	18/10/2024
Fósforo Total	0,123	mg/L	0,004	SMEWW - Método: 4500-P-B-E	23/10/2024
Mercúrio Total*	0,0007	mg/L	0,0001	SMEWW - Método 3030F/3120 B	01/11/2024

LABORATÓRIO GERPEL/INEO

Rua da Faculdade, 645, Jardim Santa Maria, CEP: 85903-000, Toledo/PR.

Código: FQA-13

Revisão: 07

Aprovação: 16/08/2023

Página: 2/3

Data de emissão: 21/02/2025

RELATÓRIO DE ENSAIO N° 132/25 – rev 0

Parâmetros	Resultado	Unidade	LQM	Metodologia	Data de Realização
Níquel Total*	< 0,007	mg/L	0,007	SMEWW - Método 3030F/3120 B	31/10/2024
Nitrato	1,82	mg/L	0,81	Método: Nitra Ver - 8039 - Hach	18/10/2024
Nitrito	0,029	mg/L	0,002	SMEWW - Método: 4500-NO-2	18/10/2024
Nitrogênio amoniacal	0,113	mg/L	0,009	SMEWW - Método: 4500-NH3-F	04/11/2024
Nitrogênio Total Kjeldahl	0,45	mg/L	-	Método: 4500-Norg B/ Método: 4500-NH3-F	01/11/2024
Ortofosfato	0,123	mg/L	0,001	SMEWW - Método: 4500-P-E	18/10/2024
Oxigênio Dissolvido**	3,49	mg/L	1,56	SMEWW - Método: 4500-O-G	16/10/2024
Oxigênio dissolvido (Saturação)**	39,5	%	-	SMEWW - Método: 4500-O-G	16/10/2024
pH**	7,43	-	1,00	SMEWW - Método: 4500 H+	16/10/2024
Sólidos Suspensos Totais	6,2	mg/L	3,40	SMEWW - Método: 2540-D	18/10/2024
Sólidos Totais	72	mg/L	0,50	SMEWW - Método: 2540-B	23/10/2024
Sólidos Totais Dissolvidos	48,5	mg/L	0,53	SMEWW - Método: 2540-C	21/10/2024
Sulfato	3,151	mg/L	2,00	Método: SulfaVer 4 - 8051 - Hach	22/10/2024
Temperatura da Água**	21,6	oC	6,00	SMEWW - Método: 2550-B	16/10/2024
Turbidez	5,15	NTU	0,59	SMEWW - Método: 2130 A, B	18/10/2024
Zinco Total*	< 0,066	mg/L	0,066	SMEWW - Método 3030F/3120 B	31/10/2024

Nota:

Data de emissão: 21/02/2025

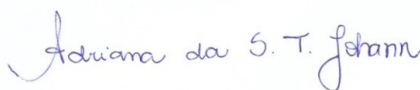
RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 132/25 – rev 0

- Este relatório somente poderá ser reproduzido na íntegra. Reprodução de partes requer aprovação escrita do Laboratório de Qualidade de Água do GERPEL/INEO.
- Os resultados das análises têm seu valor restrito às amostras analisadas no Laboratório de Qualidade de Água do GERPEL/INEO.
- Os resultados se aplicam à amostra conforme recebida.
- Coleta realizada pelo GERPEL/INEO, segue o PSQ – 09 – Manual de Retirada de Amostras de Água e FSQ – 26 – Plano de Amostragem - SMEWW – Standard Methods for the Examination of the Water and Wastewater, 24ª Edição, 2023.
- MQA – Metodologia Qualidade de Água - LQM – Limite de Quantificação do Método.
- ND – Não detectado.
- NA – Não se aplica.
- (*) Provedor Externo de Ensaio.
- (**) Análises realizadas nas instalações do cliente."

Informações complementares:

NA

.



Adriana da Silva Tronco Johann
Responsável Técnica
CRQ - 09100940

Código: FQA-13

Revisão: 07

Aprovação: 16/08/2023

Página: 1/3

Data de emissão: 21/02/2025

RELATÓRIO DE ENSAIO N° 133/25 – rev 0

DADOS DO CLIENTE

Cliente: TIBAGI ENERGIA SPE S.A.
Endereço: Rua Estrada Alto da Figueira, S/N
CEP: 84300000
Latitude: 24°31'41.17"S

Cidade: Tibagi/PR
CNPJ: 23.080.281/0002-16
Fone:
Longitude: 50°24'25.50"O

DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA

Código da Amostra: TIB-205
Local de Amostragem: TM-PAS-F
Data de Amostragem: 16/10/2024
Horário de Amostragem: 09:20
Coletor: () Cliente (X) GERPEL/INEO

Chuva nas últimas 24 hs.: () Sim (X) Não () NA
Data de entrada no laboratório: 17/10/2024
Horário de entrada: 17:00
Matriz: água bruta

RESULTADOS DOS ENSAIOS REALIZADOS

Parâmetros	Resultado	Unidade	LQM	Metodologia	Data de Realização
Alcalinidade Total	24,24	mg/L	0,98	SMEWW - Método: 2320 - B	28/10/2024
Alumínio Total*	0,237	mg/L	0,05	SMEWW - Método: 3030F/3120 B	07/11/2024
Cádmio Total*	< 0,0005	mg/L	0,0005	SWEWW - Método: 3030F/3120B	31/10/2024
Chumbo Total*	< 0,005	mg/L	0,005	SWEWW - Método: 3030 F/3120 B	31/10/2024
Cobre Total*	< 0,015	mg/L	0,015	SMEWW - Método 3030F/3120 B	31/10/2024
Condutividade Elétrica	65,1	µS/cm	1,04	SMEWW - Método: 2510 B	18/10/2024
Cromo Total*	< 0,005	mg/L	0,005	SMEWW - Método 3030F/3120 B	31/10/2024
DBO	3,12	mg/L	1,00	SMEWW - Método: 5210-B	18/10/2024
DQO	10,55	mg/L	3,00	SMEWW - Método: 5220-D	18/10/2024
Fósforo Total	0,114	mg/L	0,004	SMEWW - Método: 4500-P-B-E	23/10/2024
Mercúrio Total*	0,0007	mg/L	0,0001	SMEWW - Método 3030F/3120 B	01/11/2024

LABORATÓRIO GERPEL/INEO

Rua da Faculdade, 645, Jardim Santa Maria, CEP: 85903-000, Toledo/PR.

Código: FQA-13

Revisão: 07

Aprovação: 16/08/2023

Página: 2/3

Data de emissão: 21/02/2025

RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 133/25 – rev 0

Parâmetros	Resultado	Unidade	LQM	Metodologia	Data de Realização
Níquel Total*	< 0,007	mg/L	0,007	SMEWW - Método 3030F/3120 B	31/10/2024
Nitrato	2,38	mg/L	0,81	Método: Nitra Ver - 8039 - Hach	18/10/2024
Nitrito	0,069	mg/L	0,002	SMEWW - Método: 4500-NO-2	18/10/2024
Nitrogênio amoniacal	0,907	mg/L	0,009	SMEWW - Método: 4500-NH3-F	04/11/2024
Nitrogênio Total Kjeldahl	0,95	mg/L	-	Método: 4500-Norg B/ Método: 4500-NH3-F	01/11/2024
Ortofosfato	0,114	mg/L	0,001	SMEWW - Método: 4500-P-E	18/10/2024
Oxigênio Dissolvido**	< 1,56	mg/L	1,56	SMEWW - Método: 4500-O-G	16/10/2024
Oxigênio dissolvido (Saturação)**	3,6	%	-	SMEWW - Método: 4500-O-G	16/10/2024
pH**	7,15	-	1,00	SMEWW - Método: 4500 H+	16/10/2024
Sólidos Suspensos Totais	5,14	mg/L	3,40	SMEWW - Método: 2540-D	18/10/2024
Sólidos Totais	75,5	mg/L	0,50	SMEWW - Método: 2540-B	23/10/2024
Sólidos Totais Dissolvidos	52,5	mg/L	0,53	SMEWW - Método: 2540-C	21/10/2024
Sulfato	3,467	mg/L	2,00	Método: SulfaVer 4 - 8051 - Hach	22/10/2024
Temperatura da Água**	19	oC	6,00	SMEWW - Método: 2550-B	16/10/2024
Turbidez	7,78	NTU	0,59	SMEWW - Método: 2130 A, B	18/10/2024
Zinco Total*	< 0,066	mg/L	0,066	SMEWW - Método 3030F/3120 B	31/10/2024

Nota:

Data de emissão: 21/02/2025

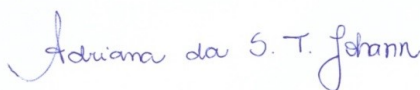
RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 133/25 – rev 0

- Este relatório somente poderá ser reproduzido na íntegra. Reprodução de partes requer aprovação escrita do Laboratório de Qualidade de Água do GERPEL/INEO.
- Os resultados das análises têm seu valor restrito às amostras analisadas no Laboratório de Qualidade de Água do GERPEL/INEO.
- Os resultados se aplicam à amostra conforme recebida.
- Coleta realizada pelo GERPEL/INEO, segue o PSQ – 09 – Manual de Retirada de Amostras de Água e FSQ – 26 – Plano de Amostragem - SMEWW – Standard Methods for the Examination of the Water and Wastewater, 24ª Edição, 2023.
- MQA – Metodologia Qualidade de Água - LQM – Limite de Quantificação do Método.
- ND – Não detectado.
- NA – Não se aplica.
- (*) Provedor Externo de Ensaio.
- (**) Análises realizadas nas instalações do cliente."

Informações complementares:

NA

.



Adriana da Silva Tronco Johann
Responsável Técnica
CRQ - 09100940

Código: FQA-13

Revisão: 07

Aprovação: 16/08/2023

Página: 1/3

Data de emissão: 21/02/2025

RELATÓRIO DE ENSAIO N° 127/25 – rev 0

DADOS DO CLIENTE

Cliente: TIBAGI ENERGIA SPE S.A.
Endereço: Rua Estrada Alto da Figueira, S/N
CEP: 84300000
Latitude: 24°31'41.17"S

Cidade: Tibagi/PR
CNPJ: 23.080.281/0002-16
Fone:
Longitude: 50°24'25.50"O

DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA

Código da Amostra: TIB-199
Local de Amostragem: TM-JUS
Data de Amostragem: 16/10/2024
Horário de Amostragem: 15:30
Coletor: () Cliente (X) GERPEL/INEO

Chuva nas últimas 24 hs.: () Sim (X) Não () NA
Data de entrada no laboratório: 17/10/2024
Horário de entrada: 17:00
Matriz: água bruta

RESULTADOS DOS ENSAIOS REALIZADOS

Parâmetros	Resultado	Unidade	LQM	Metodologia	Data de Realização
Alcalinidade Total	18,08	mg/L	0,98	SMEWW - Método: 2320 - B	28/10/2024
Alumínio Total*	0,556	mg/L	0,05	SMEWW - Método: 3030F/3120 B	07/11/2024
Cádmio Total*	< 0,0005	mg/L	0,0005	SMEWW - Método: 3030F/3120B	31/10/2024
Cálcio	3,03	mg/L	1,00	SMEWW - Método: 3500-Ca-B	11/11/2024
Chumbo Total*	< 0,005	mg/L	0,005	SMEWW - Método: 3030 F/3120 B	31/10/2024
Cloretos	4,41	mg/L	1,02	SMEWW - Método: 4500-Cl-C	04/11/2024
Clorofila-a	3,65	µg/L	0,56	SMEWW - Método: 10200-H	22/10/2024
Cobre Total*	< 0,015	mg/L	0,015	SMEWW - Método 3030F/3120 B	31/10/2024
Coliformes Fecais (Escherichia coli)	10	NMP/100mL	1,00	SMEWW - Método: 9223-B	17/10/2024
Coliformes Totais	7701	NMP/100mL	1,00	SMEWW - Método: 9223-B	17/10/2024
Condutividade Elétrica	65,75	µS/cm	1,04	SMEWW - Método: 2510 B	18/10/2024

LABORATÓRIO GERPEL/INEO

Rua da Faculdade, 645, Jardim Santa Maria, CEP: 85903-000, Toledo/PR.

Código: FQA-13

Revisão: 07

Aprovação: 16/08/2023

Página: 2/3

Data de emissão: 21/02/2025

RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 127/25 – rev 0

Parâmetros	Resultado	Unidade	LQM	Metodologia	Data de Realização
Cor Aparente	110,03	UC	6,00	MQA-06	18/10/2024
Cromo Total*	< 0,005	mg/L	0,005	SMEWW - Método 3030F/3120 B	31/10/2024
DBO	1,18	mg/L	1,00	SMEWW - Método: 5210-B	18/10/2024
DQO	5,49	mg/L	3,00	SMEWW - Método: 5220-D	18/10/2024
Dureza total	19,99	mg/L	5,00	SMEWW - Método: 2340-C	31/10/2024
Fenóis	0,004	mg/L	0,002	Método: 265 - Hach	31/10/2024
Ferro Total	0,784	mg/L	0,02	Método: FerroVer 8008 - Hach	06/11/2024
Fósforo Total	0,143	mg/L	0,004	SMEWW - Método: 4500-P-B-E	23/10/2024
Magnésio	3,025	mg/L	1,05	SMEWW - Método 3500-Mg	11/11/2024
Mercúrio Total*	0,0007	mg/L	0,0001	SMEWW - Método 3030F/3120 B	01/11/2024
Níquel Total*	< 0,007	mg/L	0,007	SMEWW - Método 3030F/3120 B	31/10/2024
Nitrato	3,23	mg/L	0,81	Método: Nitra Ver - 8039 - Hach	18/10/2024
Nitrito	0,1	mg/L	0,002	SMEWW - Método: 4500-NO-2	18/10/2024
Nitrogênio amoniacal	0,097	mg/L	0,009	SMEWW - Método: 4500-NH3-F	04/11/2024
Nitrogênio Total Kjeldahl	0,34	mg/L	-	Método: 4500-Norg B/ Método: 4500-NH3-F	01/11/2024
Óleos e Graxas	< 5,00	mg/L	5,00	SMEWW - Método: 5520-A-D	21/10/2024
Ortofosfato	0,01	mg/L	0,001	SMEWW - Método: 4500-P-E	18/10/2024
Oxigênio Dissolvido**	7,15	mg/L	1,56	SMEWW - Método: 4500-O-G	16/10/2024
Oxigênio dissolvido (Saturação)**	83	%	-	SMEWW - Método: 4500-O-G	16/10/2024
pH**	8,12	-	1,00	SMEWW - Método: 4500-H+	16/10/2024
Sílica*	9,373	mg/L	0,1	SMEWW - Método: 4500-SiO2-C	01/11/2024
Sólidos Suspensos Totais	6,2	mg/L	3,40	SMEWW - Método: 2540-D	18/10/2024
Sólidos Totais	85,5	mg/L	0,50	SMEWW - Método: 2540-B	23/10/2024

Código: FQA-13

Revisão: 07

Aprovação: 16/08/2023

Página: 3/3

Data de emissão: 21/02/2025

RELATÓRIO DE ENSAIO N° 127/25 – rev 0

Parâmetros	Resultado	Unidade	LQM	Metodologia	Data de Realização
Sólidos Totais Dissolvidos	44	mg/L	0,53	SMEWW - Método: 2540-C	21/10/2024
Sulfato	3,258	mg/L	2,00	Método: SulfaVer 4 - 8051 - Hach	22/10/2024
Temperatura da Água**	21,9	oC	6,00	SMEWW - Método: 2550-B	16/10/2024
Temperatura do Ar**	26	oC	-	SMEWW - Método: 2550-B	16/10/2024
Transparência**	1,05	m	-	Secchi	16/10/2024
Turbidez	9,33	NTU	0,59	SMEWW - Método: 2130 A, B	18/10/2024
Zinco Total*	< 0,066	mg/L	0,066	SMEWW - Método 3030F/3120 B	31/10/2024

Nota:

- Este relatório somente poderá ser reproduzido na íntegra. Reprodução de partes requer aprovação escrita do Laboratório de Qualidade de Água do GERPEL/INEO.
- Os resultados das análises têm seu valor restrito às amostras analisadas no Laboratório de Qualidade de Água do GERPEL/INEO.
- Os resultados se aplicam à amostra conforme recebida.
- Coleta realizada pelo GERPEL/INEO, segue o PSQ – 09 – Manual de Retirada de Amostras de Água e FSQ – 26 – Plano de Amostragem - SMEWW – Standard Methods for the Examination of the Water and Wastewater, 24ª Edição, 2023.
- MQA – Metodologia Qualidade de Água - LQM – Limite de Quantificação do Método.
- ND – Não detectado.
- NA – Não se aplica.
- (*) Provedor Externo de Ensaio.
- (**) Análises realizadas nas instalações do cliente."

Informações complementares:

NA



Adriana da Silva Tronco Johann
Responsável Técnica
CRQ - 09100940