UHE
TIBAGI MONTANTE

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

TIBAGIENERGIA

INEO – Instituto Neotropical de Pesquisas Ambientais

Relatório Parcial

Outono 2023

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 67

4. COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA 73

4.1 Metodologia 73

4.2 Resultados e Discussão 75

4.3 Considerações Finais 81

5. COMUNIDADE ZOOPLANCTÔNICA 83

5.1 Metodologia 83

5.2. Resultados e Discussão 85

5.3. Considerações Finais 93

6. MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS 94

6.1 Metodologia 94

6.2 Resultados e Discussão 97

6.3 Considerações Finais 103

7. ICTIOFAUNA 105

7.1 Metodologia 105

7.2 Resultados e Discussão 108

7.3 Considerações Finais 124

8. REFERÊNCIAS CONSULTADAS 127

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 km^2 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 Outono de 2023 (abril de 2023), sendo a 15º coleta do período pós-enchimento, do Programa de Monitoramento Limnológico, Qualidade da Água e Ictiofauna 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, macroinvertebrados bentônicos e ictiofauna.

2. ÁREA DE AMOSTRAGEM

O presente estudo compreendeu sete pontos de amostragem (Tabela 2.1) localizados acima da cidade de Tibagi, na área de influência da UHE Tibagi Montante (Figura 2.1). Os pontos de amostragem abrangem a montante, reservatório, jusante e tributários. Destaca-se que no local Paliteiros (TM-PAL) foram efetuadas apenas análises de qualidade de água superficial.

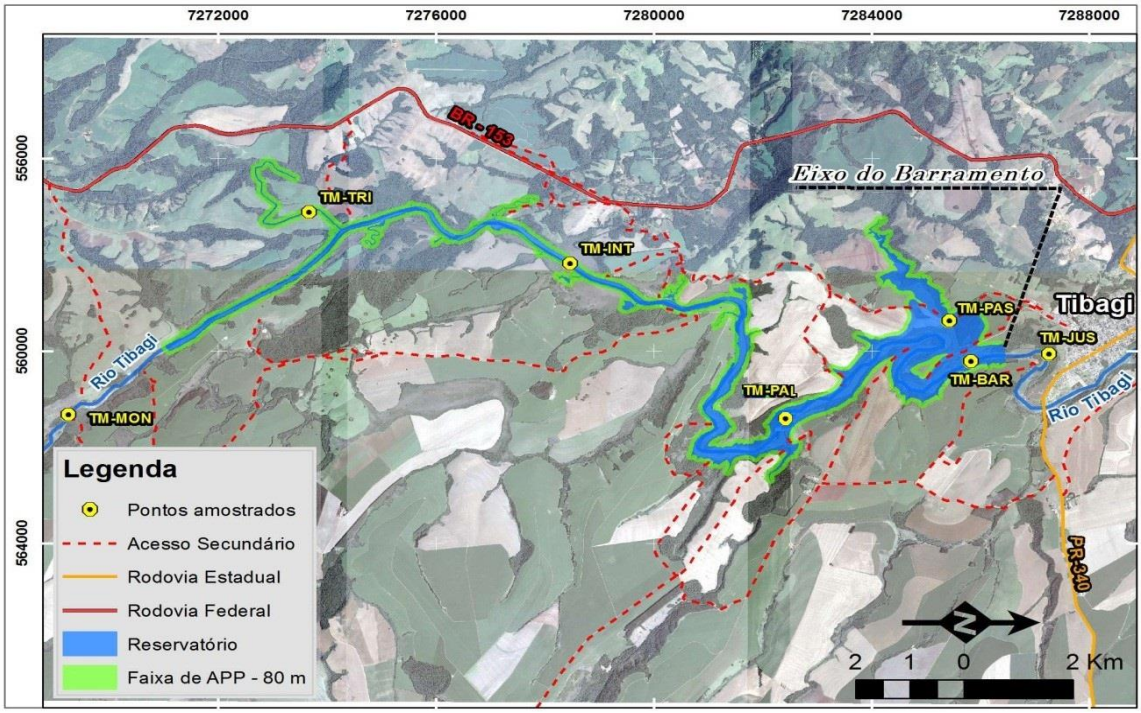

Figura 2.1 – Localização dos pontos amostrais na área de influência da UHE Tibagi Montante.

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
Tributário	TM-PAS	Passatempo	24°32'38.26"S	50°24'50.14"O
Intermediário	TM-INT	Tibagi	24°36'26.82"S	50°25'31.85"O
Tributário	TM-TRI	Capivari	24°38'46.18"S	50°26'00.32"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 17 e 20 de abril de 2023, referente ao Outono de 2023, seguindo os procedimentos de amostragem relacionados no plano de trabalho “Monitoramento Limnológico, Qualidade da Água e Ictiofauna 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 sofre 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).

- **Intermediário (INT)**

Localizado entre a balsa que liga o município de Tibagi e a fazenda Santa Branca, com a formação do reservatório houve uma pequena elevação (aproximadamente 2 metros) no nível da água, com fluxo reduzido (Figura 2.4). Com uma largura média de 80 metros, têm suas margens relativamente preservadas, com uma vegetação ciliar de aproximadamente 50 metros em ambas as margens. No entorno do local exerce-se atividade agrícola.

Figura 2.4 – Visão panorâmica do Local de Coleta INT (Intermediário).

- **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 Capivari (TRI)**

Com largura média de 20 metros, o tributário Capivari apresenta características de águas lênticas, com fundo rochoso em pequenos trechos e composto na sua maior porção por argila nas margens e areia no centro. Vegetação ciliar pouco

preservada, atingindo em média 40 metros de largura, seu entorno é utilizado para atividade agrícola (Figura 2.6).

Figura 2.6 – Visão panorâmica do Local de Coleta TRI (Tributário).

- **Tributário Passatempo (PAS)**

Local de águas lênticas 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 em cerca de 50 metros na margem esquerda e na margem direita houve o plantio de mudas em cerca de 100 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

A amostragem da água (Figura 3.1) foi realizada em cada um dos sete locais, sendo cinco na subsuperfície (MON, INT, PAL, JUS e TRI) 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, 23ª 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, e cadastrado no Instituto Ambiental do Paraná (IAPCCL nº 089). 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, 23ª edição (APHA, 2017), 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 e preservação 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±2ºC 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 reagente, 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±2ºC. 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;

$\mathbf{q_i}$=qualidade do *i*-ésimo parâmetro (obtido nas curvas);

$\mathbf{W_i}$=peso relativo do *i*-ésimo parâmetro (Tabela 3.2);

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 (2017)
Alumínio	mg/L	Garrafa	Refrigerado	Absorção atômica	Cromatógrafo	APHA (2017)
Cádmio	mg/L	Garrafa	Refrigerado	Absorção atômica	Cromatógrafo	APHA (2017)
Cálcio	mg/L	Garrafa	Refrigerado	Titulométrico	Microbureta de Bang	APHA (2017)
Chumbo	mg/L	Garrafa	Refrigerado	Absorção atômica	Cromatógrafo	APHA (2017)
Cloretos	mg/L	Garrafa	Refrigerado	Titulométrico	Microbureta de Bang	APHA (2017)
Clorofila *a*	µg/L	Garrafa	Protegido da Luz	Colorimétrico	Espectrofotômetro	APHA (2017)
Cobre	mg/L	Garrafa	Refrigerado	Absorção atômica	Cromatógrafo	APHA (2017)
Coliformes totais e fecais	NMP/100mL	Frasco	Refrigerado	Colorimétrico/tubos múltiplos	Lâmpada UV	APHA (2017)
Condutividade elétrica	µS/cm	*in situ*	-	Potenciométrico	Sonda multipamétrica	APHA (2017)
Cor	uc	Garrafa	Refrigerado	Colorimétrico	fotocolorímetro	APHA (2017)
Cromo	mg/L	Garrafa	Refrigerado	Absorção atômica	Cromatógrafo	APHA (2017)
DBO	mg/L	Garrafa	Refrigerado	Titulométrico	Incubadora DBO	APHA (2017)
DQO	mg/L	Garrafa	Refrigerado	Digestão (refluxo fechado)	Digestor de DQO e espectrofotômetro	APHA (2017)
Dureza	mg/L	Garrafa	Refrigerado	Titulométrico	Microbureta de Bang	APHA (2017)
Fenóis	mg/L	Garrafa	Refrigerado	colorimétrico	Destilador	APHA (2017)
Ferro total	mg/L	Garrafa	Refrigerado	Colorimétrico	Cromatografia	APHA (2017)
Fósforo total	mg/L	Garrafa	Refrigerado	Colorimétrico (digestão ácida)	Espectrofotômetro	APHA (2017)

PARÂMETRO	UNIDADE	COLETA	PRESERVAÇÃO	MÉTODO DE ANÁLISE	APARELHO	REFERÊNCIA
Magnésio	mg/L	Garrafa	Refrigerado	Titulométrico	Microbureta de Bang	APHA (2017)
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 (2017)
Nitrato	mg/L	Garrafa	Refrigerado	Colorimétrico (redução pelo cádmio)	Espectrofotômetro	APHA (2017)
Nitrito	mg/L	Garrafa	Refrigerado	Colorimétrico (reação com sulfanilamida)	Espectrofotômetro	APHA (2017)
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 (2017)
Amônia	mg/L	Garrafa	Refrigerado	Colorimétrico (indofenol)	Espectrofotômetro	APHA (2017)
Nitrogênio orgânico	mg/L	Garrafa	Refrigerado	Digestão ácida e titulação alcalina com tiossulfato de sódio	Titulométrico	APHA (2017)
Óleos e Graxas	mg/L	Garrafa	Refrigerado	SMEWW - 22º nd. 2012. Método: 5520-D	Estrato Soxlet	APHA (2017)
Organoclorados e fosforados**	mg/L	Garrafa	Refrigerado		Espectrofotômetro	APHA (2017)
Ortofosfato	mg/L	Garrafa	Refrigerado	Colorimétrico (digestão ácida)	Espectrofotômetro	APHA (2017)

PARÂMETRO	UNIDADE	COLETA	PRESERVAÇÃO	MÉTODO DE ANÁLISE	APARELHO	REFERÊNCIA
Oxigênio dissolvido	mg/L	*in situ*	-	Potenciométrico	Oxímetro/Sonda	APHA (2017)
Oxigênio dissolvido	% de Sat.	*in situ*	-	Potenciométrico	Oxímetro/Sonda	APHA (2017)
pH	-	*in situ*	-	Potenciométrico	pHmetro/Sonda	APHA (2017)
Sílica	Mg/L	Garrafa	Refrigerado	-	-	APHA (2017)
Sólidos totais e Sólidos dissolvidos e suspensos	mg/L	Garrafa	Refrigerado	Gravimétrico/Sonda	Estufa/Mufla	APHA (2017)
Sulfatos	mg/L	Garrafa	Refrigerado	Turbidimétrico	Turbidímetro	APHA (2017)
Temperatura da água	ºC	*in situ*	-	-	Oximetro/Sonda multiparamétrica	APHA (2017)
Temperatura do ar	ºC	*in situ*	-	-	Termômetro de bulbo	Esteves (2011)
Transparência	m	*in situ*	-	Visual	Disco de Secchi	Wetzel (2001)
Turbidez	NTUs	*in situ*	-	Potenciométrico	Turbidímetro/Sonda	APHA (2017)
Zinco	mg/L	Garrafa	Refrigerado	Espectrometria de emissão de plasma: método de plasma indutivamente acoplado (ICP). SMWW, 22ª Edição, Método 3030 F	ICP	APHA (2017)
** 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-*a* (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:

$$IQAR = \frac{\Sigma Wi.\,qi}{\Sigma Wi}$$

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/m³)**	**Clorofila-a (mg/m³)**
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 abril/2023), dando ênfase aos resultados da amostragem realizada no outono de 2023 (abril/2023).

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), já no presente estudo (outono/2023) as temperaturas da água oscilaram entre 20,1 ºC (TRI) e 23,6 ºC (PAS S) (Figura 3.2; Quadro 3.4).

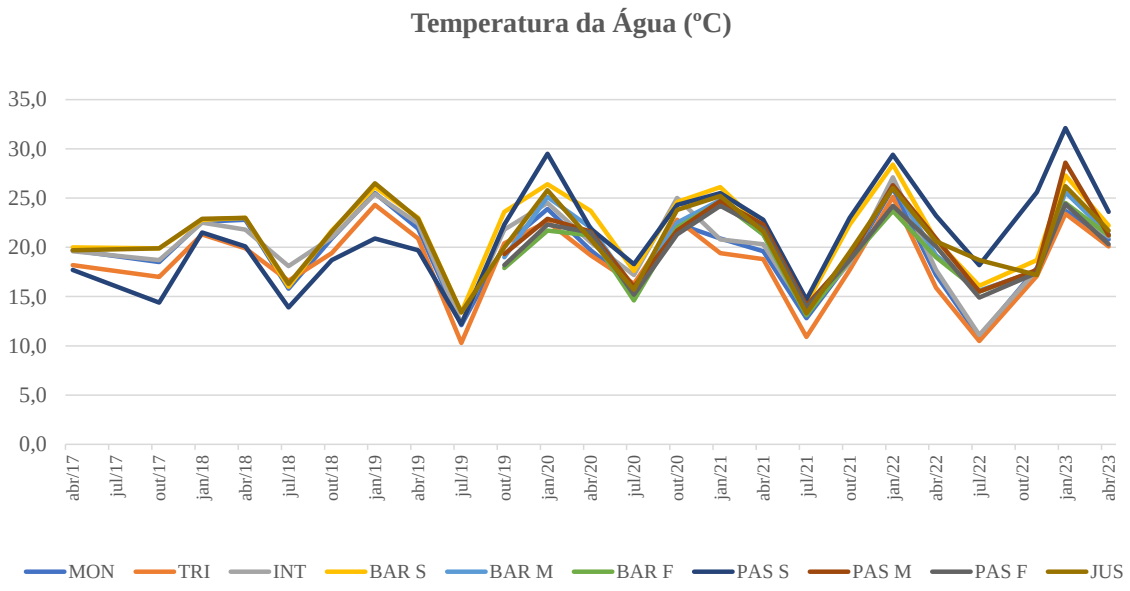

Figura 3.2 – Valores de temperatura da água (°C) registrados nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e abril de 2023 (outono/2023), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante.

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 e

outono, sendo que a maior temperatura registrada durante as amostragens foi de 33,0ºC enquanto a menor temperatura foi de 2ºC. Considerando o presente estudo, as temperaturas oscilaram entre 22,0ºC (PAS S, M e F) e 18,0ºC (JUS) (Figura 3.3; Quadro 3.4).

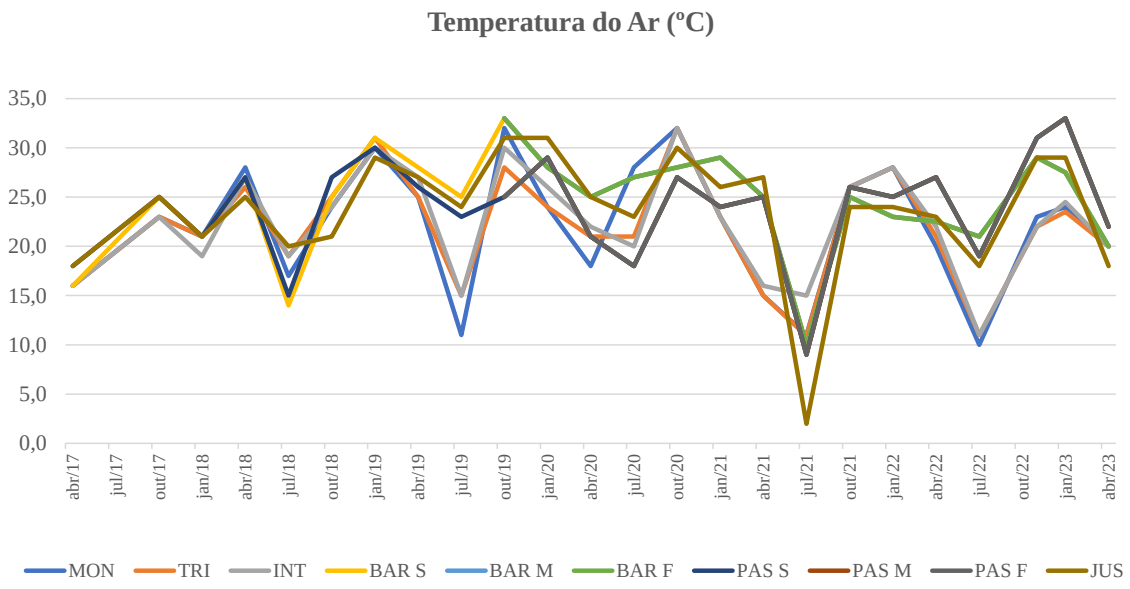

Figura 3.3 – Valores de temperatura do ar (°C) registrados nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e abril de 2023 (outono/2023), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante.

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 257/2005 (OD ≥ 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).

No estudo presente as concentrações de oxigênio dissolvido oscilaram entre 4,41 mg/L (PAS M) e 8,39 mg/L (PAS S) (Figura 3.5; Quadro 3.4). Dessa forma, durante o outono/2023 apenas o local PAS F apresentou valor abaixo do 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.

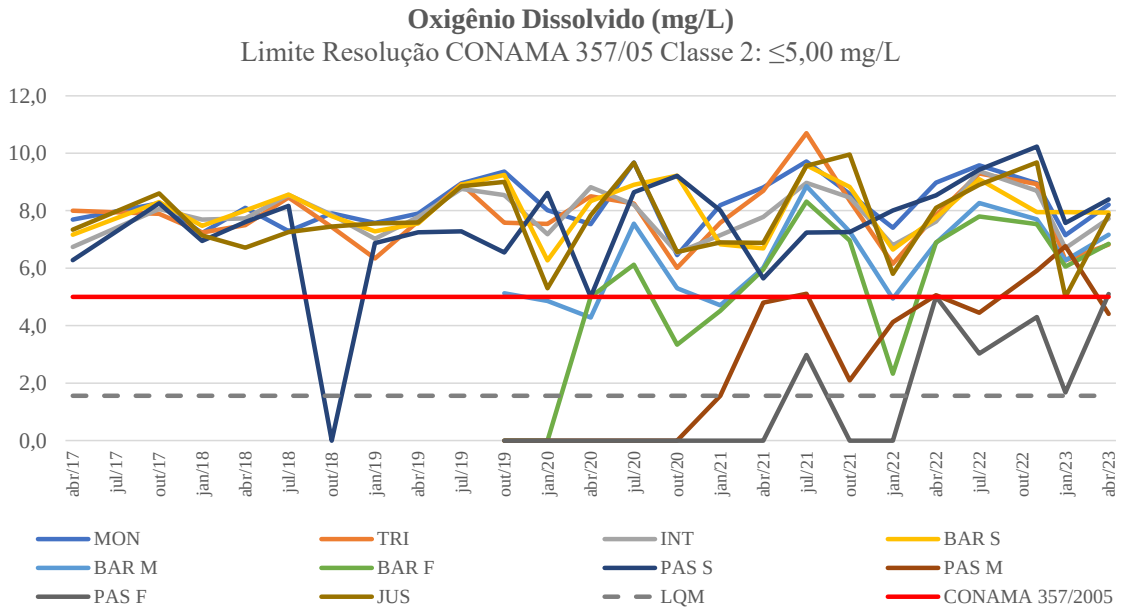

Figura 3.4 – Concentrações de oxigênio dissolvido (mg/L) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e abril de 2023 (outono/2023), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi 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, durante o outono de 2023, o menor valor foi registrado no PAS M (51,7%) e o maior no local PAS S (108,9%) (Figura 3.5; Quadro 3.4). Para esse parâmetro a resolução CONAMA nº 357/2005 não estabelece limites.

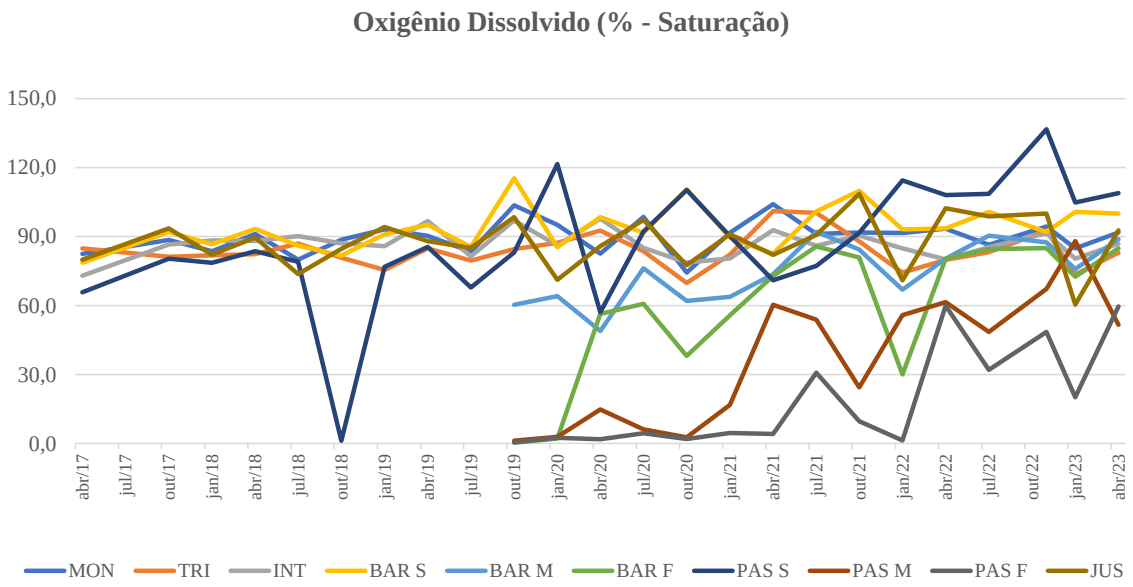

Figura 3.5 – Concentrações de oxigênio dissolvido (% de Saturação) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e abril de 2023 (outono/2023), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante.

O perfil de oxigênio dissolvido avaliado a cada metro no local BAR, sofreu pequenas oscilações nas concentrações da superfície até a profundidade final de 16 metros, com valores oscilando de 7,93 a 6,85 mg/L, ficando assim, acima do limite mínimo permitido (5,00 mg/L), pela resolução CONAMA nº 357/2005, em todas as profundidades (Figura 3.6). Com relação à temperatura, o perfil avaliado a cada metro, apresentou maiores valores nas camadas superficiais (≈22,2 ºC), chegando a 21,2 ºC a partir dos 14 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 (superfície) e 4,41 mg/L (4 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, em 4 e 5 metros de profundidade as concentrações de oxigênio dissolvido ficaram abaixo do preconizado. A temperatura da água oscilou entre 23,6 ºC na camada mais superficial e 20,3 ºC na profundidade de 9 metros.

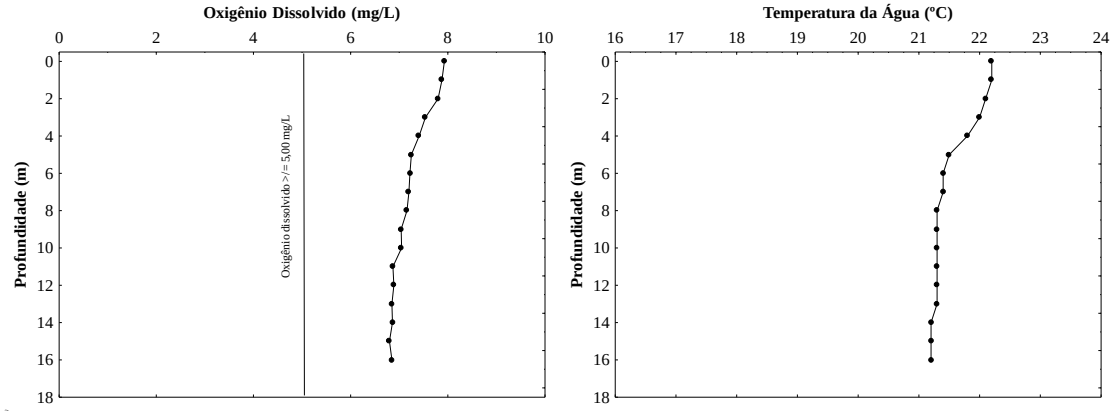

Figura 3.6 - Valores do perfil de Oxigênio Dissolvido e temperatura da água nas diferentes profundidades do local Barragem (BAR) na área de influência da UHE Tibagi Montante, no Outono de 2023. (▬) Limite da CONAMA nº 357/2005 – Classe 2.

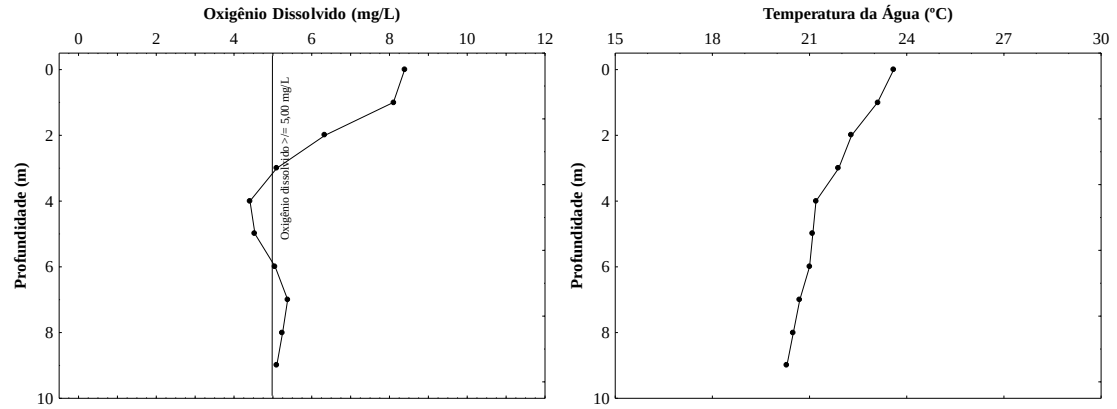

Figura 3.7 - Valores do perfil de Oxigênio Dissolvido (A) e temperatura da água (B) nas diferentes profundidades do local Passatempo (PAS), na área de influência da UHE Tibagi Montante, no Outono de 2023. (▬) Limite da CONAMA nº 357/2005 – Classe 2.

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 235/2005, 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 e julho/2022, os quais foram observados nos locais BAR M, BAR F, PAS S, PAS M e PAS F (figura 3.8).

Já durante o mês de abril de 2023, os valores do potencial de íons hidrogênio (pH) na água, oscilaram entre 6,82 (TRI) e 8,21 (PAS S) (Figura 3.8; Quadro3.4), assim,

todos os locais apresentaram valores dentro do limite estabelecido pela resolução CONAMA nº 357/2005, para águas de classe 2.

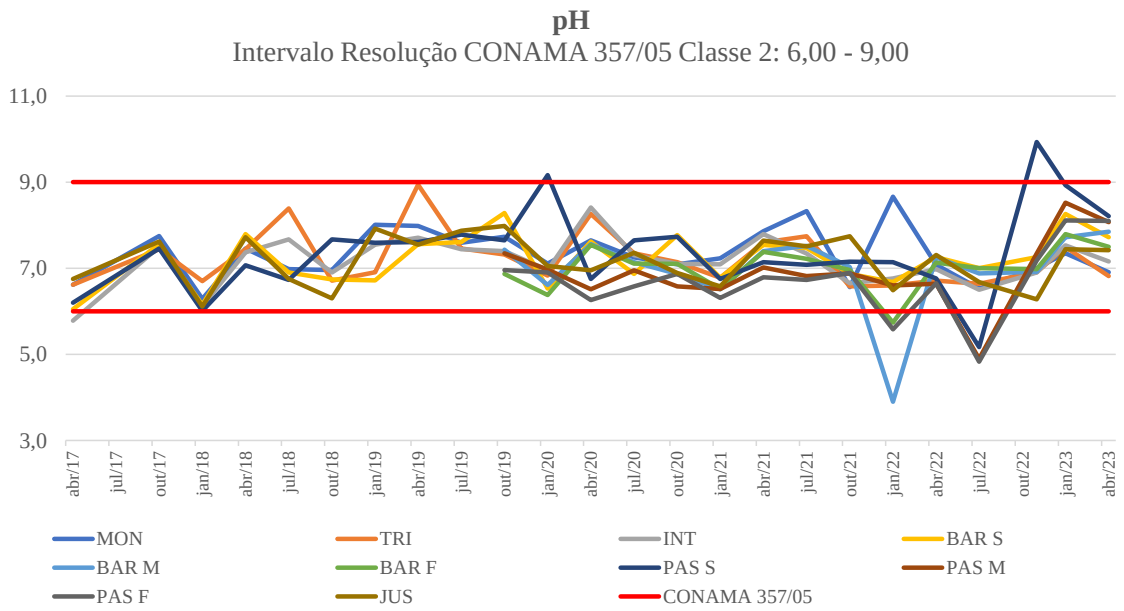

Figura 3.8 – Concentrações de pH registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e abril de 2023 (outono/2023), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante. (—) Limite 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 durante o outono de 2023, os valores de alcalinidade total oscilaram entre 7,68 mg/L (JUS) e 15,59 mg/L (MON) (Figura 3.9; Quadro 3.4). A resolução CONAMA nº 357/2005, não estabelece limites para este parâmetro.

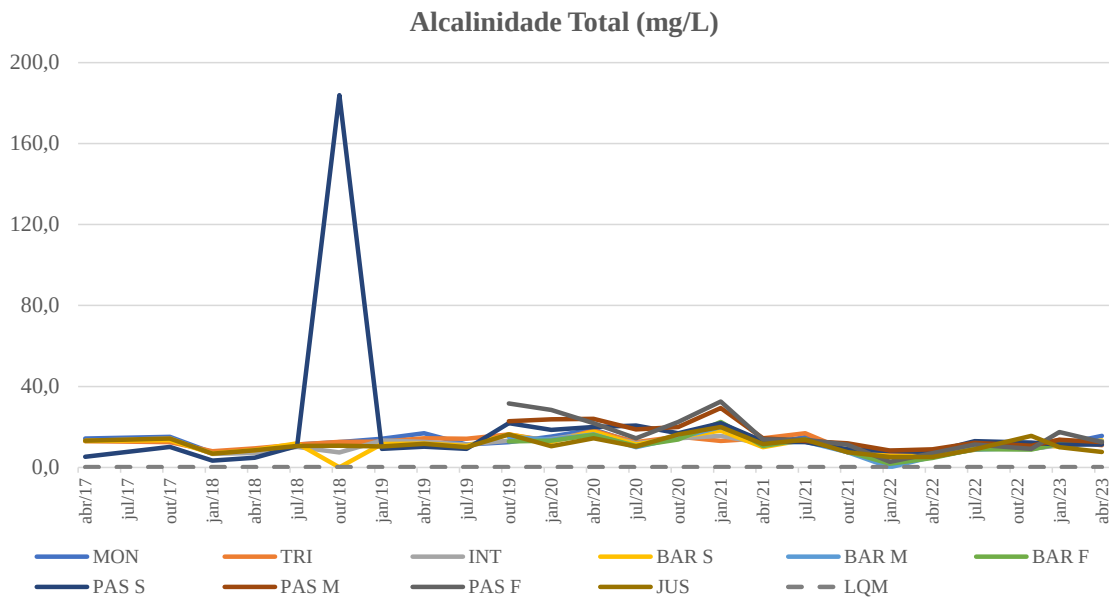

Figura 3.9 – Concentrações de alcalinidade total (mg/L) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e abril de 2023 (outono/2023), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi 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 (≤ 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). Já durante o mês de abril/2023 os valores de turbidez oscilaram entre 11,4 e 107 NTU, com menor valor registrado no local PAS F e o maior valor registrado no local MON (Figura 3.10; Quadro 3.4), desta forma o local MON apresentou 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.

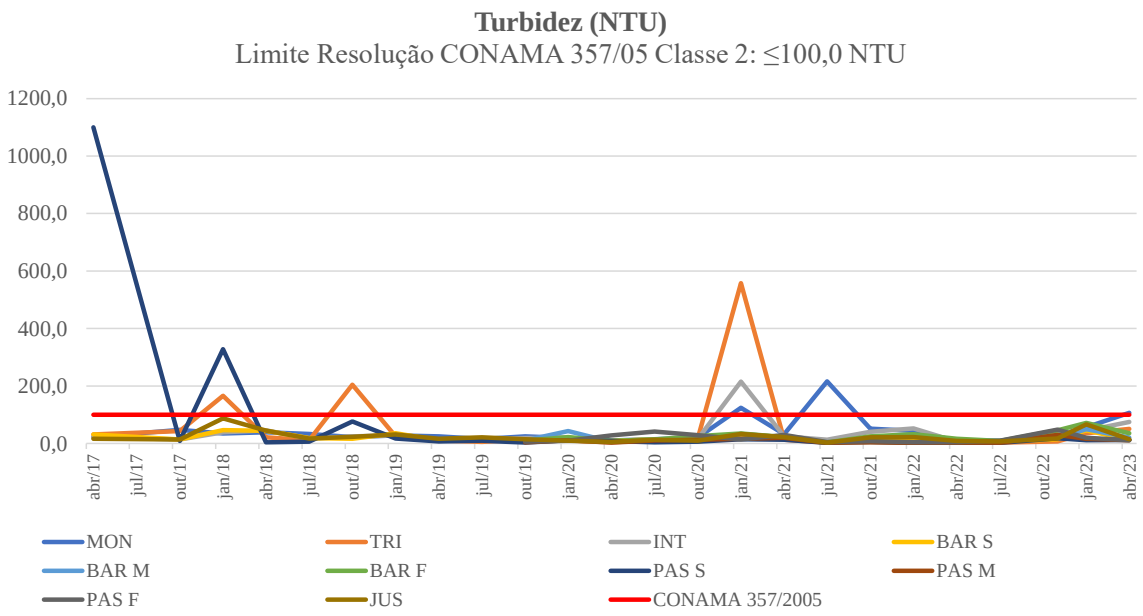

Figura 3.10 – Valores de turbidez (NTU) registrados nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e abril de 2023 (outono/2023), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante. (__) 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 ao longo dos estudos realizados 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).

Já considerando apenas a amostragem realizada no mês de abril de 2023, a transparência apresentou o menor valor nos locais MON e TRI (0,20 m) e o maior nos locais BAR S, PAS S e JUS (0,80 m) (Figura 3.11; Quadro 3.4). A resolução CONAMA nº 357/2005, não estabelece limites para este parâmetro.

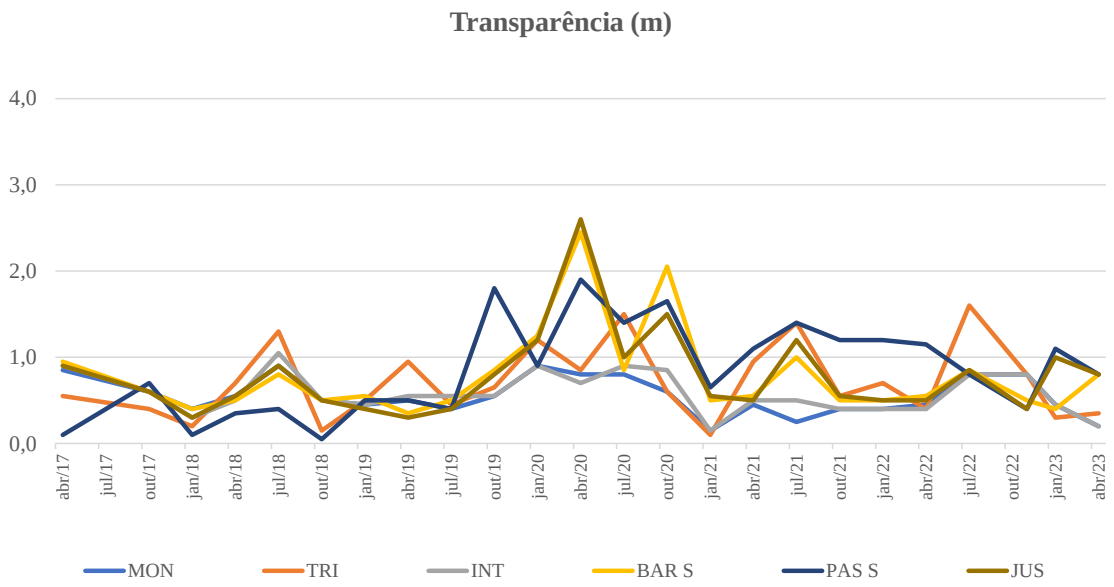

Figura 3.11 – Valores de transparência (m) registrados nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e abril de 2023 (outono/2023), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante.

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 µS/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 TRI (41,9 µS/cm) e o maior no local INT (66,2 µS/cm) (Figura 3.12; Quadro 3.4). A resolução CONAMA 357/2005, não estabelece limites para este parâmetro.

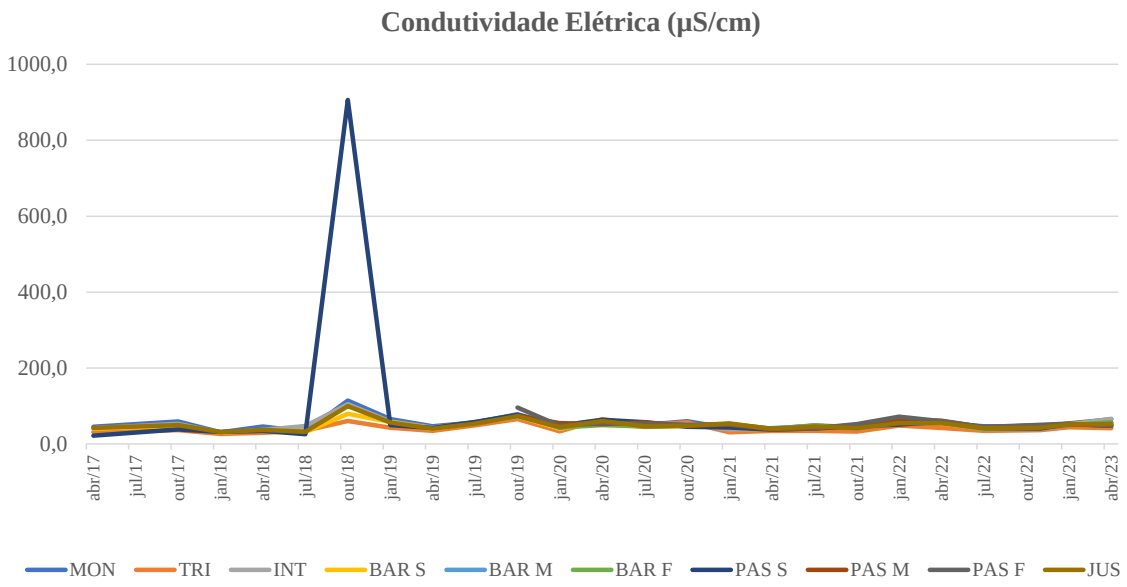

Figura 3.12 – Concentrações de condutividade elétrica (µS/cm) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e abril de 2023 (outono/2023), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da 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 abril de 2023, todos os locais de amostragem encontraram-se em desacordo com a resolução CONAMA nº357 (75,0 UC), sendo que o maior valor foi registrado no local MON (716,37 UC) (Figura 3.13; Quadro 3.4).

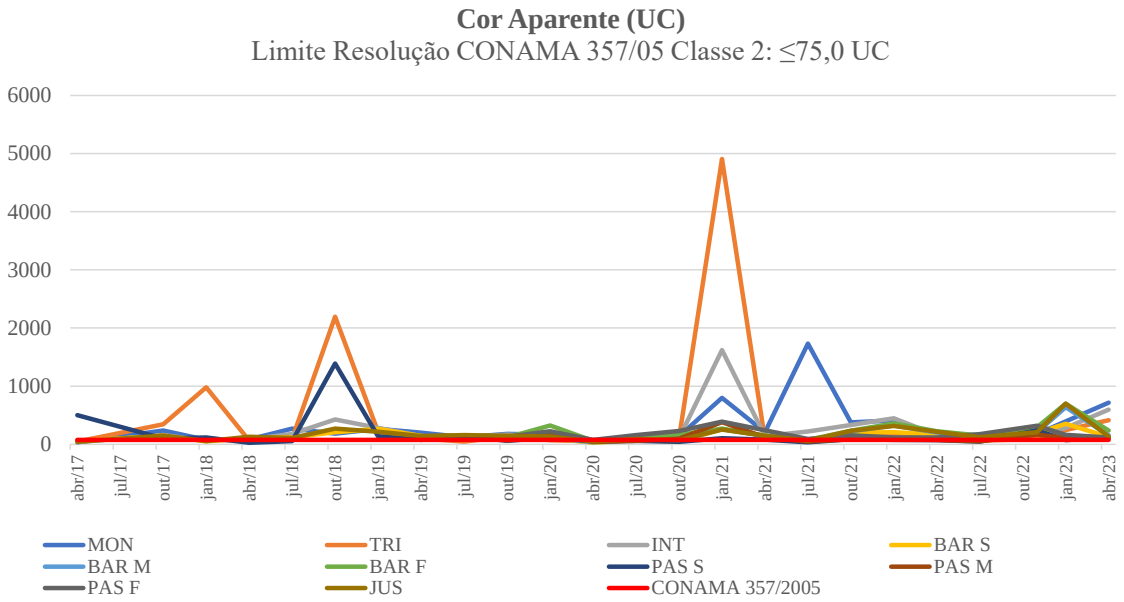

Figura 3.13 – Valores de cor aparente (UC) registrados nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e abril de 2023 (outono/2023), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante. (—) 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 0,004 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).

Durante o mês de abril de 2023 as concentrações de fósforo total oscilaram entre 0,027 mg/L (PAS F) e 0,092 (MON) (Figura 3.14; Quadro 3.4). Considerando a resolução CONAMA 357/2005, para águas de classe 2 para os pontos de reservatório (≤ 0,05 mg/L), apenas o local BAR F apresentou concentrações de fósforo acima do limite, já para ambiente lótico, nenhum local ultrapassou o limite estabelecido para os pontos de rio (≤ 0,1 mg/L).

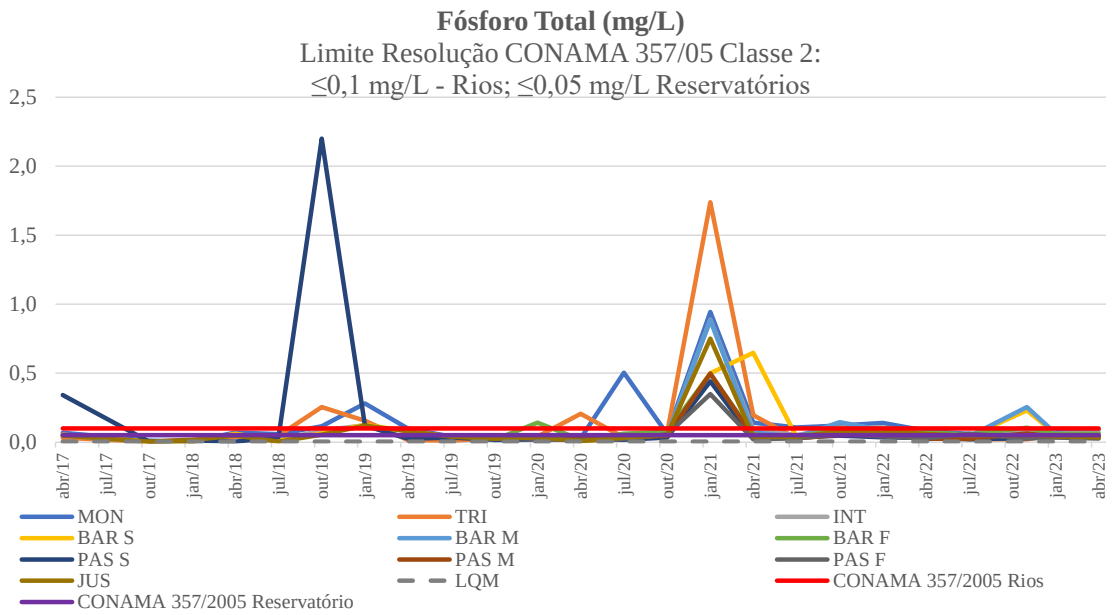

Figura 3.14 – Concentrações de fósforo total (mg/L) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e abril de 2023 (outono/2023), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi 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 mensal, o menor valor registrado ficou abaixo do LQM no local PAS S, enquanto o maior valor (0,026 mg/L) foi verificado no local MON (Figura 3.15; Quadro 3.4). A resolução CONAMA nº 357/2005, não estabelece limites para este parâmetro.

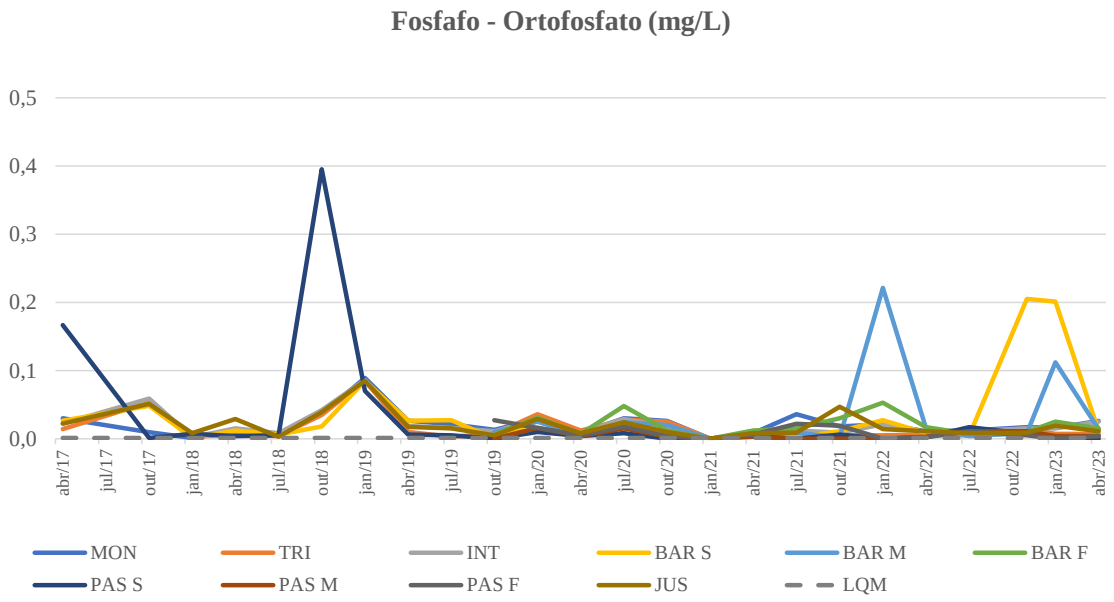

Figura 3.15 – Concentrações de ortofosfato (mg/L) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre os meses de abril/2017 – outono/2017 e janeiro de 2023 – verão/2023, compreendendo as fases pré-obra e operação da UHE Tibagi 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 pH ≤ 7,5; 2,0 mg/L para 7,5 < pH ≤ 8,0; 1,0 mg/L para 8,0 < pH ≤ 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 durante o presente estudo, os valores de nitrogênio amoniacal oscilaram entre 0,053 mg/L no local PAS F e 0,107 mg/L no local MON (Figura 3.16; Quadro 3.4), dessa forma todos os locais se encontraram dentro do limite preconizado pela resolução CONAMA 357/2005.

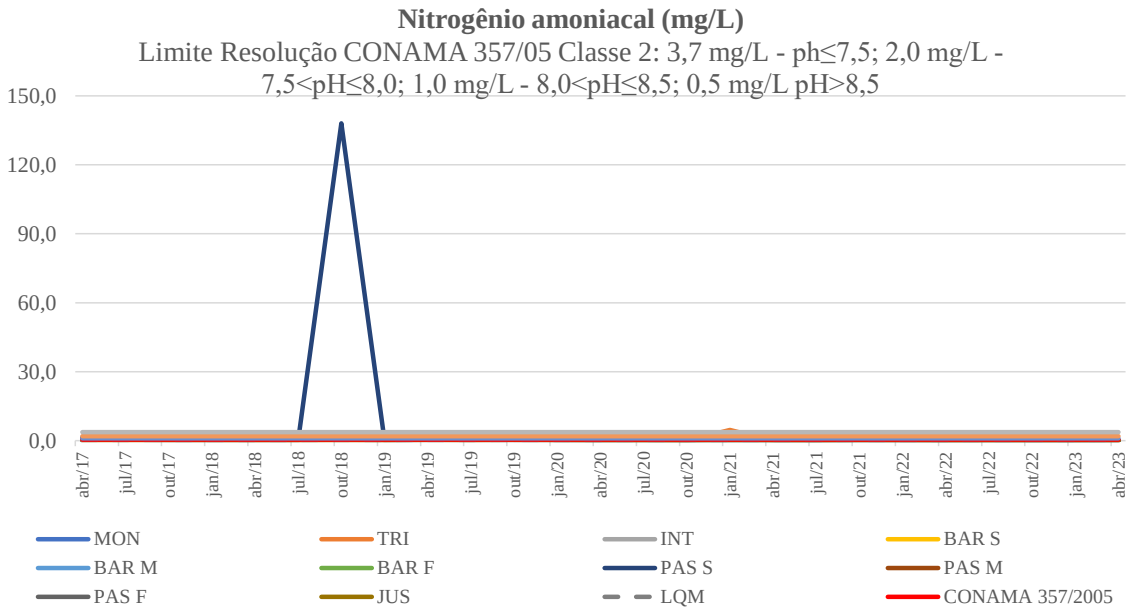

Figura 3.16 – Concentrações de nitrogênio amoniacal (mg/L) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e abril de 2023 (outono/2023), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE 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 concerne a amostragem realizada em abril de 2023, os valores de nitrogênio orgânico oscilaram entre 0,22 mg/L (BAR M) e 2,63 mg/L (PAS F) (Figura 3.17; Quadro 3.4). Para esse parâmetro a resolução CONAMA nº 357/2005, não estabelece limites.

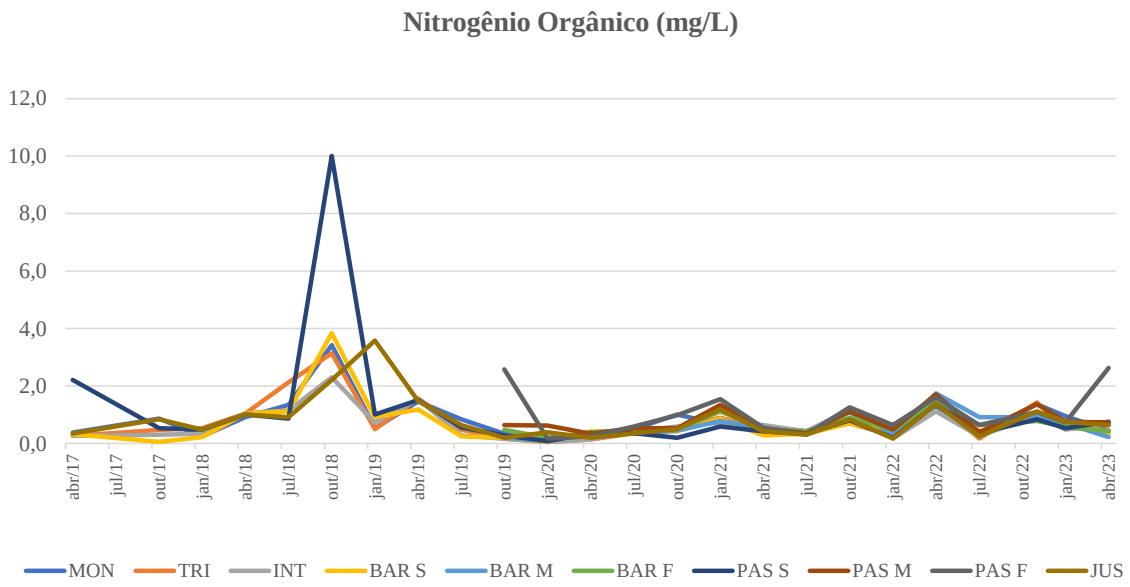

Figura 3.17 – Concentrações de nitrogênio orgânico (mg/L) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e abril de 2023 (outono/2023), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE 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 acima do limite estabelecido pela resolução CONAMA 357/2005 apenas 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 registrados concentrações de nitrato acima do permitido pela resolução.

Na presente análise as concentrações de nitrato variaram de 2,77 mg/L (PAS M) a 10,61 mg/L (MON) (Figura 3.18; Quadro3.4), deste modo, como citado anteriormente, o local MON apresentou concentrações acima do limite estabelecido pela resolução CONAMA nº 357/2005, para águas de classe 2 (≤ 10,0 mg/L).

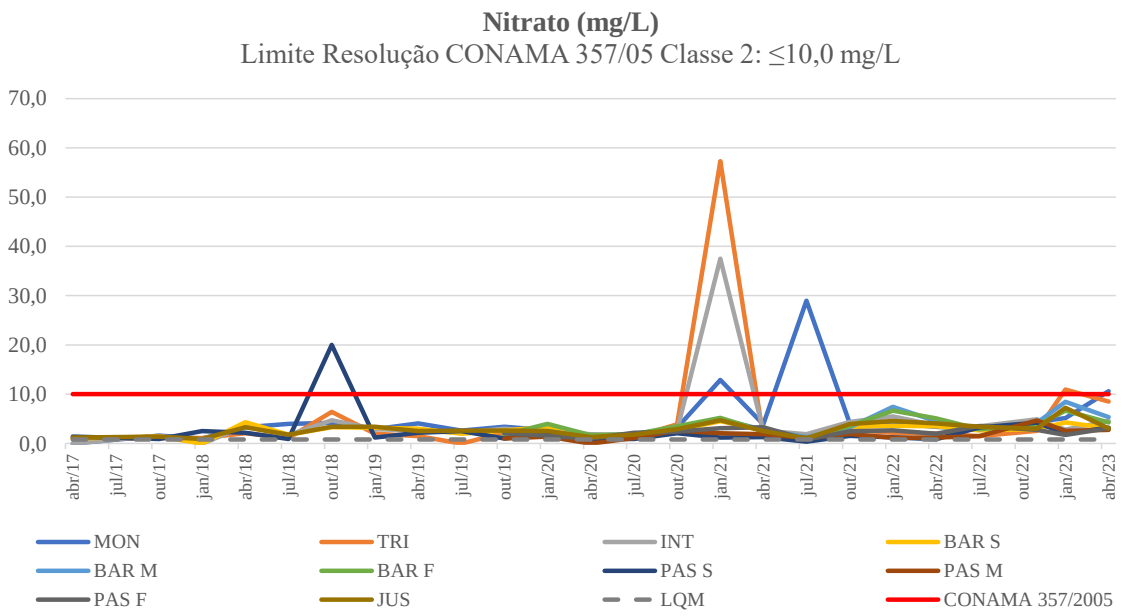

Figura 3.18 – Concentrações de nitrato (mg/L) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e abril de 2023 (outono/2023), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante. (—) 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 igual 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) a 0,92 mg/L no local INT em janeiro de 2019 (Figura 3.19).

Já no presente estudo, abril de 2023, a menor concentração de nitrito foi registrada no local TRI (0,019 mg/L), enquanto a maior concentração ocorreu no local MON (0,106 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.

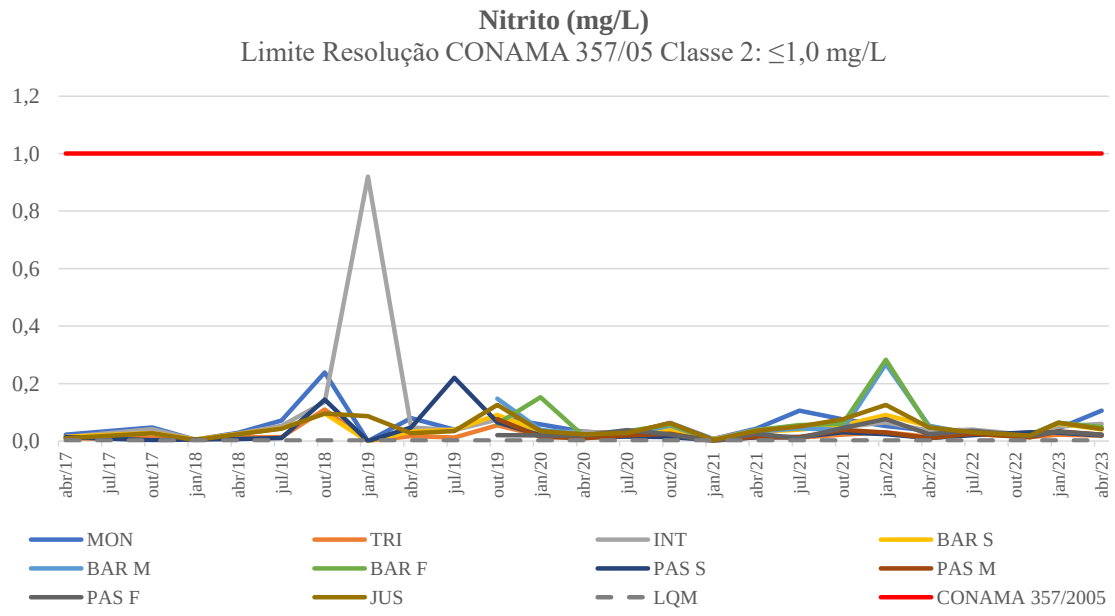

Figura 3.19 – Concentrações de nitrito (mg/L) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e abril de 2023 (outono/2023), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante. (__) 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 no Outono de 2023, os valores da DBO oscilaram entre 1,46 mg/L (BAR M) e 4,01 mg/L (PAS F) (Figura 3.20; Quadro 3.4). Assim, todos os locais apresentaram concentrações abaixo do limite máximo estabelecido pela resolução CONAMA 357/2005 (≤5,00 mg/L).

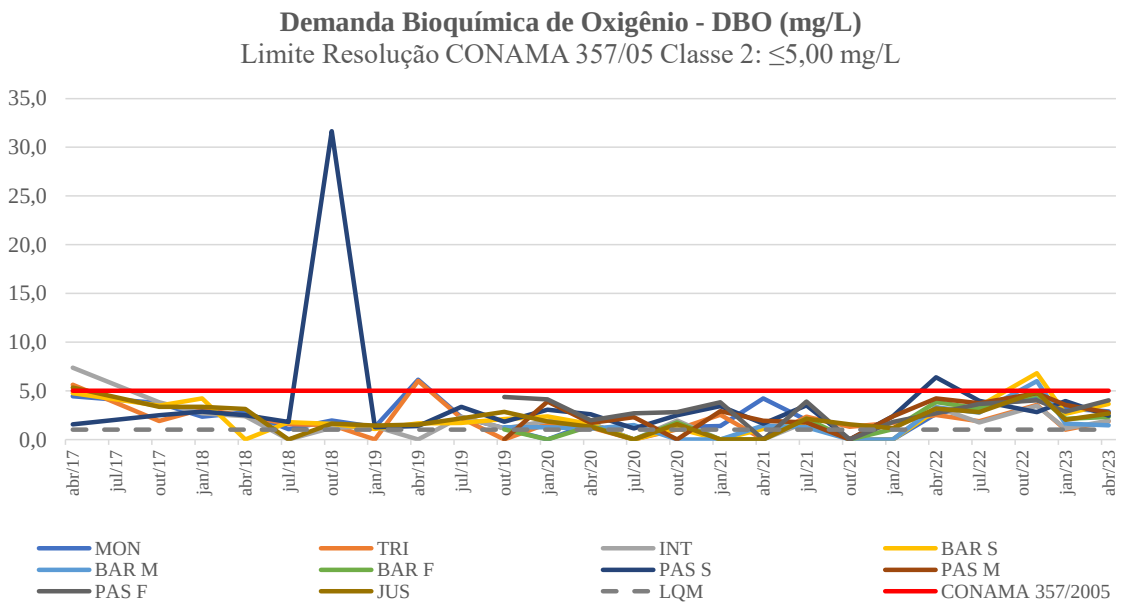

Figura 3.20 – Concentrações de DBO (mg/L) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e abril de 2023 (outono/2023), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante. (—) 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 abril/2023 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.

Já durante o outono de 2023, a DQO, em todos os locais de amostragem, as concentrações foram abaixo do LQM (< 3,00 mg/L), com exceção dos locais MON (4,00 mg/L) e BAR M (5,00 mg/L) (Figura 3.21; Quadro 3.4).

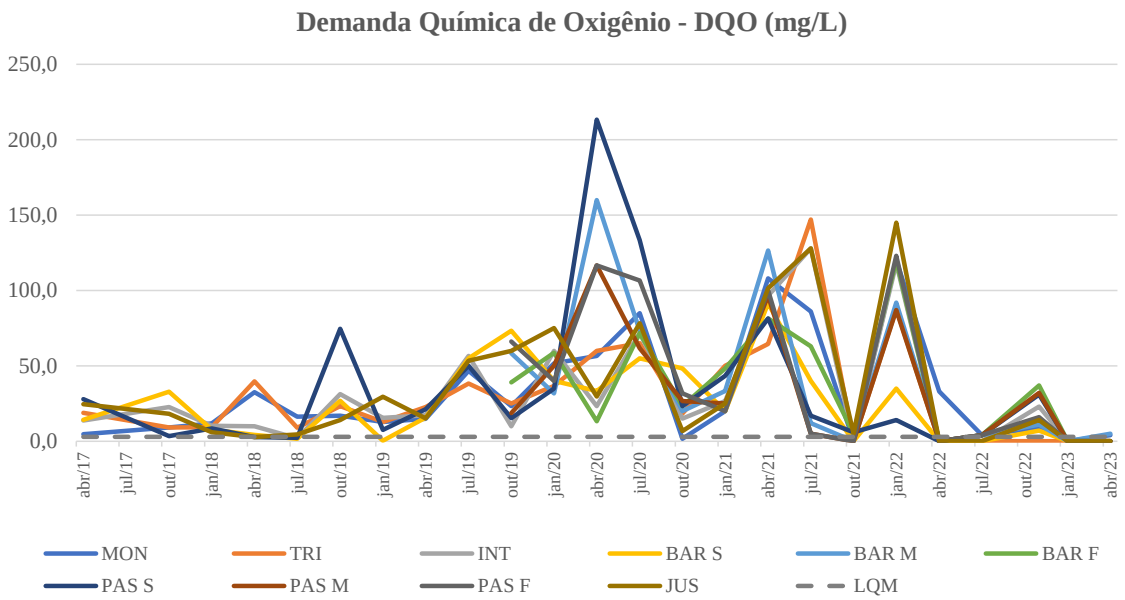

Figura 3.21 – Concentrações de DQO (mg/L) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e abril de 2023 (outono/2023), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante. (- - -) 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 µg/L) e 54,24 µg/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 (≤ 30,0 µg/L).

Já no mês de abril de 2023, as concentrações de clorofila-*a* ficaram abaixo do LQM nos locais TRI, BAR M, BAR F, PAS M e PAS F, enquanto a maior concentração foi registrada no local PAS S (23,60 µg/L) (Figura 3.22; Quadro 3.4).

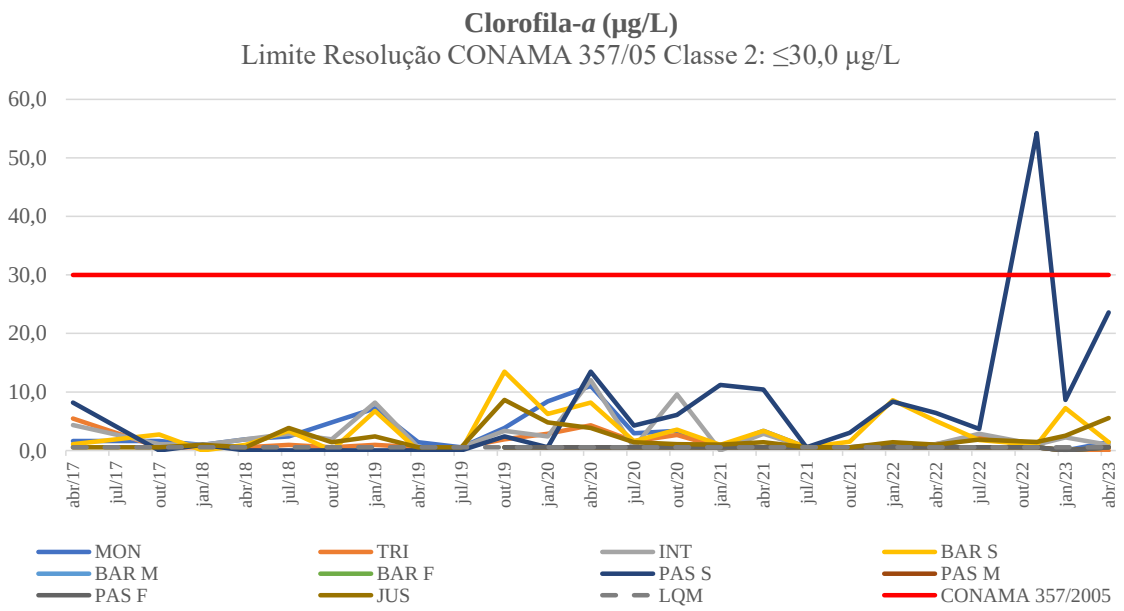

Figura 3.22 – Concentrações de clorofila-*a* (µg/L) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e abril de 2023 (outono/2023), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi 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).

Já no presente estudo, abril de 2023, as concentrações de cloretos oscilaram entre 1,30 mg/L no local TRI à 4,60 mg/L no local MON (Figura 3.23; Quadro 3.4), dessa forma todos os locais ficaram abaixo do limite máximo preconizado pela resolução CONAMA 357/2005.

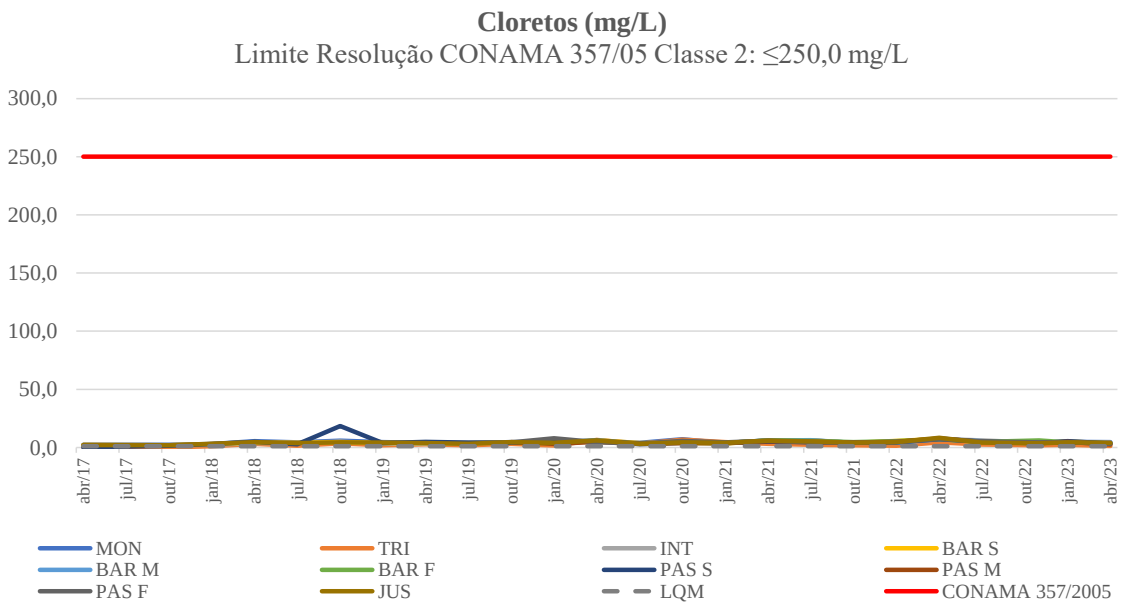

Figura 3.23 – Concentrações de cloretos (mg/L) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e abril de 2023 (outono/2023), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante. (__) 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/2019. Considerando o limite estabelecido pela resolução CONAMA nº 357/2005, para águas de classe 2 (≤ 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 abril de 2023, as concentrações aos sólidos totais dissolvidos oscilaram entre 33,50 mg/L (JUS) e 61,00 mg/L (TRI) (Figura

3.24; Quadro3.4). 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).

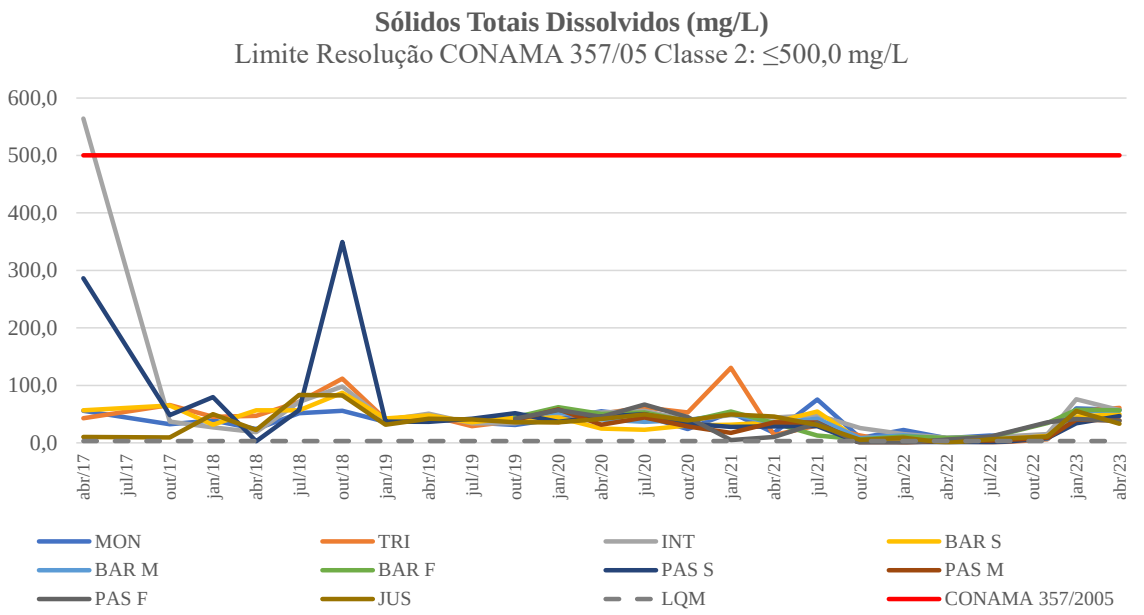

Figura 3.24 – Concentrações de sólidos totais dissolvidos (mg/L) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e abril de 2023 (outono/2023), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação 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, durante o mês de abril de 2023, a menor concentração verificada ficou abaixo do limite de quantificação do método (LQM < 3,40 mg/L) no local PAS S e a maior concentração no local MON (49,80 mg/L) (Figura 3.25; Quadro 3.4).

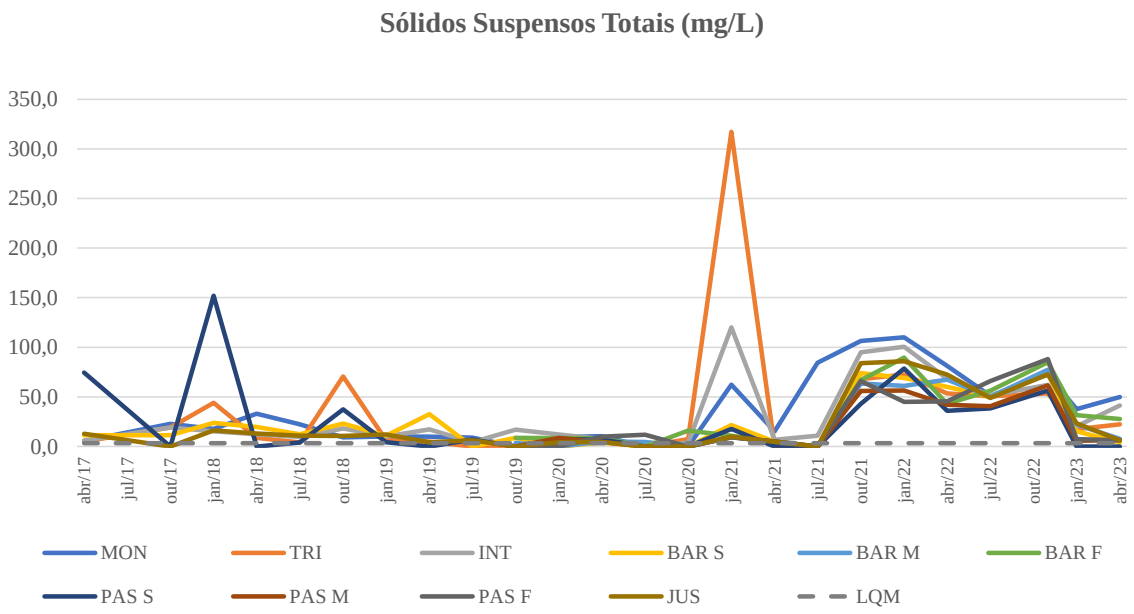

Figura 3.25 – Concentrações de Sólidos suspensos (mg/L) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e abril de 2023 (outono/2023), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi 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 do 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 janeiro de 2023 (Figura 3.26; Quadro 3.4) a menor concentração ocorreu no local JUS (33,50 mg/L), enquanto a maior ocorreu no local TRI (61,00 mg/L). Para este parâmetro a resolução CONAMA 357/2005 não estabelece limites.

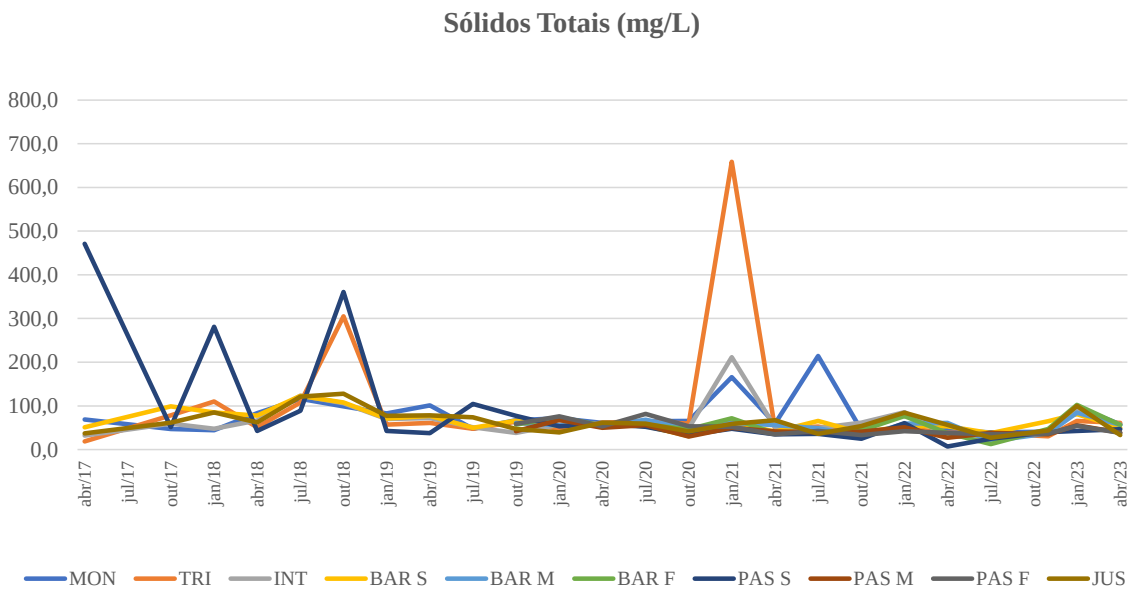

Figura 3.26 – Concentrações de sólidos totais (mg/L) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e abril de 2023 (outono/2023), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi 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 2,08 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 abril de 2023, as concentrações de cálcio oscilaram entre 2,72 mg/L no local TRI e 3,72 mg/L nos locais BAR S e PAS S(Figura 3.27; Quadro 3.4).

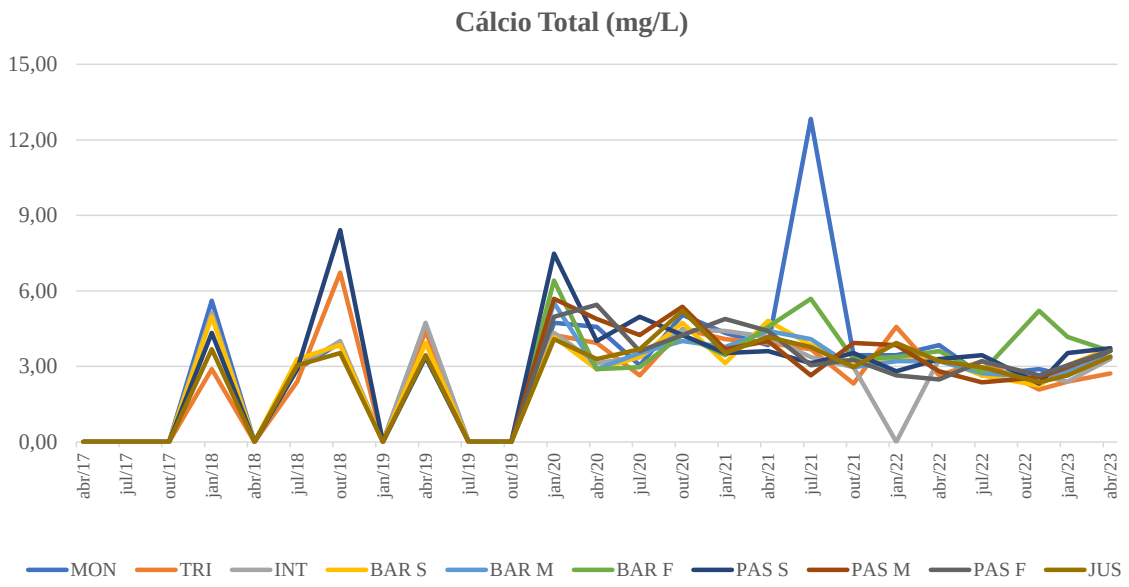

Figura 3.27 – Concentrações de cálcio total (mg/L) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e abril de 2023 (outono/2023), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi 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 abril de 2023, os valores de dureza oscilaram entre 8,80 mg/L no local TRI em janeiro de 2019 e 88,0 mg/L no local TRI em outubro de 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 no período do outono de 2023, a dureza total oscilou entre 14,8 mg/L no local PAS M e 19,6 mg/L no local MON (Figura 3.28; Quadro 3.4). Para o parâmetro em questão, a resolução CONAMA nº 357/2005 não prevê concentrações limites

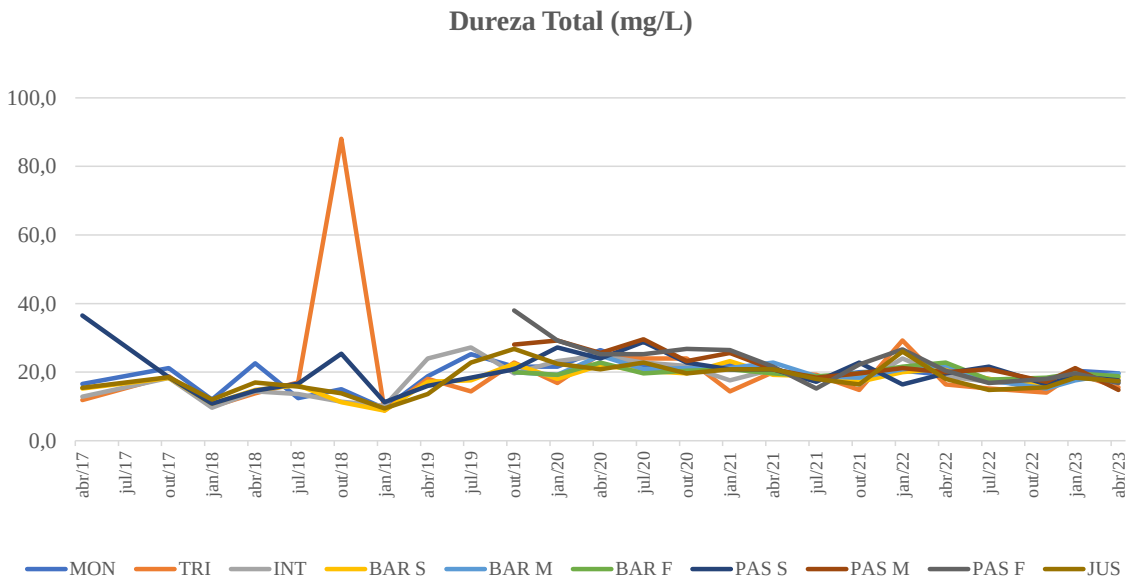

Figura 3.28 – Concentrações de dureza total (mg/L) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e abril de 2023 (outono/2023), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante.

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

Para o magnésio, as concentrações, durante a amostragem do outono de 2023, oscilaram entre 1,46 e 2,77 mg/L, sendo a menor concentração registrada no local PAS M e a maior no local BAR M (Figura 3.28; Quadro 3.4). Para o parâmetro em questão, a resolução CONAMA nº 357/2005 não prevê concentrações limites.

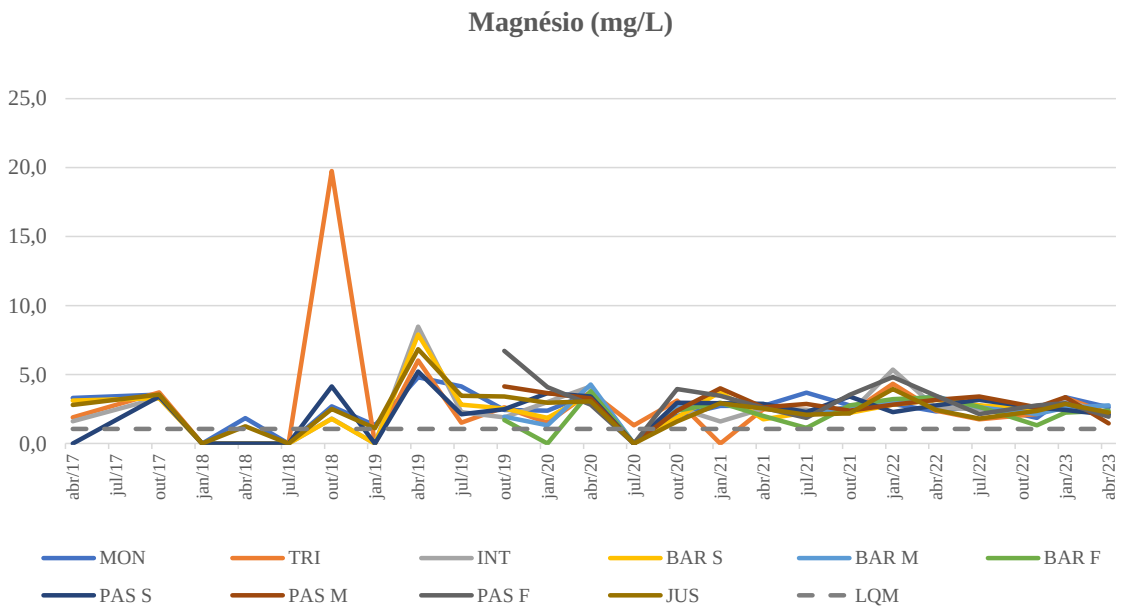

Figura 3.29 – Concentrações de magnésio (mg/L) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e abril de 2023 (outono/2023), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante. (- - -) 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 durante o outono de 2023, as concentrações variaram de 6,35 mg/L no local PAS M a 10,42 mg/L no local JUS (Figura 3.30; Quadro 3.4). Para essa variável não existem concentrações de referência na Resolução CONAMA nº 357/2005.

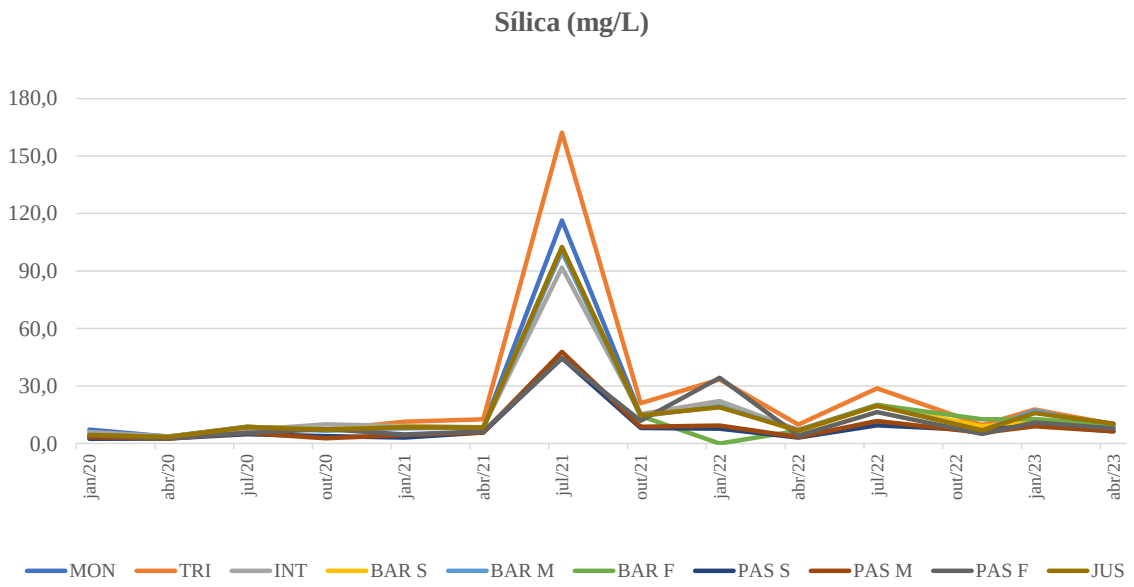

Figura 3.30 – Concentrações de sílica (mg/L) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e abril de 2023 (outono/2023), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante.

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. Já as análises realizadas no outono de 2023 mostraram uma menor concentração de sulfatos no local PAS F (2,551

mg/L) e maior no local 3,400 (INT mg/L) (Figura 3.31; Quadro 3.4). Assim, todos os locais apresentaram concentrações menores que a máxima (250,0 mg/L) permitida pela resolução CONAMA nº 357/2005.

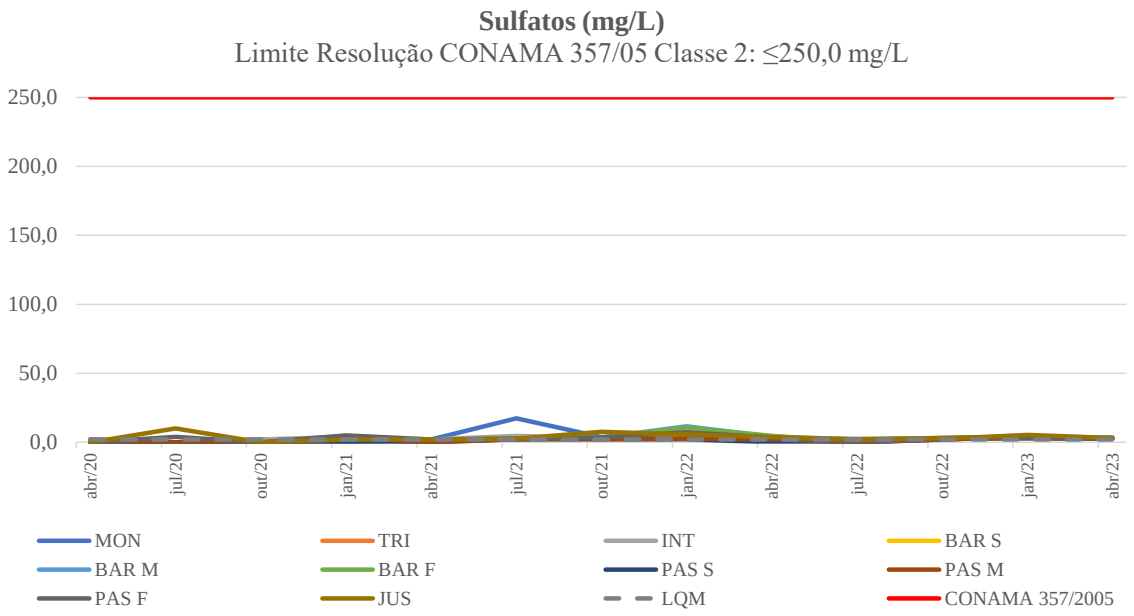

Figura 3.31 – Concentrações de sulfatos (mg/L) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e abril de 2023 (outono/2023), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante. (—) 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 as maiores concentrações foram registradas nos locais PAS S (37,8 mg/L; abril/2021), PAS F (25,9 mg/L; abril/2022) e TRI (25,8 mg/L; janeiro/2021).

Durante a amostragem do mês de abril de 2023 as concentrações oscilaram entre valores abaixo do LQM (< 5,00 mg/L) nos locais MON, TRI, INT, BAR M, BAR F, PAS F e JUS, enquanto a maior concentração foi registrada no local PAS S (9,8 mg/L) (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 os locais BAR S, PAS S e PAS M encontraram-se em desacordo com a resolução.

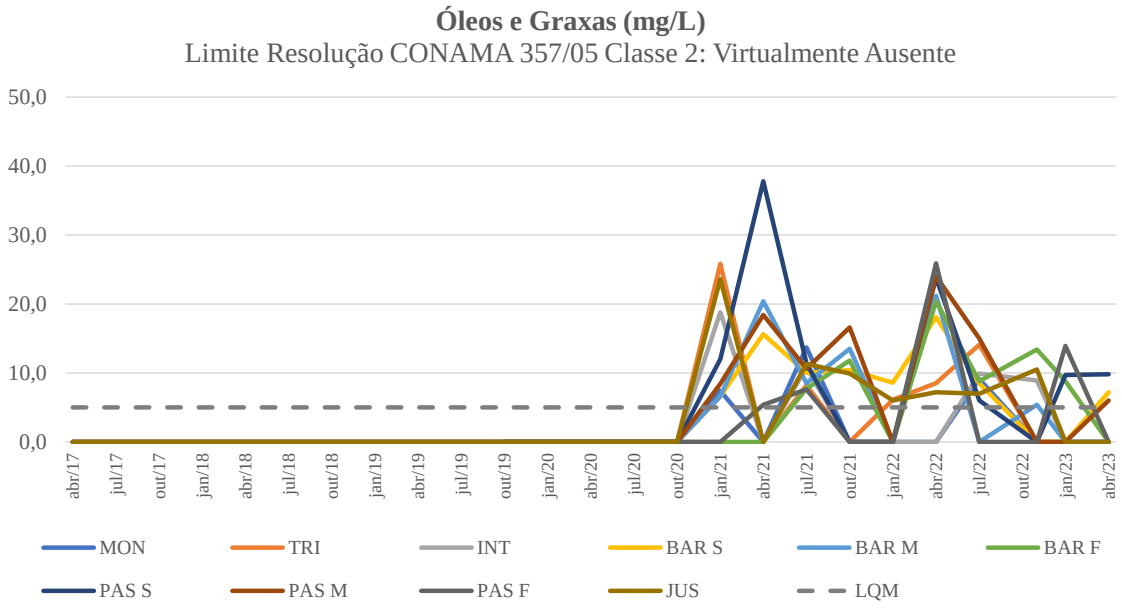

Figura 3.32 – Concentrações de óleos e graxas (mg/L) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e abril de 2023 (outono/2023), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi 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 abril de 2023, as concentrações de ferro total, oscilaram entre 0,56 mg/L no local INT e 7,15 mg/L no local MON (Figura 3.33; Quadro 3.4).

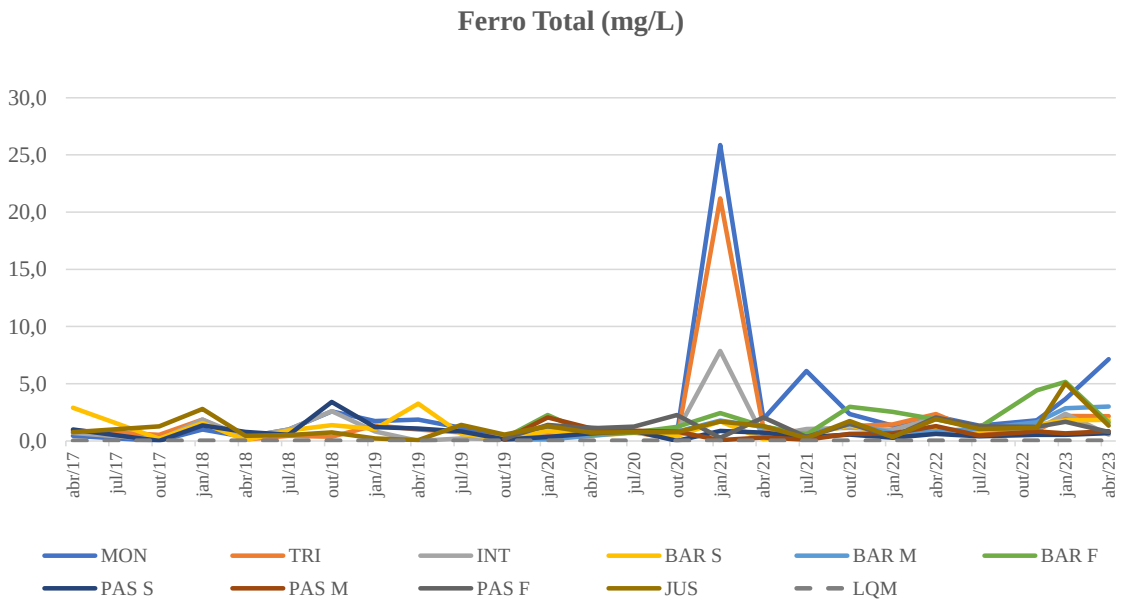

Figura 3.33 – Concentrações de ferro total (mg/L) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e abril de 2023 (outono/2023), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante. (- - -) 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 mg/L) a 4,962 mg/L no local MON no mês de janeiro de 2022 (Figura 3.34).

Já durante a amostragem realizada no mês de abril de 2023 as menores concentrações foram registradas nos locais TRI, BAR S, BAR M, PAS S, PAS M e PAS F (< 0,05 mg/L em cada local) enquanto a maior no local JUS (0,116 mg/L) (Figura 3.34; Quadro 3.4). Para este parâmetro, a resolução CONAMA nº 357/2005 não prevê concentrações limites.

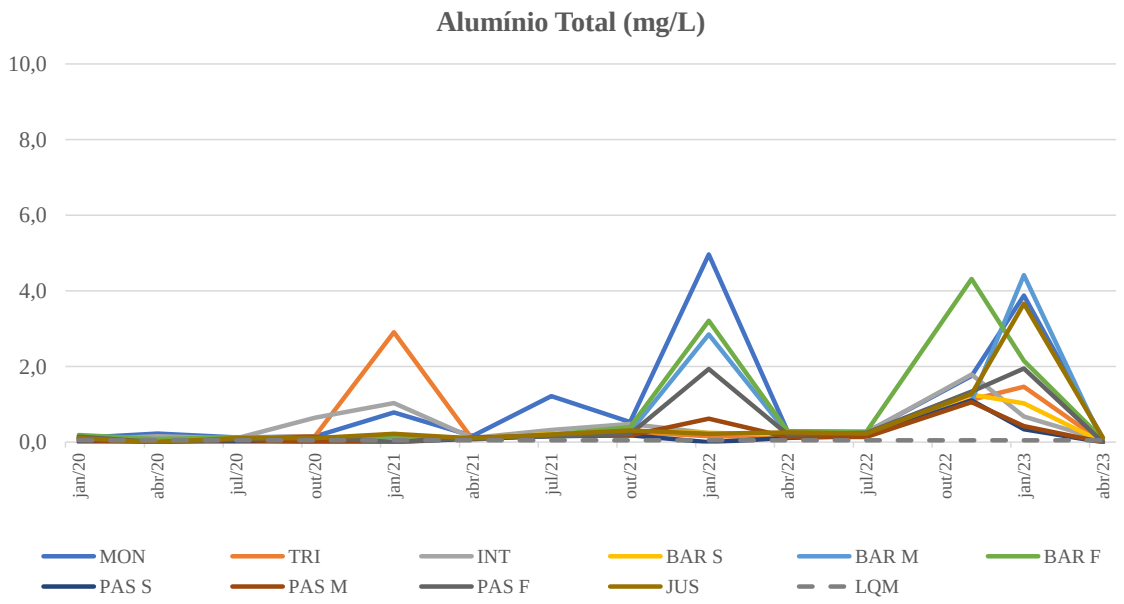

Figura 3.34 – Concentrações de alumínio total (mg/L) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e abril de 2023 (outono/2023), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi 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 abril de 2023, foram registradas concentrações de cádmio total apenas nos meses de julho de 2022 e janeiro de 2023 (Figura 3.35), contudo, em todos os casos, as concentrações registradas ficaram abaixo do limite estabelecido pela resolução CONAMA 357/2005 (≤ 0,001

mg/L), nos demais meses amostrados as concentrações de cádmio total ficaram abaixo do limite de quantificação do método (LQM < 0,0005 mg/L).

Durante o mês de janeiro de 2023, em todos os locais as concentrações ficaram abaixo do LQM (< 0,0005 mg/L) (Figura 3.35; Quadro 3.4), ou seja, as concentrações de cádmio, em todos os locais, ficaram abaixo do limite estabelecido pela resolução CONAMA 357/2005, para águas de classe 2 (≤ 0,001 mg/L).

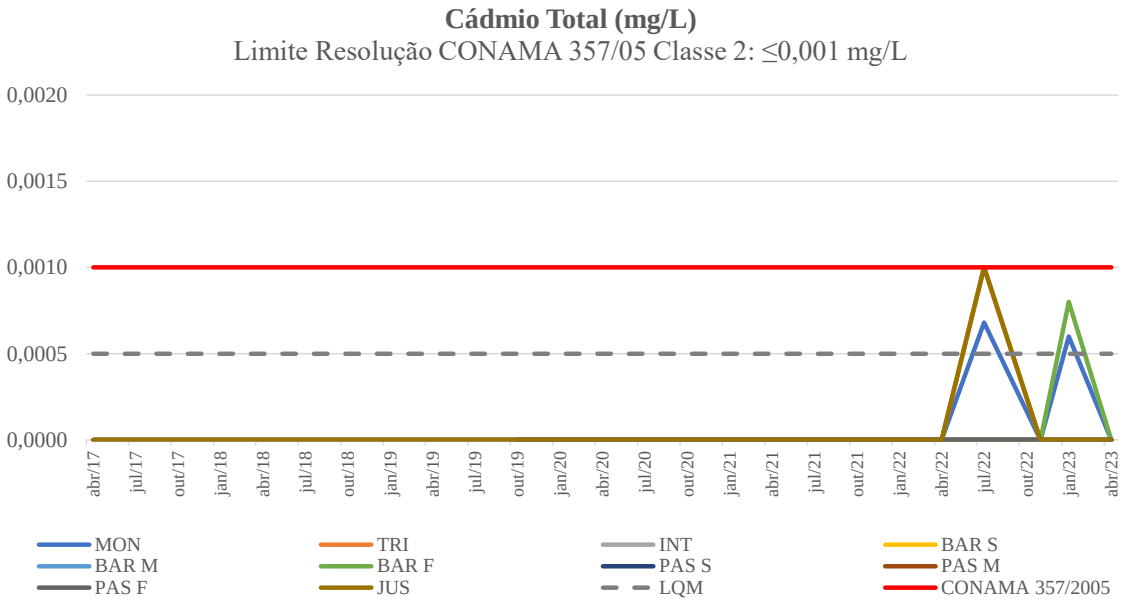

Figura 3.35 – Concentrações de cádmio total (mg/L) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e abril de 2023 (outono/2023), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi 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/2023 e abril/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 nos locais BAR S; abril/2022, JUS; outubro/2022, MON, PAS M e PAS F; janeiro/2023 (Figura 3.36) e BAR S, BAR M, BAR F e PAS S; abril/2023, sendo assim, estes locais encontraram-se levemente 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.

Como citado anteriormente, no mês de abril de 2023 as concentrações de chumbo total excederam o limite preconizado pela resolução CONAMA 357/2005 nos locais BAR S, BAR M, BAR F e PAS S, nos demais locais as concentrações ficaram abaixo do preconizado pela resolução (Figura 3.36; Quadro 3.4).

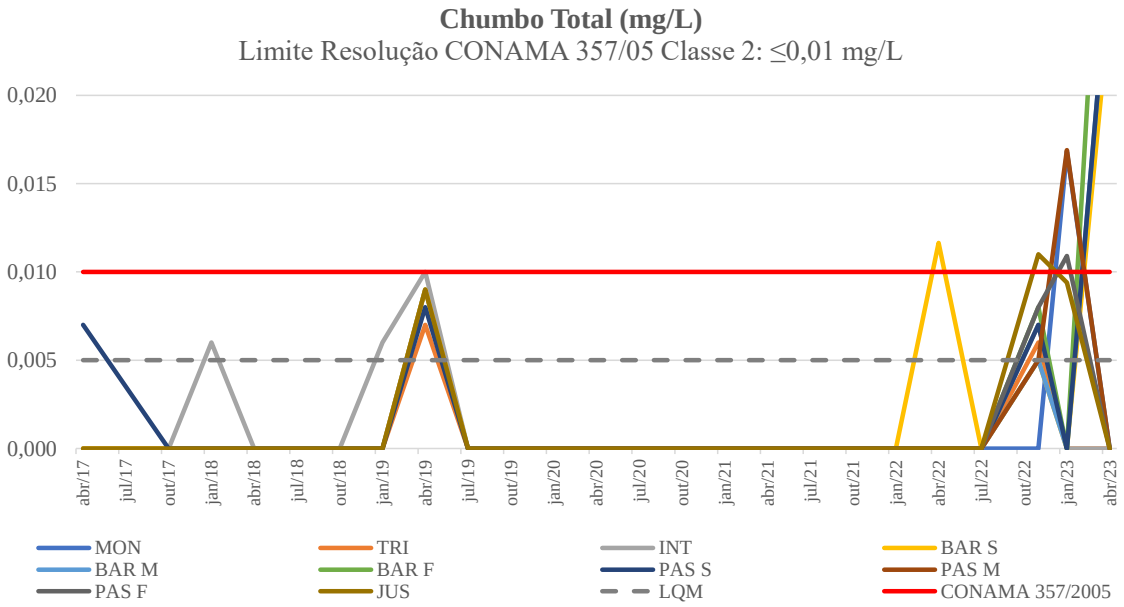

Figura 3.36 – Concentrações de chumbo total (mg/L) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e abril de 2023 (outono/2023), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi 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 toda a fase 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 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 abril de 2023, não houve detecção de cobre total, considerando que todos os locais apresentaram concentrações abaixo do limite de quantificação do método (0,015 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.

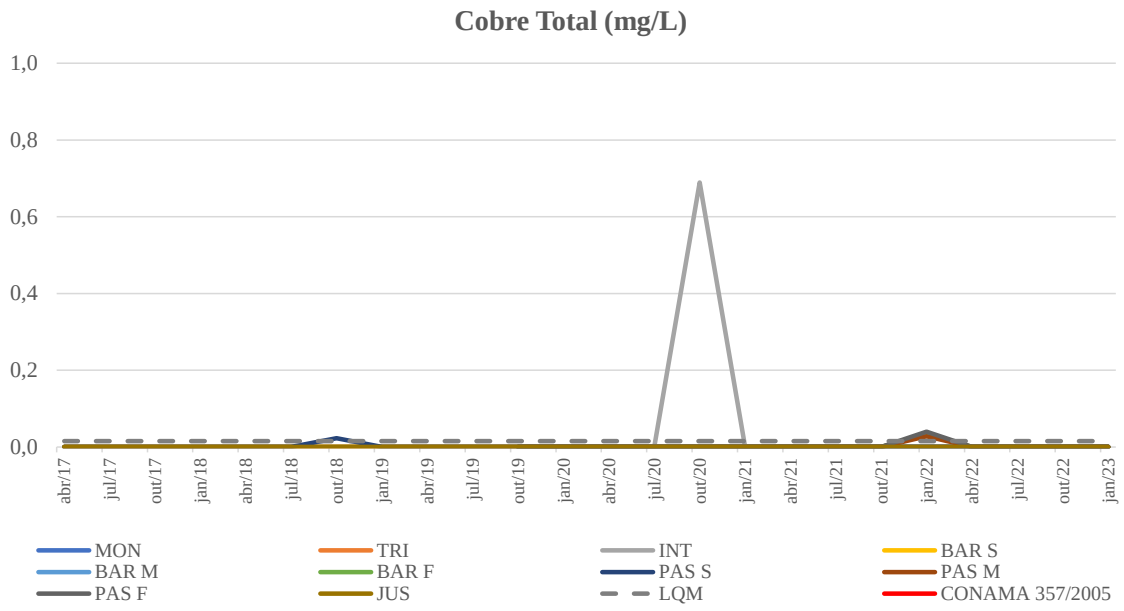

Figura 3.37 – Concentrações de cobre total (mg/L) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e abril de 2023 (outono/2023), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante. (__) Limite da CONAMA nº 357/2005 – Classe 2 para Rios; (- - -) Limite de Quantificação do Método (LQM).

O 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 mg/L), sendo detectado concentrações acima deste, nos meses de outubro/2020 (INT) e janeiro/2022 (PASF e JUS), 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 (≤ 0,05 mg/L) (Figura 3.38). No mês de abril de 2023 todos os locais apresentaram concentrações abaixo do LQM (<0,005 mg/L) (Figura 3.38; Quadro 3.4).

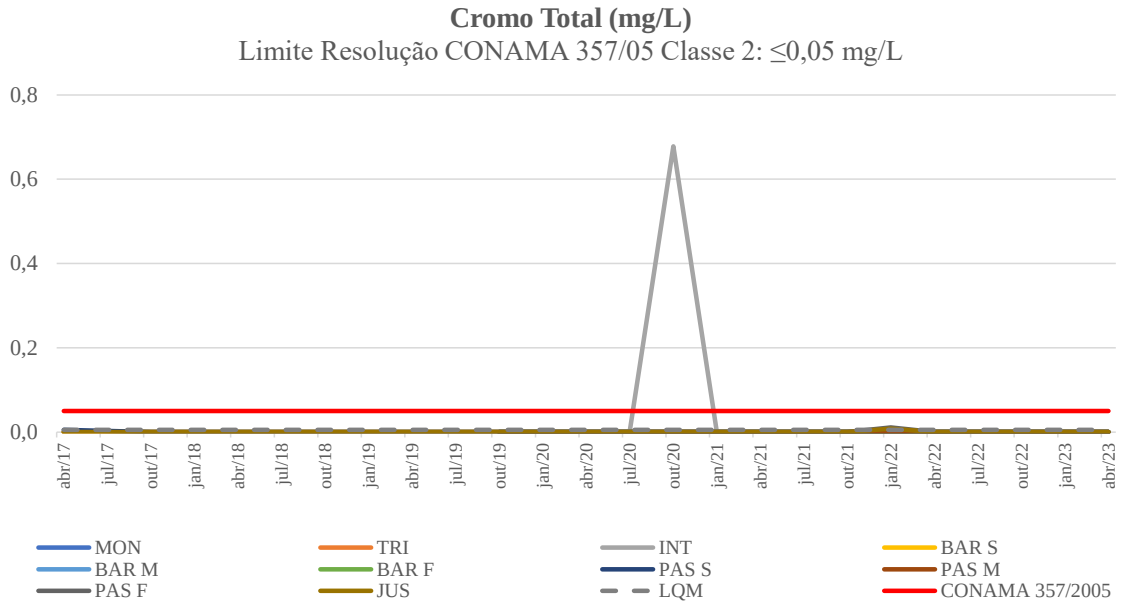

Figura 3.38 – Concentrações de cromo total (mg/L) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e abril de 2023 (outono/2023), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante. (__) 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 µg/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

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 (≤ 0,0002 mg/L). O mesmo foi observado durante a amostragem realizada no mês de abril de 2023 em todos os locais de amostragem (Figura 3.39; Quadro 3.4).

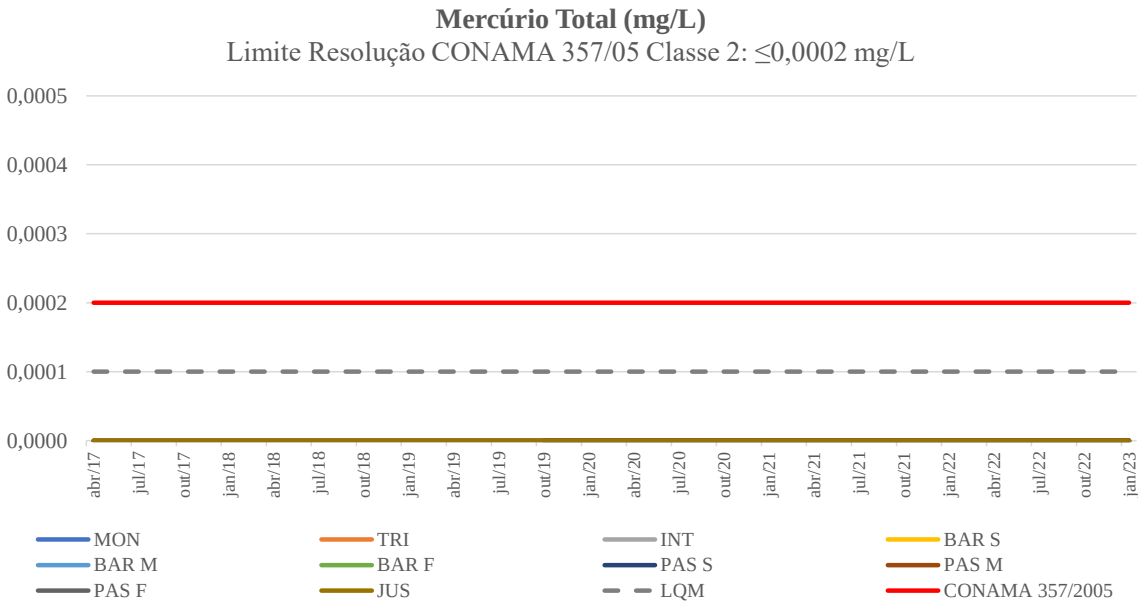

Figura 3.39 – Concentrações de mercúrio total (mg/L) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e abril de 2023 (outono/2023), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi 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 (≤ 0,025 mg/L) (Figura 3.40).

Durante o mês de abril de 2023, as concentrações de níquel ficaram abaixo do limite de quantificação do método (<0,007 mg/L) em todos os locais de amostragem (Figura 3.40; Quadro3.4), dessa forma, todos os locais ficaram abaixo do limite estabelecido pela resolução CONAMA nº 357/2005, para águas de classe 2 (≤ 0,025 mg/L).

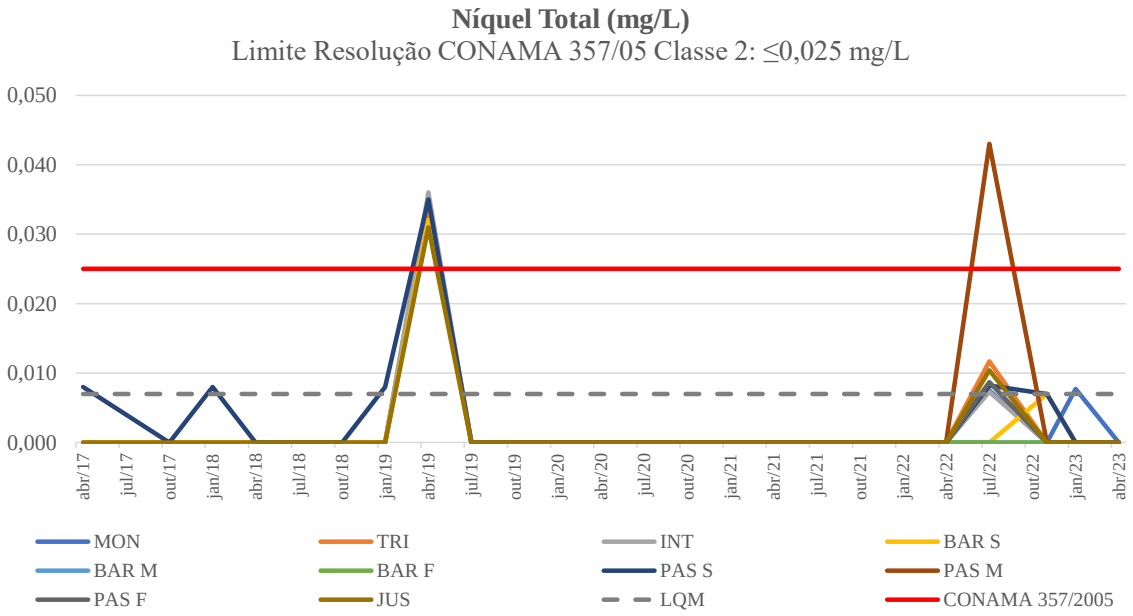

Figura 3.40 – Concentrações de níquel total (mg/L) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e abril de 2023 (outono/2023), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi 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 no local 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, abril de 2023, 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.

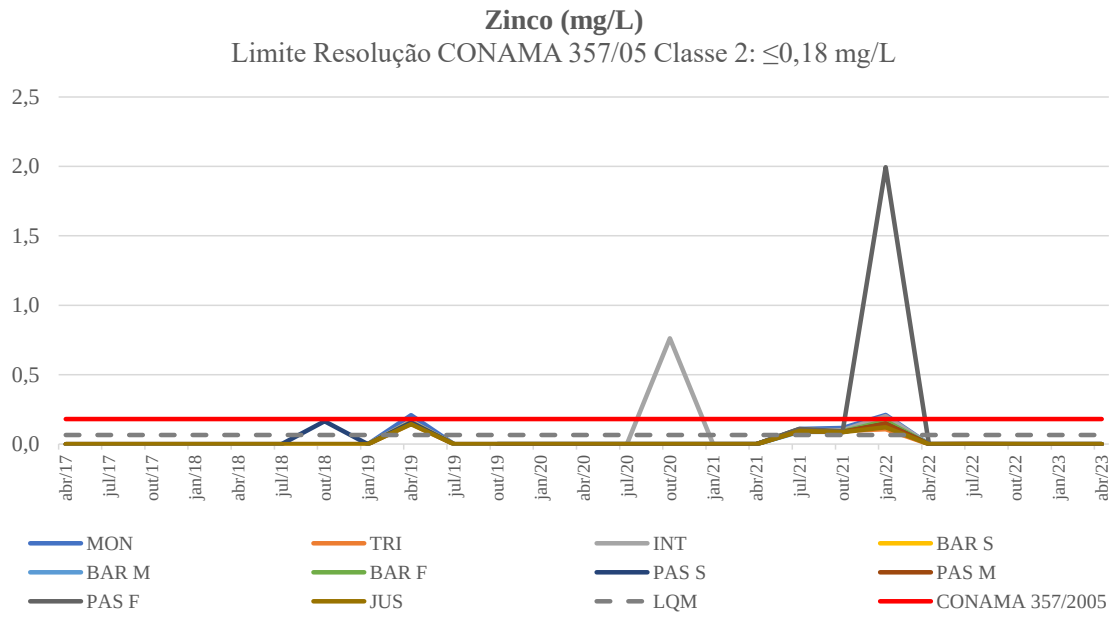

Figura 3.41 – Concentrações de zinco (mg/L) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e abril de 2023 (outono/2023), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante. (—) 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 2017 e abril de 2023, 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 ≤0,003 mg/L (Figura 3.42). Ressalta-se que as análises de fenóis foram realizadas apenas durante a fase de operação da UHE Tibagi Montante. Durante a amostragem do mês abril de 2023, as concentrações de fenóis oscilaram entre valores abaixo do LQM (< 0,002mg/L) a 0,017 mg/L no local PAS S (Figura 3.42; Quadro 3.4). Considerando o limite estabelecido pela resolução CONAMA 357/2005 (≤ 0,003 mg/L) os locais MON, TRI, BAR S, PAS S, PAS F e JUS apresentaram concentrações dentro do limite preconizado.

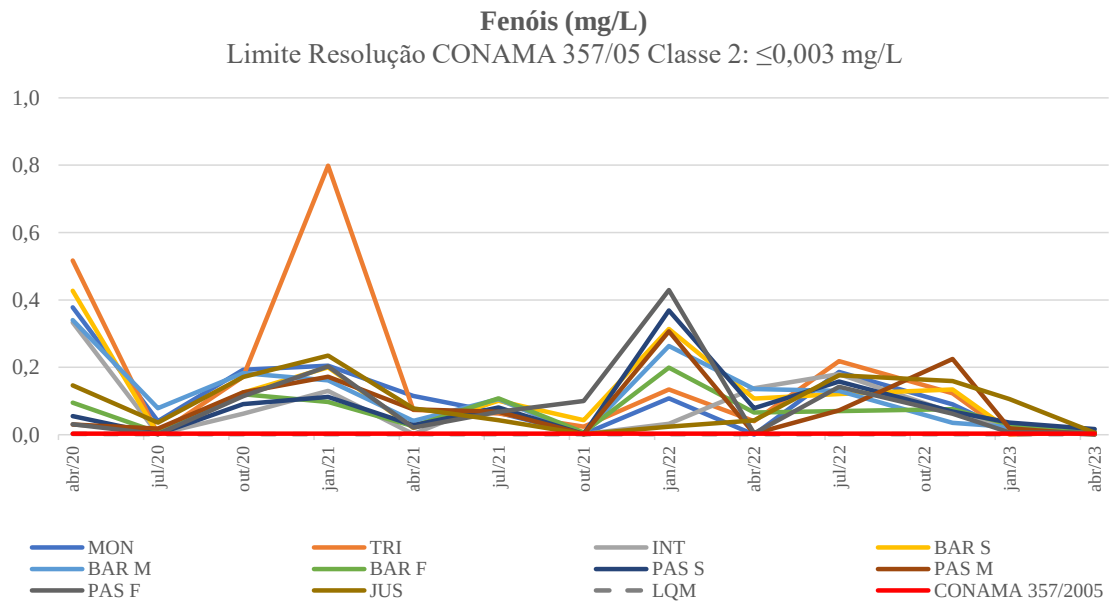

Figura 3.42 – Concentrações de fenóis (mg/L) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e abril de 2023 (outono/2023), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante. (__) 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 e MON e INT no mês de abril/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 abril de 2023, as concentrações de *Escherichia coli* nos locais MON (5.794 NMP/100mL) e INT (2.359 NMP/100mL), como citado anteriormente, ficaram acima do recomendado pela resolução CONAMA nº 357/2005, que define concentrações menores que 1.000 NMP/100mL para águas de classe 2 (Figura 3.43; Quadro 3.4).

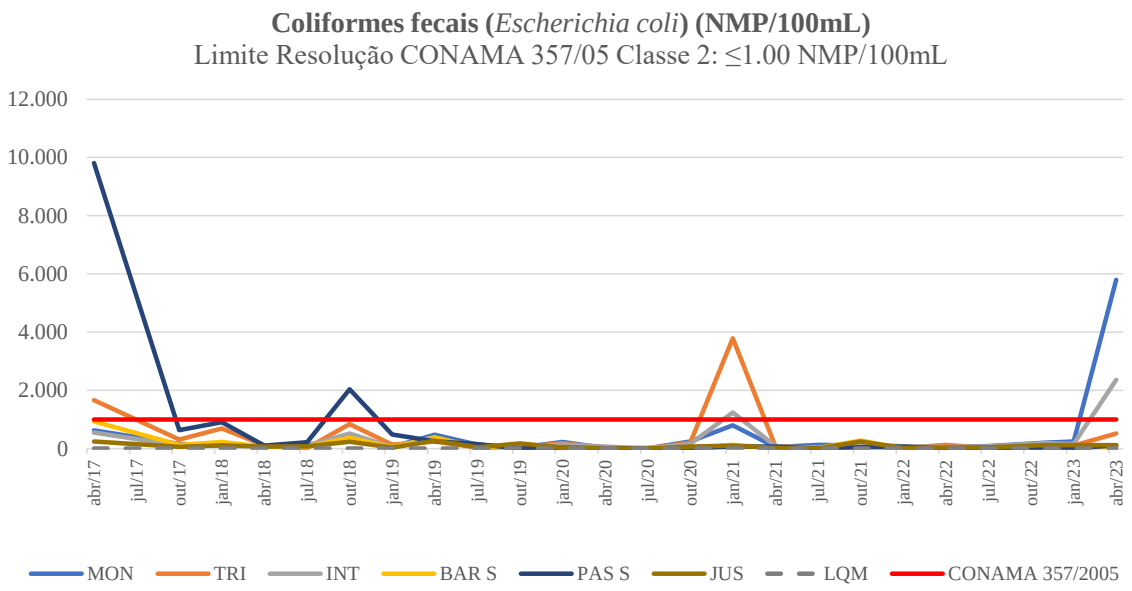

Figura 3.43 – Concentrações de coliformes fecais – *Escherichia coli* - (NMP/100mL) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e abril de 2023 (outono/2023), compreendendo as fases pré-obra, instalação 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 locais/meses MON; janeiro/2020, PAS S; abril/2017; outubro/18; janeiro e outubro/2019 e JUS; janeiro/2018, e ainda, MON e INT; abril de 2023 (24.196 NMP/100mL em cada local/mês). A resolução CONAMA 357/2005, não prevê concentrações limite para esse parâmetro.

Durante o mês de abril de 2023, as concentrações de coliformes totais oscilaram entre 748 NMP/100mL no local BAS S e 24.196 NMP/100mL nos locais MON e INT. como citado anteriormente, a resolução CONAMA 357/2005 não prevê concentrações limite para esse parâmetro.

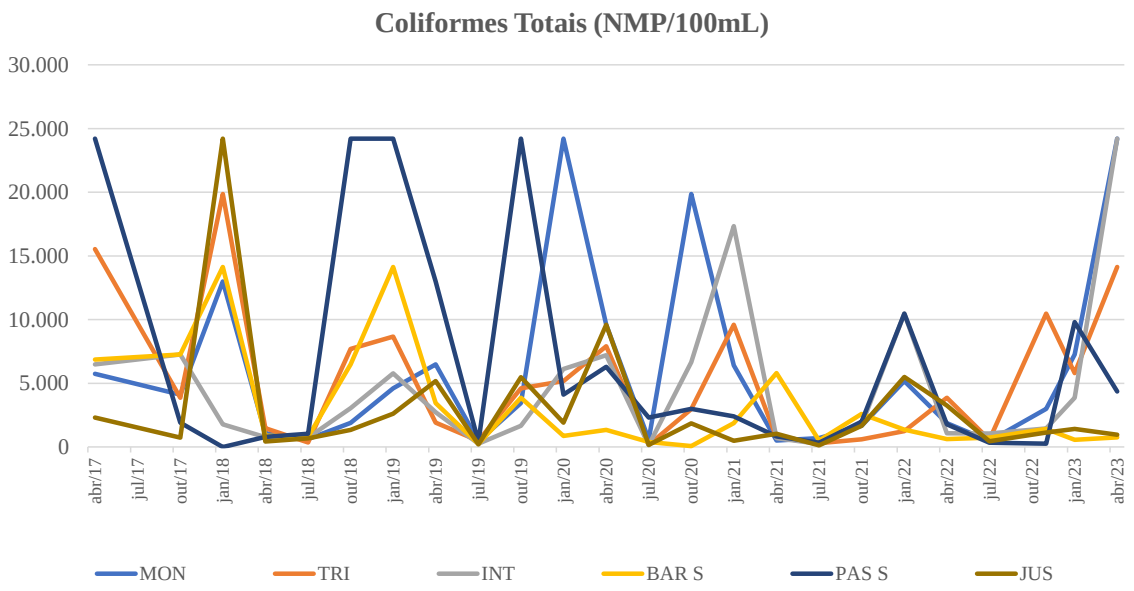

Figura 3.44 – Concentrações de coliformes totais (NMP/100mL) registradas nos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e abril de 2023 (outono/2023), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante.

Com relação ao índice de qualidade da água ao longo dos estudos, a melhor classificação foi registrada durante o mês abril/2020 no local JUS (92) sendo este classificado como de ótima qualidade, já a pior classificação ocorreu 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 71).

Em relação ao IQAR (índice de qualidade de água de reservatório), os locais BAR S e PAS S foram classificados, de acordo com a média de todas as amostragens como de classe III – Moderadamente degradado (IQAR = 3,09), sendo a melhor classificação registrada no mês de junho/2020 no local PAS S (Classe II; 2,00), enquanto a pior classificação foi registrada para este mesmo local no mês de abril/2021 (Classe IV; 4,04) (Figura 3.46).

Já para o índice de estado trófico, a média de todas as amostragens, 53, classificou o ambiente como um todo em Mesotrófico, sendo a pior classificação ocorrida no mês de abril/2017 no local PAS S (Supereutrófico; 66) e a melhor 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).

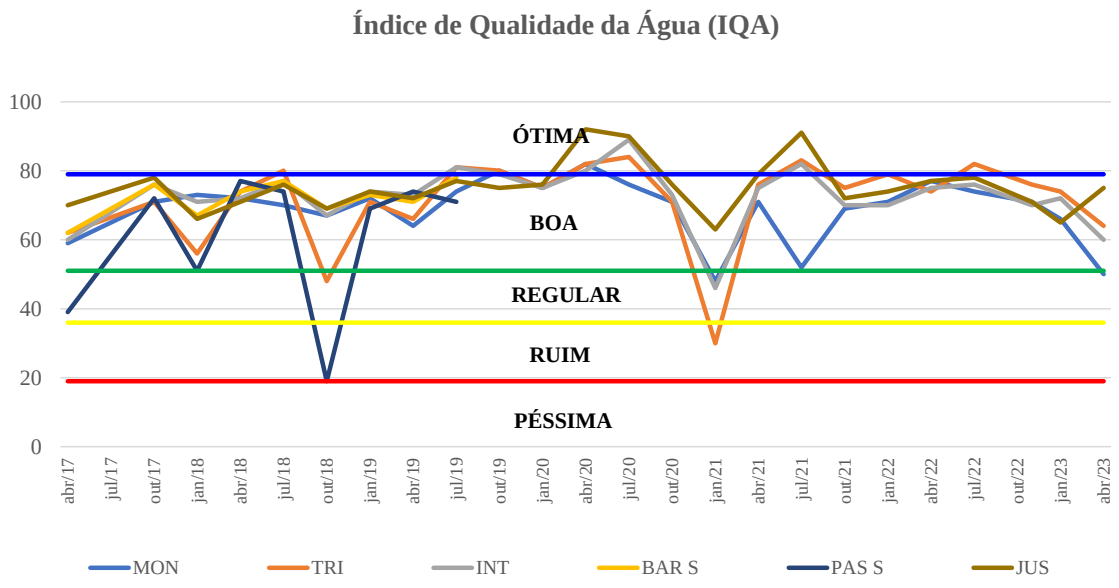

Figura 3.45 – Índice de qualidade da água (IQA) dos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e abril de 2023 (outono/2023), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante.

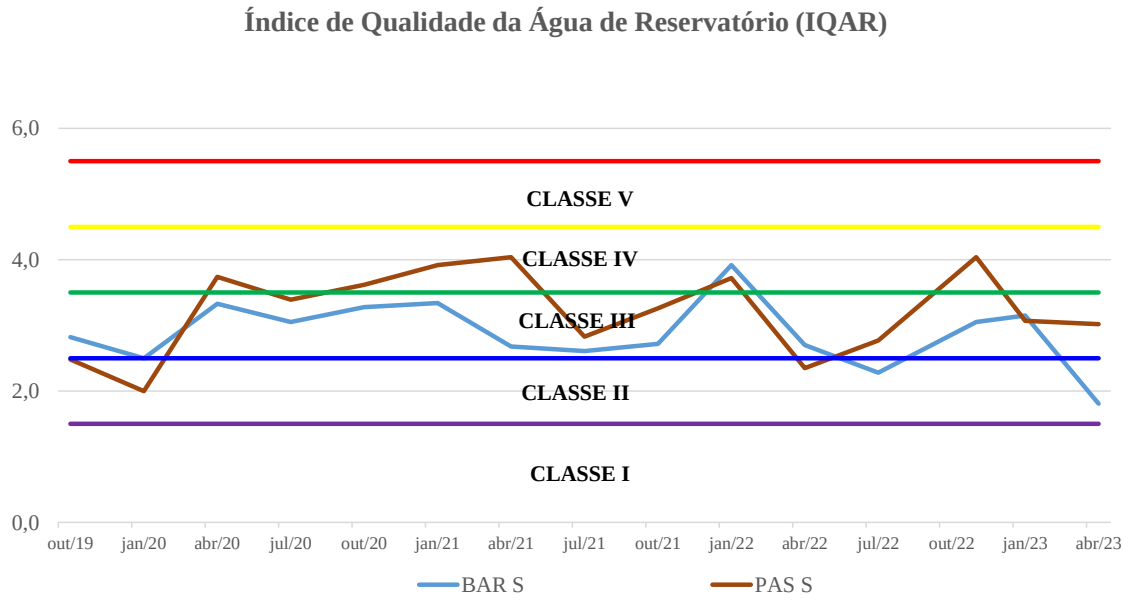

Figura 3.46 – Índice de qualidade da água de reservatórios (IQAR) dos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e abril de 2023 (outono/2023), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante.

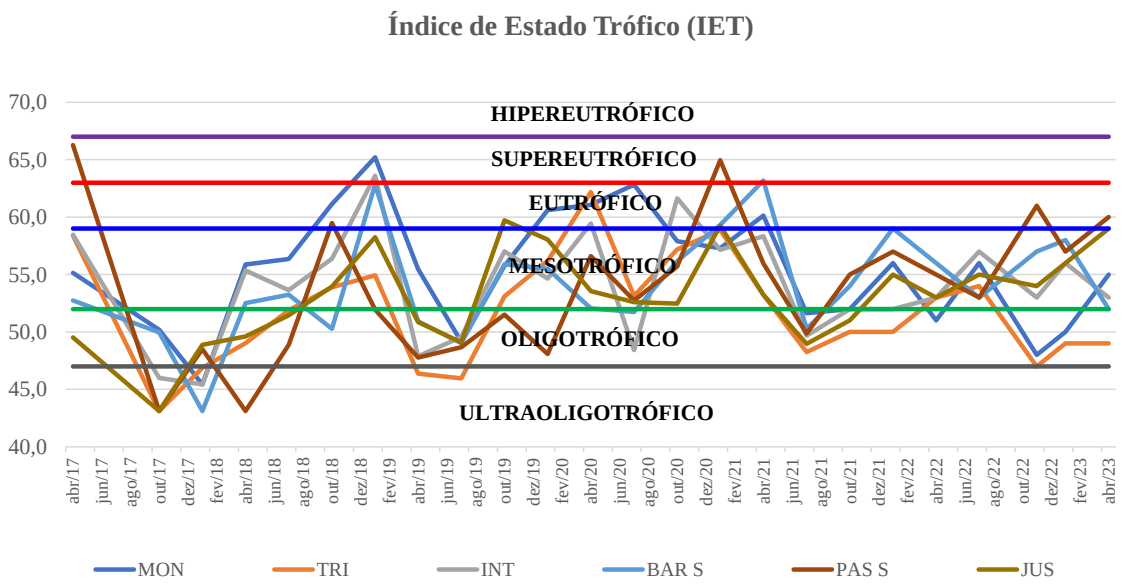

Figura 3.47 – Índice de estado trófico (IET) dos locais de monitoramento da qualidade da água na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, entre abril/2017 (outono/2017) e abril de 2023 (outono/2023), compreendendo as fases pré-obra, instalação e operação da UHE Tibagi Montante.

No Quadro 3.4, são apresentados os resultados das análises de qualidade da água referente as amostragens do outono de 2023 (abril de 2023). Durante o estudo em questão, como citado no decorrer do texto das análises consolidadas, foi verificado que poucos parâmetros se encontraram em desacordo com a resolução CONAMA 357/2005, sendo registrado valores de chumbo total nos locais BAR S, BAR M, BAR F e PAS S (0,025; 0,028, 0,041e 0,028 mg/L, respectivamente – CONAMA 357/2005 ≤0,01 mg/L). Para o parâmetro de cor aparente todos os locais apresentaram concentração acima do limite máximo preconizado (≤ 75,00 UC). Para o parâmetro *E. coli*, os locais MON e INT (5.794 NMP/100mL e 2.359 NMP/100mL, respectivamente) apresentaram concentrações acima do limite preconizado (1.000 NMP/100mL)

Com relação aos fenóis os locais MON, TRI, BAR S, PAS S, PAS F e JUS encontraram-se acima do valor máximo preconizado pela resolução CONAMA 357/2005 (≤ 0,003 mg/L) (Quadro 3.4). Considerando o fósforo total, foi verificada concentrações acima do preconizado pela resolução CONAMA 357/2005 apenas no local BAR F (limite para reservatórios; ≤ 0,05 mg/L de fósforo total) (Quadro 3.4), enquanto, o parâmetro nitrato apresentou concentrações acima do permitido pela legislação (≤10,0 mg/L) no local MON.

Conforme estabelecido pela resolução CONAMA 357/2005, óleos e graxas devem estar virtualmente ausentes no ambiente, dessa forma os locais PAL, BAR S, PAS S e PAS F, encontraram-se em desacordo com o preconizado durante a amostragem do Outono de 2023. Já no que concerne a concentrações de oxigênio dissolvido, apenas no local PAS M registrou-se valor abaixo do limite estabelecido (OD ≥ 5,00 mg/L) (Quadro 3.4) e a turbidez ficou acima do estabelecido pela resolução (≤100 NTU) apenas no local MON.

Considerando os índices de qualidade da água, realizado para os trechos lóticos, classificou todos os locais como de boa qualidade (IQA médio = 63), já o índice de qualidade da água para reservatórios classificou todos os locais como de classe III (IQAR médio = 2,42; pouco degradado), enquanto que o índice de estado trófico classificou o ambiente como Mesotrófico (IET médio = 54; corpos d'água com produtividade intermediária, com possíveis implicações sobre a qualidade da água, mas em níveis aceitáveis) (Quadro 3.4).

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 Outono de 2023.

Locais	Pré-Construção		Construção								Operação													
	2017		2018				2019				2020				2021				2022				2023	
	Outono	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Pimavera	Verão	Outono	Inverno	Pimavera	Verão	Outono	Inverno	Pimavera	Verão	Outono	Inverno	Pimavera	Verão	Outono	Inverno	Pimavera	Verão	Outono
MON	54	72	47	56	56	61	65	68	49	46	51	51	63	58	57	60	50	52	56	51	56	48	50	55
TRI	57	72	49	53	53	63	55	57	46	43	46	62	63	57	58	53	52	50	50	53	57	47	49	49
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
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
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
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
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

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 Outono de 2023.

Pontos	Pré-Construção		Construção								Operação													
	2017		2018				2019				2020				2021				2022				2023	
	Outono	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Outono
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
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
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
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

IQA	Classificação
79 < IQA ≤ 100	Ótima
51 < IQA ≤ 79	Boa
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 Outono de 2023.

Operação															
Pontos		2020				2021				2022				2023	
	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Pimavera	Verão	Outono
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
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

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 dessa campanha mostram que a maioria dos parâmetros físicos, químicos e biológicos analisados encontraram-se dentro dos limites estabelecidos pela resolução CONAMA 357/2005, para corpos de água da classe 2 (Quadro 3.4), exceção feita para o Oxigênio dissolvido no local PAS M; fósforo total no local BAR F; cor aparente em todos os locais, *E. coli* nos locais MON e INT, óleos e graxas nos locais PAL, BAR S, PAS S e PAS F; chumbo nos locais BAR S, BAR M, BAR F e PAS S e fenóis em todos os locais amostrados exceto TRI e os parâmetros nitrato e turbidez no local MON.

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

As altas concentrações registradas para cor, *E. coli*, Fósforo Total, nitrato e turbidez podem estar relacionadas diretamente com as fortes chuvas que antecederam a coleta, atingindo praticamente todo o estado do Paraná, incluindo a região que compreende a bacia hidrográfica do rio Tibagi, acarretando assim em um carreamento de matéria orgânica, das margens para o corpo hídrico, aumentando a concentração de alguns parâmetros físicos e químicos da água.

De todo modo, elevados valores de Cor e Fósforo Total são historicamente registrados na bacia do Rio Tibagi (Figuras 3.13; 3.14, 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, o que reforça a ideia de 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, também é verificado historicamente valores elevados para Cor, DBO e Fósforo Total, antes do enchimento do reservatório. Portanto, pode-se afirmar que as maiores concentrações desse parâmetro encontradas nessa campanha, não são consequência da formação do reservatório, mas sim de fatores externos difusos e recorrentes na bacia do Rio Tibagi.

A presença de fenóis e óleos e graxas na área de influência da UHE Tibagi Montante (Figuras 3.32 e 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. Alguns compostos fenólicos são resistentes à degradação microbiológica e são transportados a longas distâncias pela água (Bolaños et al., 2001), e ainda, pode estar relacionado a atividade de pecuária que ocorre na bacia, principalmente de gado de leite. Além disso, no rio Tibagi há o registro desses elementos antes da formação do reservatório da UHE Tibagi Montante, como descrito por LACTEC (2012) que faz o registro de fenóis e 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.

O chumbo está presente nas fontes industriais e de mineração. Calcários contendo chumbo contribuem para altos teores de chumbo em águas naturais (Manaham, 2013), onde a concentração deste parâmetro no local MON, pode ser derivada do município de Ponta Grossa, com grande potencial na atividade de extração de calcário. Durante todo monitoramento, conforme a série histórica das concentrações de chumbo, raramente foram observadas concentrações acima do limite permitido pela resolução CONAMA nº 357/2005 (Figura 3.33).

De acordo com o valor médio do índice de qualidade da água de reservatório (IQAR=2,42) o ambiente foi caracterizado como um ambiente “Pouco degradado – classe II”, havendo uma melhora na qualidade da água do reservatório em comparação à coleta anterior (verão de 2023). Vale a pena ressaltar, que o IQAR somente começou a ser monitoramento após a formação do reservatório e, que possibilitam que sejam 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 os pontos a montante (MON, TRI e INT) e a jusante (JUS) do reservatório, foram classificados, segundo o IQA médio, como de Qualidade Boa. 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=54) classifica o trecho como Mesotrófico, portanto, corpo d'água com produtividade intermediária, com possíveis implicações sobre a qualidade da água, mas em níveis aceitáveis, na maioria dos casos. Esse resultado é semelhante ao das últimas campanhas, onde o IET médio também classificou o corpo hídrico como Mesotrófico. Historicamente, conforme observado nesse monitoramento, o IET já variou de Hipereutrófico a Oligotrófico, sendo o resultado dependente da quantidade de fósforo e clorofila-a observado na bacia, ou seja, quanto maior descarga de fósforo e produtividade primária vindas de atividades externas ao reservatório, maior o índice IET verificado.

Por fim, analisando os resultados apresentados até o momento, com os anteriormente coletados pelo programa, somando aos fatos de que o tempo de residência da água é de 3,6 dias, de que o reservatório está inserido numa 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 daquela 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 Outono de 2023. 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	TRI	INT	PAL	BAR S	BAR M	BAR F	PAS S	PAS M	PAS F	JUS	
Alcalinidade Total (mg/L)	15,59	10,98	12,35	12,48	13,29	12,85	12,48	11,35	12,48	12,48	7,68	Nm
Alumínio Total (mg/L)	0,094	< 0,05	0,053	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,076	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,116	Nm
Cádmio Total (mg/L)	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	≤0,001
Cálcio (mg/L)	3,63	2,72	3,30	3,14	3,72	3,39	3,61	3,72	3,63	3,63	3,39	Nm
Chumbo Total (mg/L)	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,025	0,028	0,041	0,028	< 0,005	< 0,005	< 0,005	≤0,01
Cloretos (mg/L)	4,60	1,30	4,30	3,30	3,30	3,60	3,50	3,30	2,50	3,10	4,00	≤250,0
Clorofila-*a* (µg/L)	1,44	< 0,56	0,96	1,52	1,44	-	-	23,6	-	-	5,53	≤30,0
Cobre Total (mg/L)	< 0,015	< 0,015	< 0,015	< 0,015	< 0,015	< 0,015	< 0,015	< 0,015	< 0,015	< 0,015	< 0,015	Nm
Escherichia coli (NMP/100mL)	5794	512	2359	122	52	-	-	108	-	-	119	<1.000
Coliformes Totais (NMP/100mL)	24196	14136	24196	2064	748	-	-	4352	-	-	959	Nm
Condutividade Elétrica (µS/cm)	64,9	41,9	66,2	55,5	53,5	56,0	56,8	48,2	48,9	48,8	52,8	Nm
Cor Aparente (UC)	716,37	414,88	596,28	156,77	125,25	152,68	237,28	118,7	108,91	116,45	133,37	≤75
Cromo Total (mg/L)	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	≤0,05
DBO (mg/L)	2,88	1,87	1,92	1,59	3,64	1,46	2,33	2,44	2,75	4,01	2,66	≤5,0
DQO (mg/L)	4,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	5,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00	Nm
Dureza total (mg/L)	19,60	15,60	16,80	16,00	18,40	19,60	18,80	17,60	14,80	16,80	17,40	Nm
Fenóis (mg/L)	0,009	0,008	0,003	0,003	0,006	0,002	0,002	0,017	< 0,002	0,006	0,006	≤0,003
Ferro Total (mg/L)	7,15	2,15	0,56	1,42	1,83	3	1,6	0,68	0,85	0,79	1,33	Nm
Fósforo Total (mg/L)	0,092	0,032	0,070	0,043	0,037	0,039	0,061	0,040	0,043	0,027	0,035	≤0,10 (rio) ≤0,05 (reservatório)

Parâmetros	Locais de Amostragem											CONAMA 357/2005
	MON	TRI	INT	PAL	BAR S	BAR M	BAR F	PAS S	PAS M	PAS F	JUS	
Magnésio (mg/L)	2,62	2,19	2,14	2,04	2,28	2,77	2,38	2,09	1,46	1,94	2,24	Nm
Mercúrio Total (mg/L)	< 0,0001	< 0,0001	< 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	< 0,007	< 0,007	≤0,025
Nitrato (mg/L)	10,61	8,49	4,58	3,56	3,11	5,36	4,26	3,20	2,77	3,12	3,06	≤10,0
Nitrito (mg/L)	0,106	0,019	0,06	0,04	0,041	0,043	0,049	0,02	0,022	0,022	0,042	≤1,0
Nitrogênio amoniacal (mg/L)	0,107	0,072	0,064	0,032	0,056	0,072	0,073	0,068	0,076	0,053	0,071	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)	0,45	0,45	0,67	0,45	0,34	0,22	0,42	0,76	0,73	2,63	0,63	Nm
Óleos e Graxas (mg/L)	< 5,00	< 5,00	< 5,00	6,20	7,20	< 5,00	< 5,00	9,80	6,00	< 5,00	< 5,00	Ausentes
Fosfato/Ortofosfato (mg/L)	0,026	0,007	0,025	0,011	0,011	0,014	0,015	< 0,001	0,004	0,004	0,011	Nm
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	8,21	6,82	7,72	7,88	7,93	7,16	6,85	8,39	4,41	5,10	7,85	≥5,0
Oxigênio Dissolvido (%)	91,7	83,0	86,8	99,1	100,0	88,8	84,9	108,9	51,7	59,6	92,7	Nm
pH (-)	6,91	6,82	7,16	7,52	7,72	7,85	7,5	8,21	8,07	8,1	7,42	6,0-9,0
Sílica (mg/L)	10,18	9,96	9,09	9,22	9,92	8,37	9,93	6,39	6,35	7,83	10,42	Nm
Sólidos Suspensos Totais (mg/L)	49,80	22,40	41,25	5,40	4,00	7,80	27,80	< 3,40	6,60	6,29	6,20	≤500
Sólidos Totais (mg/L)	129,00	70,00	101,00	58,00	59,50	53,50	57,00	42,50	50,00	46,50	51,00	Nm
Sólidos Totais Dissolvidos (mg/L)	57,50	61,00	57,00	53,50	50,00	56,50	56,50	46,50	39,00	38,50	33,50	Nm

Parâmetros	Locais de Amostragem											CONAMA 357/2005
	MON	TRI	INT	PAL	BAR S	BAR M	BAR F	PAS S	PAS M	PAS F	JUS	
Sulfato (mg/L)	3,374	3,335	3,4	3,086	2,943	3,089	3,24	2,627	2,592	2,551	3,038	≤250
Temperatura da Água (oC)	20,8	20,1	21,1	22,1	22,2	21,3	21,2	23,6	21,2	20,3	21,7	Nm
Temperatura do Ar (oC)	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	-	-	22,0	-	-	18,0	Nm
Transparência (m)	0,20	0,35	0,20	0,85	0,80	-	-	0,80	-	-	0,80	Nm
Turbidez (NTU)	107	51	75,1	19,6	13,5	20,5	36	11,9	11,8	11,4	14,8	≤100
Zinco Total (mg/L)	< 0,066	< 0,066	< 0,066	< 0,066	< 0,066	< 0,066	< 0,066	< 0,066	< 0,066	< 0,066	< 0,066	≤0,18
IET	55	49	53	53	52	-	-	60	-	-	59	Nm
IQA	50	64	60	-	-	-	-	-	-	75	65	Nm
IQAR	-	-	-	2,43	1,81	-	-	3,02	-	-	-	Nm

4. COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA

Esta sessão apresenta os resultados obtidos para as coletas da comunidade fitoplanctônica realizadas no mês de abril de 2.023 (Outono) na área de influência da PCH 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:

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

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 (2019).

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 Verão de 2.023 (janeiro), foi caracterizada qualitativamente pelo registro de 67 táxons distribuídos em 11 classes (Tabela 4.1). A classe mais representativa foi Chlorophyceae (21 táxons, 31,3%) e as demais classes registradas foram: Bacillariophyceae (11 táxons, 16,4%); Cyanophyceae e Coscinodiscophyceae (7 táxons, 10,4%, cada); Conjugatophyceae e Euglenophyceae (5 táxons, 7,5%, cada); Cryptophyceae (4 táxons, 6,0%); Trebouxiophyceae (3 táxons, 4,5%); Synurophyceae (2 táxons, 3,0%), e; Mediophyceae e Dinophyceae (1 táxon, 1,5%, 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 no outono de 2.023 (abril) (RIQ. = riqueza; MON = montante, INT = intermediário, BAR = barragem, JUS = jusante, TRI = tributário e PAS = Passatempo; DENS. MÉD. = densidade média).

Grupos Taxonômicos	RIQ.	Locais de Amostragem					
		MON	INT	BAR	JUS	TRI	PAS
CYANOBACTERIA							
Cyanophyceae	**7**	**2**	**2**	**3**	**3**	**2**	**5**
Aphanocapsa cf. *incerta*							X
Chroococcus cf. *aphanocapsoides*							X
Chroococcus dispersus (Keissler) Lemmermann							X
Cuspidothrix sp.		X	X	X	X		X
Phormidium sp.				X	X		
Planktolyngbya limnetica (Lemmermann) Komárková-Legnerová & Cronberg					X	X	X
Pseudanabaena sp.1		X	X	X		X	
BACILLARIOPHYTA							
Bacillariophyceae	**11**	**7**	**5**	**4**	**4**	**3**	**2**
Achnanthidium sp.		X					
Amphora sp.		X		X			
Bacillariophyceae não identificada		X		X			
Encyonema sp.		X					
Fragilaria longifusiformis (Hains & Sebring) Siver et al.		X	X		X		X
Fragilaria tenera (W.Smith) Lange-Bertalot		X	X	X	X		X
Frustulia sp.			X			X	
Gomphonema sp.			X		X	X	
Navicula sp.		X	X	X			
Nitzschia sp.						X	
Placoneis sp.					X		
Coscinodiscophyceae	**7**	**5**	**4**	**3**	**4**		**5**
Aulacoseira ambigua (Grunow) Simonsen		X		X	X		X
Aulacoseira granulata (Ehrenberg) Simonsen		X	X	X	X		
Aulacoseira granulata var. *angustissima* (O. Müller) Simonsen		X	X	X	X		X
Aulacoseira granulata var. *curvata* Grunow & D.C.Reinke		X	X				X
Aulacoseira sp.			X		X		X
Melosira sp.		X					
Urosolenia sp.							X
Mediophyceae	**1**			**1**	**1**	**1**	**1**
Cyclotella meneghiniana Kützing				X	X	X	X
CRYPTOPHYTA							
Cryptophyceae	**4**		**1**	**2**	**3**		**2**
cf. *Chilomonas* sp.							X
Chroomonas sp.1				X	X		
Cryptomonas cf. *ovata*			X		X		X
Cryptomonas sp.1				X	X		
MIOZOA							
Dinophyceae	**1**			**1**			
Peridinium sp.1				X			
OCHROPHYTA							
Synurophyceae	**2**			**2**	**1**		**1**

Grupos Taxonômicos	RIQ.	Locais de Amostragem					
		MON	INT	BAR	JUS	TRI	PAS
Mallomonas cf. *papilosa*				X			X
Mallomonas sp.				X	X		
CHAROPHYTA							
Conjugatophyceae	**5**	**1**	**1**				**4**
Cosmarium contractum O.Kirchner							X
Mougeotia sp.		X	X				
Staurastrum cf. *dejectus*							X
Staurastrum sp.							X
Xanthidium sp.							X
CHLOROPHYTA							
Chlorophyceae	**21**	**3**	**6**	**11**	**9**		**12**
Ankistrodesmus sp.				X	X		
Chlorophyceae flagelada não identificada							X
Desmodesmus armatus var. *armatus* (Chod.) Hegew.				X			X
Desmodesmus lefevrei (Deflandre) S.S.An, T.Friedl & E.H.Hegewald					X		
Dictyosphaerium sp.							X
Kirchneriella aperta Teiling							X
Kirchneriella obesa (West) West & G.S.West					X		
Monoraphidium arcuatum (Kors.) Hind.			X	X	X		X
Monoraphidium circinale (Nygaard) Nygaard			X		X		
Monoraphidium contortum (Thuret) Komárková-Legnerová			X	X	X		X
Monoraphidium flexuosum Komárek			X				
Monoraphidium griffithii (Berkeley) Komárková-Legnerová		X	X	X	X		X
Monoraphidium komarkovae Nygaard				X			X
Monoraphidium minutum (Näg.) Kom.-Legn.				X			X
Monoraphidium tortile (West & G.S.West) Komárková-Legnerová		X	X	X	X		X
Scenedesmus ecornis (Ehrenberg) Chodat				X			
Sphaerocystis sp.		X					
Tetraëdron gracile (Reinsch) Hansgirg					X		
Tetraëdron minimum (A.Braun) Hansgirg							X
Tetrastrum triangulare (Chodat) Komárek				X			
Treubaria setigera (W.Archer) G.M.Smith				X			X
Trebouxiophyceae	**3**			**3**			**1**
Acanthosphaera sp.				X			X
Micractinium sp.				X			
Oocystis sp.				X			
EUGLENOZOA							
Euglenophyceae	**5**	**2**	**1**				**2**

Grupos Taxonômicos	RIQ.	Locais de Amostragem					
		MON	INT	BAR	JUS	TRI	PAS
Euglena cf. *caudata*			X				
Lepocinclis sp.							X
Strombomonas sp.		X					
Trachelomonas cf. lefevrei							X
Trachelomonas volvocina (Ehrenberg) Ehrenberg		X					
RIQUEZA	**67**	**20**	**20**	**30**	**25**	**6**	**35**
Número de Classes	**11**	**6**	**7**	**9**	**7**	**3**	**10**

A análise quantitativa da comunidade fitoplanctônica (Tabela 4.2) resultou em um total de 61 táxons representantes de 11 classes, com maior densidade média da classe Chlorophyceae (493,47 ind./mL), seguidas das Cyanophyceae (417,66 ind./mL), devido às elevadas densidades desses grupos registradas no local PAS. Espacialmente, os maiores valores de densidade foram registrados no local PAS (7.273,21 ind./mL).

Quanto ao número de células de cianobactérias (Tabela 4.3), o maior valor de densidade foi registrado no local PAS (63.356,25 cél./mL), com elevada contribuição de *Cuspidothrix* sp. (9.770,56 cél./mL), portanto, nesse local a densidade observada foi superior ao limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas de classe 2, que é de 50.000 cél./mL. Nos demais locais amostrados, as densidades foram inferiores ao limite legal.

Tabela 4.2 – Abundâncias (ind./mL) registradas para a comunidade fitoplanctônica coletada nos locais de amostragem na área de influência do reservatório da UHE Tibagi Montante no outono de 2.023 (abril) (RIQ. = riqueza; MON = montante, INT = intermediário, BAR = barragem, JUS = jusante, TRI = tributário e PAS = Passatempo; DENS. MÉD. = densidade média).

Grupos Taxonômicos	RIQ.	Locais de Amostragem						DENS. MÉD.
		MON	INT	BAR	JUS	TRI	PAS	
CYANOBACTERIA								
Cyanophyceae	**7**	**12,27**	**14,73**	**7,36**	**9,82**	**7,36**	**2.454,40**	**417,66**
Aphanocapsa cf. *incerta*							8,18	1,36
Chroococcus cf. *aphanocapsoides*							65,45	10,91
Chroococcus dispersus							351,80	58,63
Cuspidothrix sp.		4,91	4,91	2,45	2,45		1.938,98	325,62
Phormidium sp.				2,45	2,45			0,82
Planktolyngbya limnetica					4,91	4,91	89,99	16,64
Pseudanabaena sp.1		7,36	9,82	2,45		2,45		3,68
BACILLARIOPHYTA								
Bacillariophyceae	**6**	**12,27**	**12,27**	**12,27**	**4,91**	**4,91**	**654,51**	**116,86**
Amphora sp.				4,91				0,82
Fragilaria longifusiformis		9,82	4,91		2,45		253,62	45,13
Fragilaria tenera		2,45	4,91	4,91	2,45		400,89	69,27
Frustulia sp.			2,45			2,45		0,82
Gomphonema sp.						2,45		0,41
Navicula sp.				2,45				0,41
Coscinodiscophyceae	**6**	**19,64**	**31,91**	**36,82**	**88,36**		**294,53**	**78,54**
Aulacoseira ambigua		2,45		2,45	2,45		24,54	5,32
Aulacoseira granulata		9,82	9,82	17,18	17,18			9,00
Aulacoseira granulata var. *angustissima*		7,36	19,64	17,18	63,81		57,27	27,54
Aulacoseira granulata var. *curvata*			2,45				8,18	1,77

Grupos Taxonômicos	RIQ.	Locais de Amostragem						DENS. MÉD.
		MON	INT	BAR	JUS	TRI	PAS	
Aulacoseira sp.					4,91		65,45	11,73
Urosolenia sp.							139,08	23,18
Mediophyceae	**1**			**4,91**	**9,82**	**4,91**	**40,91**	**10,09**
Cyclotella meneghiniana				4,91	9,82	4,91	40,91	10,09
CRYPTOPHYTA								
Cryptophyceae	**4**		**2,45**	**4,91**	**14,73**		**57,27**	**13,23**
cf. *Chilomonas* sp.							24,54	4,09
Chroomonas sp.1				2,45	4,91			1,23
Cryptomonas cf. *ovata*			2,45		4,91		32,73	6,68
Cryptomonas sp.1				2,45	4,91			1,23
MIOZOA								
Dinophyceae	**1**			**2,45**				**0,41**
Peridinium sp.1				2,45				0,41
OCHROPHYTA								
Synurophyceae	**2**			**7,36**	**4,91**		**16,36**	**4,77**
Mallomonas cf. *papilosa*				2,45			16,36	3,14
Mallomonas sp.				4,91	4,91			1,64
CHAROPHYTA								
Conjugatophyceae	**5**	**4,91**	**9,82**				**867,22**	**146,99**
Cosmarium contractum							130,90	21,82
Mougeotia sp.		4,91	9,82					2,45
Staurastrum cf. *dejectus*							8,18	1,36
Staurastrum sp.							49,09	8,18
Xanthidium sp.							679,05	113,18
CHLOROPHYTA								
Chlorophyceae	**21**	**9,82**	**17,18**	**44,18**	**58,91**		**2.830,74**	**493,47**
Ankistrodesmus sp.				2,45	2,45			0,82
Chlorophyceae flagelada não identificada							40,91	6,82
Desmodesmus armatus var. *armatus*				4,91			73,63	13,09
Desmodesmus lefevrei					2,45			0,41
Dictyosphaerium sp.							8,18	1,36
Kirchneriella aperta							8,18	1,36
Kirchneriella obesa					4,91			0,82
Monoraphidium arcuatum			4,91	9,82	17,18		155,45	31,23
Monoraphidium circinale			2,45		2,45			0,82
Monoraphidium contortum			2,45	2,45	4,91		57,27	11,18
Monoraphidium flexuosum			2,45					0,41
Monoraphidium griffithii		2,45	2,45	2,45	14,73		98,18	20,04
Monoraphidium komarkovae				2,45			40,91	7,23
Monoraphidium minutum				4,91			65,45	11,73
Monoraphidium tortile		4,91	2,45	4,91	7,36		2.266,23	380,98
Scenedesmus ecornis				2,45				0,41
Sphaerocystis sp.		2,45						0,41
Tetraëdron gracile					2,45			0,41
Tetraëdron minimum							8,18	1,36
Tetrastrum triangulare				4,91				0,82
Treubaria setigera				2,45			8,18	1,77
Trebouxiophyceae	**3**			**12,27**			**16,36**	**4,77**
Acanthosphaera sp.				4,91			16,36	3,55
Micractinium sp.				4,91				0,82
Oocystis sp.				2,45				0,41
EUGLENOZOA								
Euglenophyceae	**5**	**4,91**	**2,45**				**40,91**	**8,04**
Euglena cf. *caudata*			2,45					0,41
Lepocinclis sp.							8,18	
Strombomonas sp.		2,45						0,41
Trachelomonas cf. *lefevrei*							32,73	5,45
Trachelomonas volvocina		2,45						0,41
DENSIDADE TOTAL		**63,81**	**90,81**	**132,54**	**191,44**	**17,18**	**7.273,21**	
RIQUEZA	**61**	**13**	**17**	**29**	**23**	**5**	**35**	
Número de Classes	**11**	**6**	**7**	**9**	**7**	**3**	**10**	

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, no outono de 2.023 (abril) (RIQ. = riqueza; MON = montante, INT = intermediário, BAR = barragem, JUS = jusante, TRI = tributário e PAS = Passatempo; DENS. MÉD. = densidade média).

Grupos Taxonômicos	RIQ.	Locais de Amostragem						DENS. MÉD.
		MON	INT	BAR	JUS	TRI	PAS	
CYANOBACTERIA								
Cyanophyceae	**7**	**647,96**	**294,53**	**201,26**	**127,63**	**220,90**	**63.356,25**	**10.808,09**
Aphanocapsa cf. *incerta*							736,32	122,72
Chroococcus cf. *aphanocapsoides*							1.047,21	174,54
Chroococcus dispersus							703,59	117,27
Cuspidothrix sp.		147,26	147,26	85,90	73,63		58.169,28	9.770,56
Phormidium sp.				41,72	24,54			11,04
Planktolyngbya limnetica					29,45	147,26	2.699,84	479,43
Pseudanabaena sp.1		500,70	147,26	73,63		73,63		132,54

A análise de atributos da comunidade fitoplanctônica nos locais amostrados na área de influência da UHE Tibagi Montante no outono de 2.023 (Figura 4.2) mostrou que o maior valor de riqueza foi obtido para o local PAS (S = 35) e o menor para TRI (S = 5); a equitabilidade foi maior para TRI (E = 1,00) e menor no PASS (E = 0,63); enquanto a diversidade foi maior para BAR (H' = 3,12) e menor em TRI (H' = 1,55).

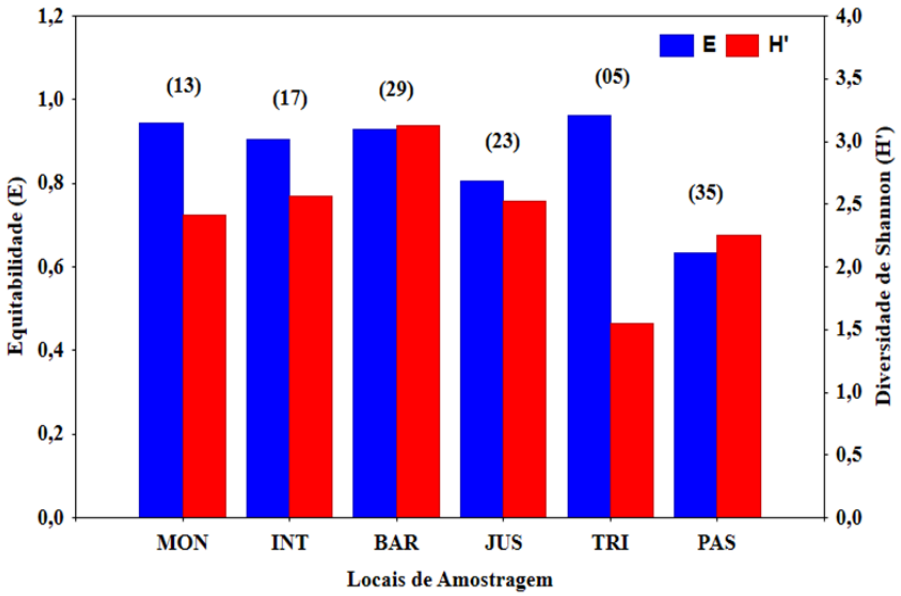

Figura 4.2 – Riqueza (valor entre parênteses), equitabilidade (E) e diversidade de Shannon (H') da comunidade fitoplanctônica registrada nos locais de amostragem na área de influência do reservatório da UHE Tibagi Montante no outono de 2.023 (abril) (MON = montante, INT = intermediário, BAR = barragem, JUS = jusante, TRI = tributário e PAS = Passatempo).

4.3 Considerações Finais

O monitoramento de fitoplâncton realizado na área de influência da UHE Tibagi Montante no outono de 2.023 (abril) mostrou que o número de táxons registrados (61) nas análises quantitativas foi maior que o observado nessa mesma estação no ano de 2022 e menor que nos demais anos analisados.

A abundância (densidade) das espécies fitoplanctônicas 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 & Fabrizy (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.

Os valores de densidade de células de cianobactérias registrados na área de influência da UHE Tibagi Montante no período a que se refere este relatório (outono de 2.023) mostraram-se abaixo do limite de 50.000 cél./mL estabelecido para águas de classe 2 pela Resolução nº 357/2005 do CONAMA (Brasil, 2005), para a maioria dos locais amostrados, exceto no local PAS. Analisando-se o histórico de registros das densidades de células desse grupo fitoplanctônico (Figura 4.3), verifica-se que, no geral, essas densidades têm-se mantido abaixo do limite legal, sendo que apenas no local PAS, na fase de pós-enchimento, esse limite foi ultrapassado nos meses de janeiro de 2021, abril e outubro de 2022 e abril de 2023. Cabe ressaltar que na sub-bacia do Rio Passatempo as atividades de pecuária de leite e suinocultura podem ter contribuído com aporte de nutrientes, principalmente fósforo, que enriquecem o meio aquático e favorecem o maior desenvolvimento do fitoplâncton.

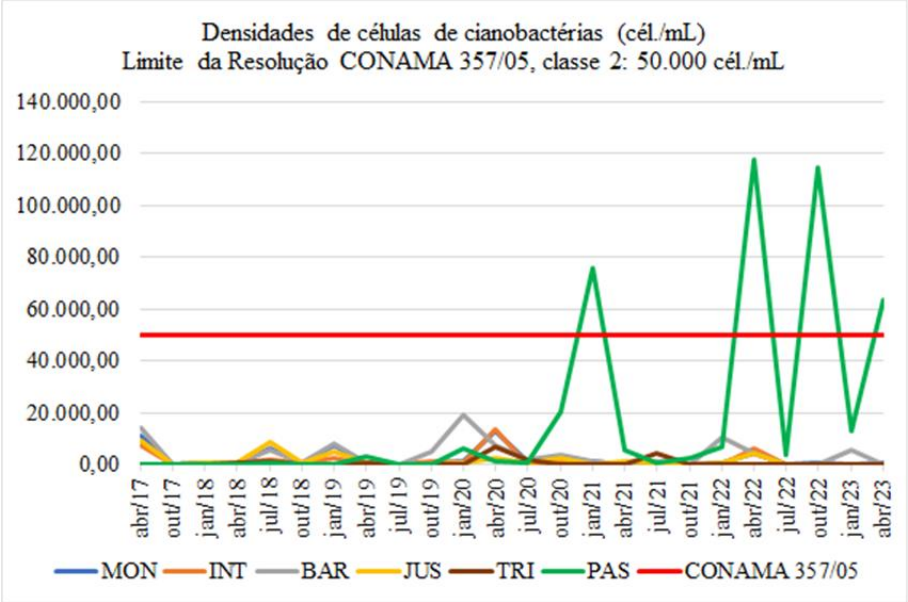

Figura 4.3 – Histórico das densidades de células de cianobactérias (cél./mL) registradas nos locais de amostragem na área de influência do reservatório da UHE Tibagi Montante nos períodos pré (abril de 2017 a julho de 2019) e pós-represamento (outubro de 2019 a abril de 2023) (MON = montante, INT = intermediário, 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,* 23 ª edição (Apha, 2017), 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.

A avaliação da comunidade zooplanctônica 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*, 23 ª edição (Apha, 2017), 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./m^3). 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).

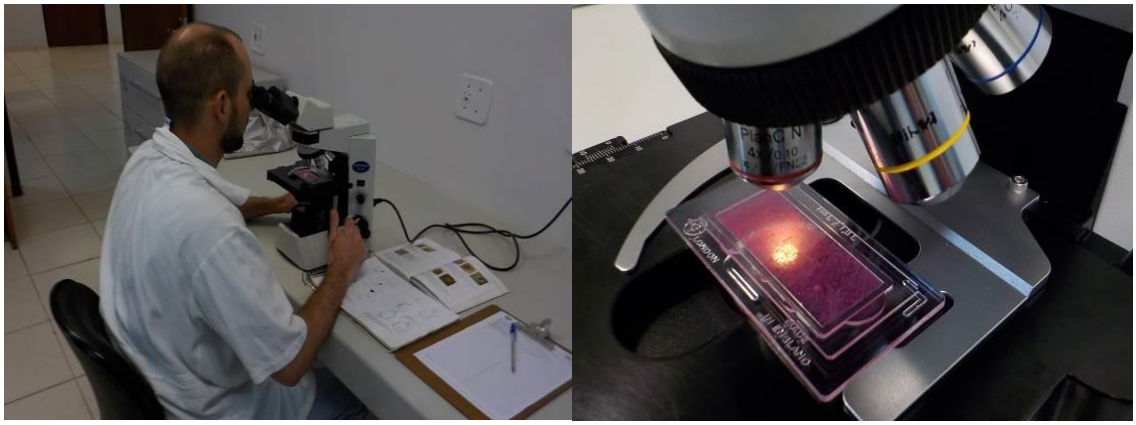

Figura 5.2 – Análise da comunidade zooplanctônica amostrada nos locais de coleta na área de influência da UHE Tibagi Montante.

Os atributos da comunidade zooplanctônica analisados foram: riqueza, densidade das espécies e dos grupos (expressa em organismos por metro cúbico - org/m^3), 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 5.31® (Mccune & Mefford, 2006).

5.2. Resultados e Discussão

A comunidade zooplanctônica amostrada no outono de 2023 na área de influência da UHE Tibagi Montante, foi composta por 72 espécies, distribuídas em 30 famílias, os rotíferos apresentaram maior riqueza (39 espécies), acompanhados das amebas testáceas (17 espécies), dos cladóceros (13 espécies) e copépodes (3 espécies), além do organismos jovens (náuplios e copepoditos) (Tabela 5.1).

As amebas testáceas foram distribuídas por oito famílias, sendo Arcellidae, Centropyxidae e Difflugiidae (quatro 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). A família Difflugiidae apresenta espécies que se destacam no plâncton com mesmo tipo de morfologia, ou seja, com conchas esféricas. Esse tipo morfológico, em conjunto com os tipos de conchas de grande parte de Centropyxidae com formas alongadas e achatadas, são típicos do plâncton (Lansac-Tôha et al., 2014). A família Arcellidae com destaque no plâncton apresenta geralmente espécies pequenas, de baixa abundância e com conchas compostas de material endógeno secretado pela própria ameba, o que permite uma maior facilidade de ocupação do habitat planctônico (Lansac-Tôha et al., 2014). No entanto, estes autores também identificaram formas alongadas e achatadas, que neste estudo também foram observadas no plâncton, sendo essas espécies apontadas como típicas de macrófitas aquáticas da região litorânea e do sedimento.

Os rotíferos identificados pertencem a 14 famílias, das quais Brachionidae (12 espécies) e Lecanidae (sete 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 é considerado um dos mais importantes táxons de zooplâncton de água doce, cujas espécies geralmente têm hábitos planctônicos, enquanto que Lecanidae está relacionada com o bentos e perifíton, especialmente em lugares ricos em vegetação, ocorrendo ocasionalmente no plâncton (Almeida et al., 2009). O domínio dessas duas famílias é provavelmente devido à grande plasticidade dos organismos em relação às condições limnológicas e ao alimento disponível.

No caso dos microcrustáceos, os cladóceros foram representados por seis famílias, sendo Chydoridae (quatro espécies), Bosminidae e Daphniidae (três espécies cada) as mais representativas (Tabela 5.1), sendo estas famílias frequentemente registradas na maioria dos ambientes dulcícolas (Lima et al., 1996; Lopes et al., 1997). As espécies pertencentes a família Bosminidae e Daphniidae são tipicamente planctônicas e frequentemente registradas em ambientes dulcícolas (Lima et al., 1996). Já os indivíduos da família Chydoridae são organismos não planctônicos, comuns para ambientes de rios, embora este tipo de ambiente seja considerado menos favorável para o estabelecimento deste grupo, devido à predação por peixes e ao fluxo de água elevado (Viroux, 2002), o que sugere que a vida em ambientes lóticos está relacionada à algumas especializações e adaptação à turbulência, qualidades que não são muito evidentes nos cladóceros.

Os copépodes foram representados pela família Cyclopidae (duas espécies) e Diaptomidae (uma espécie), porém, a maioria dos indivíduos encontrados era formas jovens (náuplio se 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 17.199 org/m^3, impulsionado pelos rotíferos (11.220 org/m^3), sobressaindo *K. cochlearis* (6.203 org/m^3) e *B. dolabratus* (699 org/m^3), acompanhados dos microcrustáceos, em especial os copépodes (5.259 org/m^3), estando o copepodito e o náuplio de Cyclopoida (2.726 e 2.194 org/m^3, respectivamente) entre os organismos predominantes, enquanto os cladóceros, responderam pela densidade média de 606 org/m^3, destacando-se *B. deitersi* e *M. minuta* (466 e 122 org/m^3, respectivamente). As amebas testáceas, por sua vez,

apresentaram menor densidade média (113 org/m^3), destacando *C. aculeata* (43 org/m^3) e *G. megastoma* (17 org/m^3).

Entre os locais amostrados a maior densidade foi registrada no Passatempo (83.958 org/m^3), seguido da Barragem (10.810 org/m^3) e da Jusante (6.900 org/m^3), enquanto os menores valores foram encontrados no Intermediário (710 org/m^3), na Montante (705 org/m^3) e no Tributário (110 org/m^3) (Tabela 5.1).

Tabela 5.1 – Densidade (org./m^3) da comunidade zooplanctônica (amebas testáceas, rotíferos, cladóceros e copépodes), registrada por local de amostragem, na área de influência da UHE Tibagi Montante, no rio Tibagi, no outono de 2023. Valor expresso em organismos por metro cúbico (org./m^3); (MON=Montante; INT=Intermediário; BAR=Barragem; JUS=Jusante; TRI=Tributário e PAS=Passatempo); (*) organismos jovens não incluídos na riqueza.

GRUPOS TAXOXÔMICOS	Locais de Amostragem						Densidade Média (org/m^3)
	MON	INT	BAR	JUS	TRI	PAS	
AMEBAS TESTACEAS	**315**	**150**	**30**	**35**	**65**	**83**	**113**
Arcellidae							
Arcella crenulata Deflandre, 1928					5		1
Arcella hemisphaerica gibba Deflandre, 1928		5					1
Arcella vulgaris Ehrenberg, 1830	5	15					3
Galeripora (Arcella) megastoma (Pénard, 1902) González-Miguéns et al., 2021	30	30				42	17
Centropyxidae							
Centropyxis aculeata (Ehrenberg, 1830)	140	60	5	35	15		43
Centropyxis ecornis (Ehrenberg, 1841)	10	15			5	42	12
Centropyxis platystoma (Pénard, 1890)	40	5					8
Centropyxis gibba (Deflandre, 1929)		5			5		2
Cyphoderiidae							
Cyphoderia ampulla Ehrenberg, 1840	20	10			5		6
Difflugiidae							
Cylindrifflugia elegans (Penard, 1890) González-Miguéns et al., 2022	5						1
Eurogomicula bidens (Penard, 1902)	15						3
Difflugia cylindrus (Thomas, 1953) Ogden, 1983	20	5			5		5
Difflugia brevicolla Cash & Hopkinson, 1909			10				2
Hyalospheniidae							
Nebela collaris (Ehrenberg, 1848)	5						1
Lesquereusidae							
Lesquereusia spiralis (Ehrenberg, 1840)	15				25		7
Netzellidae							
Netzelia (Difflugia) corona (Wallich, 1864) Gooma et al., 2017	5		15				3
Trigonopyxidae							
Cyclopyxis impressa (Daday, 1905)	5						1
ROTIFERA	**155**	**385**	**8620**	**3710**	**35**	**54417**	**11220**
Asplanchnidae							
Asplanchna sieboldi (Leydig, 1854)			165	15		250	72
Brachionidae							

GRUPOS TAXOXÔMICOS	Locais de Amostragem						Densidade Média
	MON	INT	BAR	JUS	TRI	PAS	(org/m^3)
Brachionus caudatus Ahlstrom, 1940	25	40	40	5		542	109
Brachionus calyciflorus Pallas, 1766			10	5			3
Brachionus dolabratus (Harring, 1915)		10	485	155		3542	699
Brachionus falcatus Zacharias, 1898	5		50	40		750	141
Brachionus mirus Daday, 1905						42	7
Brachionus quadridentatus Hermann, 1783						42	7
Kellicottia bostoniensis (Rousselet, 1908)	25	15	250	175	10	792	211
Keratella americana Carlin, 1943	15	35	285	225		125	114
Keratella cochlearis (Gosse, 1851)	15	145	3680	1820	15	31542	6203
Keratella lenzi (Hauer, 1953)	10			50			10
Keratella tropica (Apstein, 1907)		5	125	20		208	60
Platyias quadricornis (Ehrenberg, 1832)		20	5				4
Collothecidae							
Collotheca sp.			25				4
Conochilidae							
Conochilus coenobasis (Skorikow, 1914)			170	115		792	179
Conochilus unicornis Rousselet, 1892		5	1115	245		2417	630
Euchlanidae							
Euchlanis dilatata Ehrenberg, 1832	5		85				15
Floscularíidae							
Ptygura libera Myers, 1934						5500	917
Sinantherina ariprepes Edmondson, 1939		15					3
Hexarthridae							
Hexarthra intermedia (Wiszniewski, 1929)			125	10		125	43
Hexarthra mira (Hudson, 1871)			265	130		1417	302
Lecanidae							
Lecane bulla (Gosse, 1851)	15	25	5	5			8
Lecane luna (Müller, 1776)		10	5				3
Lecane lunaris (Ehrenberg, 1832)	15	10	30	5	5		11
Lecane hamata (Stokes, 1896)		5	5			83	16
Lecane hastata (Murray, 1913)		5	35				7
Lecane signifera (Jennings, 1896)		10					2
Lecane stenroosi (Meissner, 1908)		5		5			2
Lepadellidae							

GRUPOS TAXOXÔMICOS	Locais de Amostragem						Densidade Média (org/m^3)
	MON	INT	BAR	JUS	TRI	PAS	
Lepadella patella (Müller, 1773)	15	15	20				8
Synchaetidae							
Polyarthra vulgaris Carlin, 1943						125	21
Polyarthra dolichoptera Idelson, 1925			135	50		708	149
Trichotriidae							
Macrochaetus sericus (Thorpe, 1893)			5	5			2
Trichotria tetractis (Ehrenberg, 1830)		5	30				6
Testudinellidae							
Pompholyx complanata Gosse, 1851	10		530	100		2125	461
Testudinella patina (Hermann, 1783)			5				1
Trichocercidae							
Trichocerca capucina (Wierzejski & Zacharias, 1893)			15				3
Trichocerca cylindrica (Imhof, 1891)			765	470	5	2458	616
Trichocerca similis (Wiezerjski, 1893)		5	80	15		708	135
Trochosphaeridae							
Filinia opoliensis (Zacharias, 1898)			75	45		125	41
CLADOCERA	**35**	**55**	**610**	**2515**	**5**	**417**	**606**
Bosminidae							
Bosmina cf. *freyi* De Melo & Hebert, 1994		15	5				3
Bosmina hagmanni Stingelin, 1904		5					1
Bosminopsis deitersi Richard, 1895	10	20	555	2125		83	466
Chydoridae							
Alonella dadayi Birge, 1910		5					1
Chydorus eurynotus Sars, 1901		5					1
Coronatella poppei (Richard, 1897)	10						2
Leydigia ipojucae Brehm, 1938	5						1
Daphniidae							
Ceriodaphnia silvestrii Dadayi, 1902			5	20			4
Ceriodaphnia cornuta Sars, 1886				5			1
Scapholeberis armata freyi Dumont & Pensaert, 1983			5				1
Ilyocryptidae							
Ilyocryptus spinifer Herrick, 1882		5		5	5		3
Macrothricidae							
Macrothrix laticornis (Jurine, 1820)	5			5			2

GRUPOS TAXOXÔMICOS	Locais de Amostragem						Densidade Média (org/m^3)
	MON	INT	BAR	JUS	TRI	PAS	
Moinidae							
Moina minuta Hansen, 1899	5		40	355		333	122
COPEPODA	**200**	**120**	**1550**	**640**	**5**	**29042**	**5259**
Cyclopidae							
náuplio de Cyclopoida*	100	80	640	385		11958	2194
copepodito de Cyclopoida*	50	40	375	135	5	15750	2726
Thermocyclops decipiens (Kiefer, 1929)			75	5			13
Thermocyclops minutus (Lowdes, 1934)	5		35	25		500	94
Diaptomidae							
náuplio de Calanoida*	40		380	60		833	219
copepodito de Calanoida*	5		45	10			10
Notodiaptomus henseni Dahl, 1894				20			3
Densidade (org/m^3)	**705**	**710**	**10810**	**6900**	**110**	**83958**	**17199**

A análise dos atributos da comunidade de zooplanctônica (equitabilidade, diversidade e riqueza) (Figura 5.3), apontou maior índice de equitabilidade no Tributário (E=0,92), registrando maior uniformidade das espécies, e maior diversidade de espécies no Intermediário (H'=2,95), enquanto os menores índices de equitabilidade e diversidade de espécies, foram registrados no Passatempo (E=0,54 e H'=1,77), impulsionado pelo predomínio dos rotíferos, devido a maior ocorrência da *Keratella cochlearis*. Para a riqueza de espécies, a maior ocorrência foi encontrada na Barragem (S=41), e a menor no Tributário (S=12)

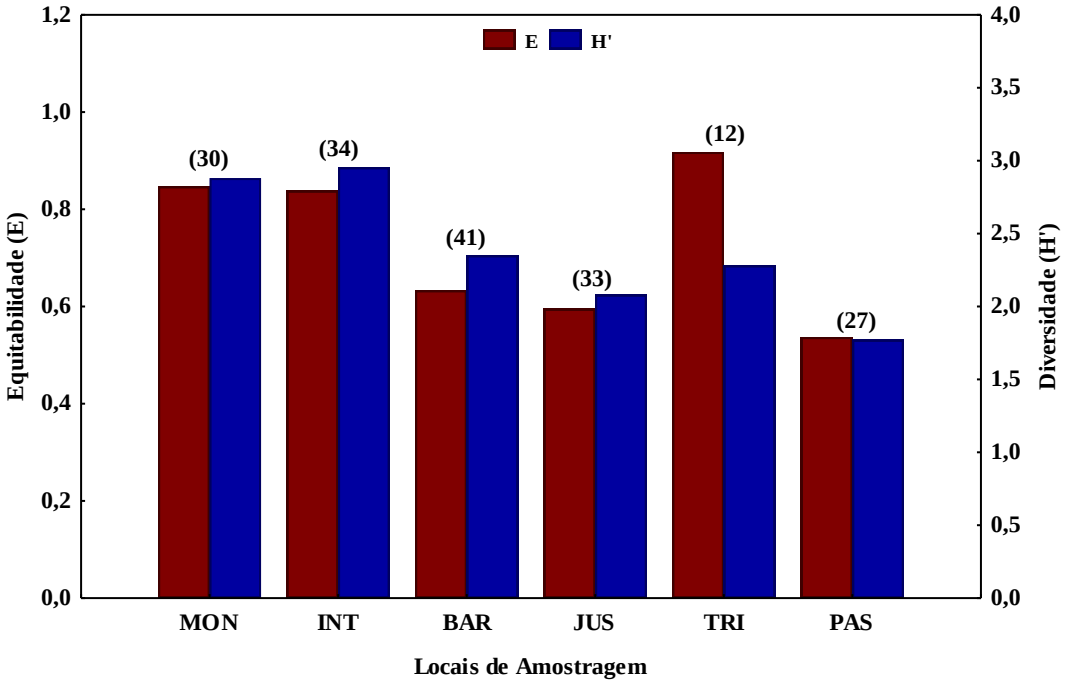

Figura 5.3 – Atributos da comunidade zooplanctônica (E=Equitabilidade, H'=Diversidade e riqueza (S)=entre parênteses), registrada na área de influência da UHE Tibagi Montante, no rio Tibagi, no outono de 2023. (MON=Montante; INT=Intermediário; BAR=Barragem; JUS=Jusante; TRI=Tributário e PAS=Passatempo).

5.3. Considerações Finais

Setenta e duas espécies zooplanctônicos 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 e Lecanidae foi considerada as famílias mais representativas, seguida das amebas testáceas. A densidade do zooplâncton por ponto de coleta, variou de 83.958 org/m^3 (Passatempo) a 110 org/m^3 (Tributário), sendo os rotíferos e os copépodes (incluindo náuplios e copepoditos) os grupos numericamente mais importantes, seguidos dos cladóceros e das amebas testáceas.

O número de espécies registrada na presente análise foi superior ao registrado na amostragem anterior (outono de 2022), quando foram registradas 61 espécies, porém foi inferior para densidade, o qual variou de 162.583 org/m^3 a 1.255 org/m^3 na amostragem anterior (outono de 2022).

As espécies de amebas testáceas mais abundantes nesta análise foram: *Centropyxis aculeata* (0 a 140) e *Centropyxis ecornis* (0 a 42). No caso dos rotíferos a *Keratella cochlearis* (15 a 31.542 org/m^3) e *Brachionus dolabratus* (0 a 3.542 org/m^3). Entre os cladóceros, *Bosminopsis deitersi* (0 a 2.125 org/m^3) e *Moina minuta* (0 a 355 org/m^3), foram os que tiveram abundâncias mais expressivas. Para o grupo dos copépodes, a espécie *Thermocyclops minutus* (0 a 500 org/m^3) foi a mais importante. Os naúplios e copepoditos ciclopóides apresentaram densidades variando entre 0 a 11.958 org/m^3 e 5 a 15.750 org/m^3, respectivamente, e os náuplios e copepoditos calanóides apresentaram densidades variando entre 0 e 833 org/m^3 e 0 e 45 org/m^3, respectivamente.

No que se refere aos pontos de amostragem, a maior densidade foi registrada na parte alagada pelo barramento, os seja, os locais situados no reservatório, como o ponto do Passatempo a da Barragem. O ponto de 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 os pontos com menor abundância foram aqueles localizados a montante do reservatório, como o ponto do Intermediário, Montante e Tributário.

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 biossegurança durante o procedimento de coleta, em cada local foram realizadas três subamostragens de macroinvetebrados 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 (em anexo). 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*, 23ª edição (APHA, 2017), 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), que detalha o plano de amostragem 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 esteroscópico, 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, no outono de 2023 (Tabela 6.2), resultaram no registro de 213 indivíduos, pertencentes a cinco filos, nove classes, 14 ordens e 22 famílias, totalizando 29 táxons. Destaca-se que o número de indivíduos aqui apresentados é inferior ao registrado na coleta anterior (verão de 2023), porém, o número de grupos taxonômicos é superior, visto que, na coleta anterior foram registrados 1.221 indivíduos e 18 táxons.

A proporção entre os grupos taxonômicos registrados nos locais amostrados apresentou predomínio em número de indivíduos da ordem Diptera (38,0%), seguido de Oligochaeta (21,1%). Os indivíduos das ordens Hemiptera, Podocopida, Ephemeroptera Mesogastropoda, Trichoptera e Acari, contribuíram respectivamente com 8,9%, 9,1%, 4,2% e 2,8%, dos indivíduos registrados. Os demais grupos não alcançaram abundância relativa superior a 2,0%, e foram agrupados na categoria outros, contribuindo com 10,0% do total de indivíduos registrados (Figura 6.3).

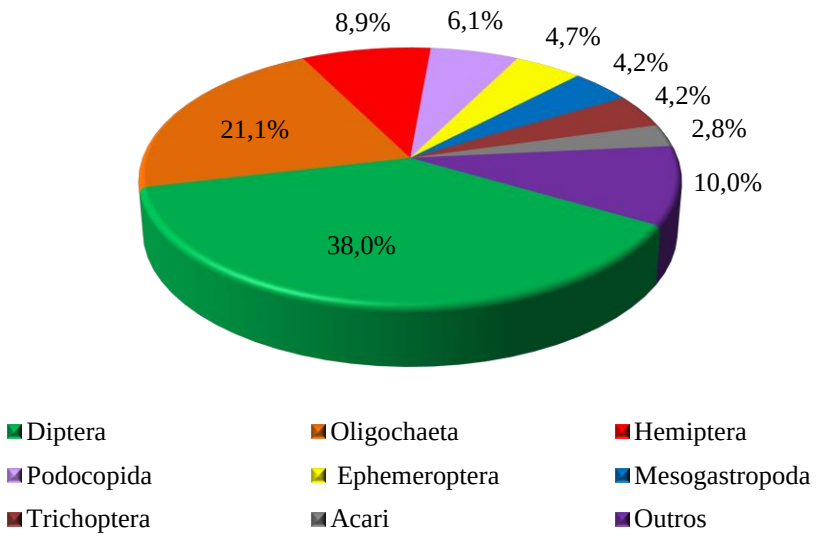

Figura 6.3- Abundância relativa dos grupos de macroinvertebrados bentônicos capturados nos locais de coleta, na área de influência da UHE Tibagi Montante, no rio Tibagi no outono de 2023.

Considerando a distribuição espacial da comunidade de macroinvertebrados bentônicos (Tabela 6.2), verifica-se a maior abundância no local Passatempo (91

indivíduos), seguido da Barragem (60 indivíduos). Os menores registros ocorreram na Montante, Tributário, Jusante e Intermediário (8, 10, 14 e 30 indivíduos, respectivamente). Entre os grupos taxonômicos com maior representatividade, houve destaque de Chironomidae e Oligochaeta em todos os locais avaliados.

A avaliação da qualidade da água baseada no índice BMWP (Tabela 6.2), enquadrou as águas no local Montante, Barragem e Tributário, na classe VII, Intermediário e 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 IV, consideradas de qualidade duvidosa.

Comparando os resultados relacionados no histórico do Índice BMWP, (Tabela 6.3), durante as quatro estações do ano, a partir do outono de 2017 ao outono de 2023 totalizando 24 coletas, verifica-se, que (45,8%, 11 coletas), as águas dos locais avaliados na área de influência da UHE Tibagi Montante no rio Tibagi, foram enquadradas na classe I, ótima qualidade, (4,2%, 1 coleta), as águas dos locais avaliados, foram enquadradas na classe II, boa qualidade, (25,0%, 6 coletas), as águas dos locais avaliados, foram enquadradas na classe III, águas de qualidade aceitável, (20,8%, 5 coletas), as águas foram enquadradas na classe IV, águas de qualidade duvidosa e apenas 4,2%, 1 coleta, as águas foram enquadradas na classe VI, 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).

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, no outono de 2023. Onde: MON=Montante; REM=Remanso; INT=Intermediário; BAR=Barragem; JUS=Jusante; TRI=Tributário; PAS=Passatempo; N=Número de indivíduos; -=sem pontuação e B=BMWP.

Enquadramento Taxonômico	Locais de Amostragem												Total	
	MON		INT		BAR		JUS		TRI		PAS			
	N	B	N	B	N	B	N	B	N	B	N	B	N	B
Filo Platyhelminthes														
Classe Turbellaria														
Ordem Seriata														
Dugesiidae											1	5	1	5
Filo Nematoda														
Classe Chromadorea									2	-			2	-
Filo Mollusca														
Classe Bivalvia														
Ordem Veneroida														
Corbiculidae									1	-			1	-
Sphaeriidae						3								3
Pisidium sp.					1								1	
Classe Gastropoda														
Ordem Basommatophora														
Ancylidae											1	7	1	7
Planorbidae											3	3	3	3
Ordem Mesogastropoda														
Ampullariidae							1	-					1	-
Pomacea sp.											8		8	
Filo Annelida														
Classe Oligochaeta	8	1	23	1					6	1	8	1	45	1
Classe Hirudinea														
Ordem Rhynchobdellida														
Glossiphonidae			1	3							2	3	3	3
Helobdella sp.			1										1	
Filo Arthropoda														
Classe Chelicerata														
Ordem Acari														
Arrenuridae					2	-					4	-	6	-
Classe Ostracoda														
Ordem Podocopida														
Cyplididae							1	3			12	3	13	3
Classe Insecta														
Ordem Collembola							1	-			1	-	2	-
Ordem Diptera														
Ceratopogonidae								4				4		4
Atrichopogon sp.							2				3		5	
Chironomidae			3	2	56	2	2	2	1	2	14	2	76	2
Ordem Ephemeroptera														
Baetidae							2	5			1	5	3	5
Camelobaetidius sp.							2				4		6	
Caenidae						5								5
Caenis sp.					1								1	
Ordem Hemiptera														
Corixidae											17	4	17	4

Enquadramento Taxonômico	Locais de Amostragem												Total	
	MON		INT		BAR		JUS		TRI		PAS			
	N	B	N	B	N	B	N	B	N	B	N	B	N	B
Notonectidae								4						4
Buenoa sp.							1						1	
Vellidae							1	4					1	4
Ordem Lepidoptera														
Pyralidae							1	7			1	7	2	7
Ordem Odonata														
Coenagrionidae											1	6	1	6
Calopterygidae												8		8
Hetaerina sp.											2		2	
Gomphidae				8										8
Cyanogomphus sp.			1										1	
Ordem Trichoptera														
Hydroptilidae											2	7	2	7
Hydroptila sp.											6		6	
Polycentropodidae				7										7
Cyrnellus sp.			1										1	
Total de organismos	**8**		**30**		**60**		**14**		**10**		**91**		**213**	
Classe/Índice BMWP	**VII**	**1**	**VI**	**21**	**VII**	**10**	**VI**	**29**	**VII**	**3**	**IV**	**65**	**IV**	**96**

Os resultados avaliados para os atributos da comunidade de macroinvertebrados bentônicos (riqueza, equitabilidade e diversidade), expressos na figura 6.4, revelou os maiores índices para os atributos em questão nos locais Jusante e Passatempo (S=10, E=0,97 e H'=2,24 e S=19, E=0,85 e H'=2,52, respectivamente), indicando que, os grupos taxonômicos ali registrados encontraram-se melhores distribuídos. Nos demais locais os valores oscilaram para equitabilidade de (E=0,22), com registro no local Barragem e (E=78) registrado no Tributário, para diversidade variou de (H'=0,31), com registro na Barragem a (H'=1,08) registrado no Tributário. Para o atributo riqueza de grupos taxonômicos os valores oscilaram de (S=1) registrado na Montante a (S=6) registrado Intermediário. Destaca-se que, no local Montante foi registrado apenas um táxon, portanto não apresentou valores para equitabilidade e diversidade.

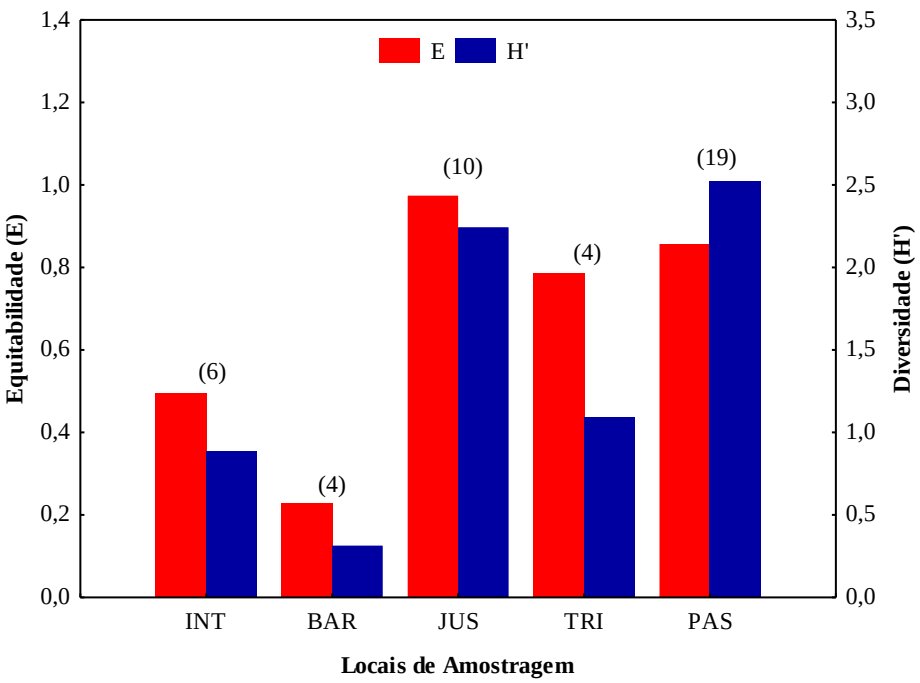

Figura 6.4 – Atributos da comunidade de macroinvertebrados bentônicos, Equitabilidade (E=azul), Diversidade (H'=vermelho) e Riqueza (valores entre parênteses acima das colunas), dos locais de coleta na área de influência da UHE Tibagi Montante, registrados no outono de 2023.

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, apartir do outono de 2017 ao outono de 2023.

MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS - ÍNDICE BMWP UHE TIBAGI MONTANTE														
PONTOS	**Pré - Construção**		**Construção**							**Operação**				
	2017		2018				2019				2020			
	Outono	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Primavera	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	
	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Outono
MON	41	23	11	87	97	14	14	18	3	1
TRI	17	17	7	36	30	18	10	7	1	21
INT	48	11	13	22	24	19	19	11	16	29
BAR	92	58	23	39	6	7	46	38	15	3
PAS	89	83	56	56	91	83	121	63	3	3
JUS	46	45	42	34	25	36	13	15	47	65
UHE Tibagi Montante	164	114	94	164	175	111	142	104	61	96
	Ótima	Aceitável	Duvidosa	Ótima	Ótima	Aceitável	Boa	Aceitável	Duvidosa	Duvidosa

6.3 Considerações Finais

O Monitoramento da comunidade de macroinvertebrados bentônicos, em relação à coleta anterior (verão de 2023), apresentou redução no número de indivíduos e aumento de táxons, principalmente no local Passatempo, visto que, na coleta anterior foram registrados 9 táxons, enquanto que, na presente análise, foram registrados 19 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 e Oligochaeta, foram os mais abundantes. Vale destacar a presença de Ephemeroptera e Trichoptera, que contribuíram com 4,7% e 4,2%, respectivamente do total de indivíduos registrados. Segundo os autores Goulart e Callisto (2003); Hepp e Restello (2007); Vanzela, Hernandez e Franco (2010); Bagatini, Delariva, e Higuti (2012), os indivíduos pertencentes às ordens Ephemeroptera e Trichoptera, são excelentes indicadores de qualidade de água, portanto, a presença desses indivíduos pode ser considerada de grande relevância, pois indivíduos pertencentes a essas ordens 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. Por outro lado, os indivíduos pertencentes à ordem Diptera, segundo Giuliatti e Carvalho (2009), é a mais representativa em termos de indivíduos entre as comunidades de macroinvertebrados bentônicos, estando distribuídos em larga escala nos ambientes aquáticos de água doce.

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

7. ICTIOFAUNA

7.1 Metodologia

As amostragens da ictiofauna, nos seis pontos citados acima, foram realizadas com o auxílio de diferentes petrechos de pesca, como redes de espera, tarrafas, espinhéis e arrastos. As redes de espera (Figura 7.1) foram de malha simples (2,5 a 12 cm entre nós) e feiticeiras (6 a 8 cm entre nós não adjacentes) com 20 m de comprimento (cada) no rio Tibagi e 10 m de comprimento (cada) no Tributário Capivari, as quais ficaram expostas durante 16 horas, instaladas às 16 horas e revistadas às 22 e 8 horas. Além disso, nos locais BAR e PAS foram utilizadas as redes de espera em três estratos diferentes: margem, superfície e fundo. As tarrafas utilizadas (Figura 7.2) foram de malhas 2,5 e 4 cm de entre nós não adjacentes e 15 m de roda (abertura), operadas durante o período diurno, sendo realizados lances de cada malha durante 15 minutos.

Os espinhéis (Figura 7.3) foram utilizados para a captura de peixes de médio e grande porte, sendo compostos por 30 anzóis (7/0) expostos durante 16 horas, instalados às 16 horas e revistados às 22 e 8 horas. As amostragens na zona litorânea foram realizadas para a captura de espécies de pequeno a médio porte, com auxílio de rede de arrasto (Figura 7.4) ou cerco de 10 m de comprimento, 2 m de altura e malha 5 mm de abertura, operadas no período crepuscular vespertino, em cada um dos pontos de amostragem, quando possível.

Os peixes capturados foram anestesiados com hidrocloreto de benzocaína, segundo a Resolução n° 714, de 20 de julho de 2002 do Conselho Federal de Medicina Veterinária, que dispõe sobre procedimentos e métodos de eutanásia em animais. Após este procedimento, os peixes foram fixados em formaldeído 10% e acondicionados em tambores de polietileno. Em laboratório, a identificação das espécies de peixes foi efetuada segundo Ota (2018) e descrições de espécies posteriores. Exemplares testemunhos de cada espécie foram conservados em álcool 70% e depositados em coleção ictiológica da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE/GERPEL).

Figura 7.1 – Coletas com diferentes petrechos de pesca.

De cada exemplar foi obtido o comprimento total (Lt), comprimento padrão (Ls), peso total (Wt), peso das gônadas (Wg), data, local, tipo de aparelho e turno de captura. Além destes fatores, foi analisado o grau de repleção gástrico, o sexo e os estádios de maturidade gonadal. Ao grau de repleção gástrico (GR), que indica o estado de enchimento dos estômagos foi atribuída a seguinte escala: GR0 = estômago vazio; GR1 = estômago parcialmente vazio; GR2 = estômago parcialmente cheio e GR3 = estômago cheio.

A identificação do sexo e dos estádios de maturidade foi feita através da inspeção macroscópica das gônadas, observando-se o tamanho, a forma, a possibilidade de visualização dos ovócitos (no caso dos ovários) e sua posição na cavidade abdominal e foi atribuída a seguinte escala: IMT=imaturo; MAT=desenvolvimento (maturação); RPD=capaz de desovar (Reprodução); ESG=regressão (esgotado); REP=regeneração (repouso) (Brown-Peterson et al., 2011).

Os atributos utilizados como descritores de comunidade, riqueza específica (S=número de espécies), equitabilidade (E) e índice de diversidade de Shannon (H) (Magurran, 1988; Krebs, 1999) foram utilizados para avaliar a organização das assembleias de peixes ao longo do gradiente longitudinal. O índice de Shannon (H') foi definido como:

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

sendo:

s=número de espécies;

p_i=proporção da espécie i.

A equitabilidade (E) foi calculada de acordo com a expressão:

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

sendo:

H'=índice de diversidade de Shannon;

S=número de espécies.

A riqueza, equitabilidade e índice de diversidade de Shannon foram calculados utilizando o software PC-Ord 5.31 (McCune & Mefford, 2006).

Para o cálculo de Captura por Unidade de Esforço (CPUE) foram utilizadas redes de espera simples de malha 2,5 a 12 cm e tresmalho 6, 7 e 8 cm. As capturas em peso por unidade de esforço foram padronizadas para kg/1.000 m^2 de rede*16 h, enquanto as capturas em número de indivíduos por unidade de esforço foram expressas em ind/1.000 m^2 de rede*16 h.

Para a análise da dieta, após as despescas, foi realizada a dissecação dos indivíduos, possibilitando a determinação do grau de repleção dos estômagos. Os estômagos que se encontraram parcialmente cheios ou cheios (Gr 2 e Gr 3,

respectivamente), de acordo com os critérios de Braga (1990), foram retirados e conservados em álcool 70,0%. Como o objetivo da análise da dieta é a comparação entre as estações do ano, estes resultados serão apresentados nos relatórios consolidados.

Para testar se há diferença significativa na proporção sexual entre machos e fêmeas, foi utilizado o teste de Qui-quadrado (χ^2). Segundo Vazzoler (1996) e Mendes (1999), este é um teste não paramétrico, que permite comparar aspectos de uma população que não seja seus parâmetros, tais como média e variância, sendo utilizado para comparar se um conjunto de frequências observadas é igual ou não ao que se esperava observar teoricamente. Sendo que para g.l.=1, valores de $\chi^2>3,84$ serão considerados como significativamente diferentes ($p<0,05$).

$$\chi^2 = \left(\frac{(O - E)^2}{(E)} \right) x 2$$

sendo:

O=Frequência obtida entre machos e fêmeas;

E=Proporção sexual esperada.

Para a determinação do local de reprodução foram utilizadas as frequências de indivíduos nos diferentes estádios de maturação gonadal (fêmeas e machos).

7.2 Resultados e Discussão

Durante a amostragem na área de influência da UHE Tibagi Montante, nos seis locais de coleta, foram capturados 785 indivíduos, sendo as maiores capturas registradas nos locais BAR (259 indivíduos), PAS (239 indivíduos) e TRI (108 indivíduos), enquanto os menores números de indivíduos capturados ocorreram nos locais INT (46 indivíduos) e JUS (61 indivíduos) (Tabela 7.1).

Durante o período amostral (abril de 2023), foram identificadas 30 espécies de peixes distribuídas em 13 famílias e quatro ordens. O número de espécies identificadas foi inferior as coletas referente à primavera e verão de 2022/2023 (33 e 36 espécies, respectivamente), inverno e outono de 2021 (34 espécies em cada coleta), além do Verão de 2022 = 40 espécies; Primavera de 2021 = 37 espécies; Verão de 2021 = 44 espécies; Primavera de 2020 = 47 espécies; Inverno de 2020 = 41 espécies; Outono de 2020 = 41

espécies; Verão de 2020 = 44 espécies e Primavera de 2019 = 44 espécies), sendo superior ao inverno de 2022 (29 espécies).

Quando comparada esta amostragem com o período pré-enchimento o número de espécies registradas foi menor, sendo que no período pré-enchimento foram registradas 63 espécies em 12 coletas na área de influência da UHE Tibagi Montante, porém, comparando a riqueza da fase pré-enchimento (63 espécies) com as amostragens realizadas até o presente momento, durante a fase de operação, o número de espécies registradas teve um pequeno aumento, sendo identificadas 67 espécies de peixes.

No geral, houve grande predomínio das ordens Characiformes (15 espécies) e Siluriformes (13 espécies), que representaram 93,3% do total de espécies identificadas durante o presente estudo. O predomínio destas duas ordens corrobora com vários autores (Lowe-Mcconnell, 1999; Shibatta et al., 2002; Gubiani et al., 2006; Gubiani et al., 2010) para a ictiofauna de rios neotropicais.

Em relação à estratégia reprodutiva das espécies (Tabela 7.1), foram registradas três espécies migradoras de longa distância (*Megaleporinus obtusidens*, *Prochilodus lineatus* e *Brycon hilarii*). De acordo com a portaria nº 148/2022 do Ministério do Meio Ambiente, nenhuma espécie capturada nesta coleta consta como ameaçada de extinção.

Tabela 7.1 – Enquadramento taxonômico e ocorrência das espécies nos seis locais amostrados na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, no Outono de 2023.

Classificação Taxonômica	Nome Vulgar	Estratégia Reprodutiva	Locais de Amostragem					
			MON	INT	BAR	JUS	TRI	PAS
CHARACIFORMES								
Crenuchidae								
Characidium aff. *zebra* Eigenmann, 1909	Charutinho	SSP			1			
Erythrinidae								
Hoplias sp. 2	Traíra	SCC	3	4		1	1	7
Parodontidae								
Apareiodon affinis (Steindachner, 1879)	Canivete	SSP			40			3
Anostomidae								
Leporinus amblyrhynchus Garavello & Britski, 1987	Piau	SSP			17			
Leporinus octofasciatus Steindachner, 1915	Piau-flamengo	SSP			4		2	
Megaleporinus obtusidens (Valenciennes, 1837)	Piapara	MIG	1	2	8	3	6	10
Schizodon nasutus Kner, 1858	Ximboré	SSP	11	2	1		5	10
Prochilodontidae								
Prochilodus lineatus (Valenciennes, 1836)	Curimba	MIG			3			
Bryconidae								
Salminus hilarii Valenciennes, 1850	Tabarana	MIG				2		
Characidae								
Astyanax lacustris (Lütken, 1875)	Lambari	SSP	14	11	27		38	76
Bryconamericus aff. *iheringii* (Boulenger, 1887)	Lambarizinho	SSP			8			
Oligosarcus paranensis Menezes & Géry, 1983	Saicanga	SSP	17	2	24	1	15	17
Piabarchus stramineus (Eigenmann, 1908)	Lambarizinho	SSP					2	
Psalidodon bockmanni (Vari & Castro, 2007)	Lambari	SSP		2				1
Psalidodon fasciatus (Cuvier, 1819)	Lambari	SSP	1	19	99		22	111
GYMNOTIFORMES								
Sternopygidae								
Eigenmannia virescens (Valenciennes, 1847)	Espadinha	SSP					1	
SILURIFORMES								

Classificação Taxonômica	Nome Vulgar	Estratégia Reprodutiva	Locais de Amostragem					
			MON	INT	BAR	JUS	TRI	PAS
Callichthyidae								
Corydoras ehrhardti Steindachner, 1910	Coridoras	SSP					1	
Corydoras longipinnis Knaack 2007	Coridoras	SSP	19				5	1
Loricariidae								
Hypostomus albopunctatus (Regan, 1908)	Cascudo	SCC				1		
Hypostomus ancistroides (Ihering 1911)	Cascudo	SCC				5		1
Hypostomus cf. *paulinus* (Iheringi, 1905)	Cascudo	SCC				6		
Hypostomus commersoni Valenciennes, 1836	Cascudo-avião	SCC			11	2	3	
Hypostomus hermanni (Iheringi, 1905)	Cascudo	SCC				3		
Hypostomus regani (Ihering, 1905)	Cascudo	SCC		1		26		
Hypostomus strigaticeps (Regan, 1908)	Cascudo	SCC			1	9		
Heptapteridae								
Rhamdia quelen (Quoy & Gaimard, 1824)	Bagre	SSP	4	1	1		6	
Pimelodidae								
Iheringichthys labrosus (Lütken, 1864)	Mandi-beiçudo	SSP	1		1			
Pimelodus maculatus La Cepède, 1803	Mandi-amarelo	SSP	1			2	1	
Pimelodus microstoma Steindachner, 1877	Mandi	SSP		2	2			
CICHLIFORMES								
Cichlidae								
Geophagus iporangensis Haseman, 1911	Cará	SCC			12			2
Total Geral			**72**	**46**	**259**	**61**	**108**	**239**

A estrutura da comunidade de peixes (Figura 7.2) mostrou maiores índices de equitabilidade (E) nos locais MON (0,79), JUS (0,77) e INT (0,76) e o menor no loca PAS (0,60). Para a diversidade (H'), os maiores índices foram nos locais BAR (2,04) e TRI (1,99) e os menores nos locais PAS e INT (1,44 e 1,76, respectivamente). Os locais que se destacaram no índice de riqueza (S) foram BAR (17) e TRI (14).

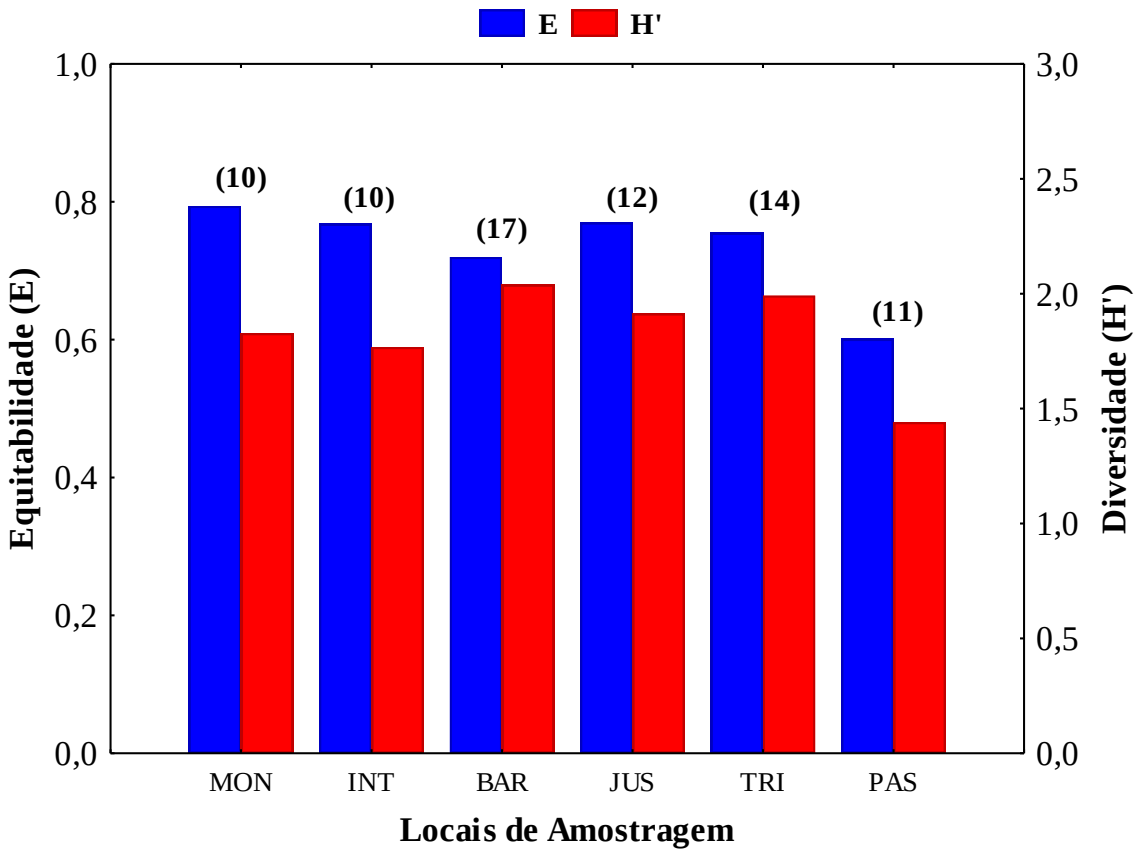

Figura 7.2 – Estrutura da assembleia de peixes da área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, no Outono de 2023.

Entre os locais de amostragem, a captura por unidade de esforço (CPUE) (Figura 8.3A) apresentou maior valor em número no local TRI (415,4 ind./ 1.000m²), seguido dos locais BAR (233,2 ind./ 1.000m²) e PAS (232,3 ind./ 1.000m²). Já em relação a CPUE em biomassa as maiores capturas ocorreram nos locais TRI (33,1 kg/1.000m²) e JUS (31,9 kg/1.000m²) (Figura 7.3A).

Entre as 10 principais espécies capturadas com redes de espera na área de influência da UHE Tibagi Montante, as maiores CPUEs em número de indivíduos foram registradas para *Psalidodon* aff. *fasciatus* (67,0 ind/1000m^2), *Astyanax lacustris* (45,4 ind/1000m^2) e *Oligosarcus paranensis* (19,7 ind/1000m^2), enquanto em biomassa as maiores

CPUEs foram registradas para *Hypostomus regani* (1,9 kg/1000m^2), *Megaleporinus obtusidens* (1,8 kg/1000m^2) e *Schizodon nasutus* (1,4 kg/1000m^2).

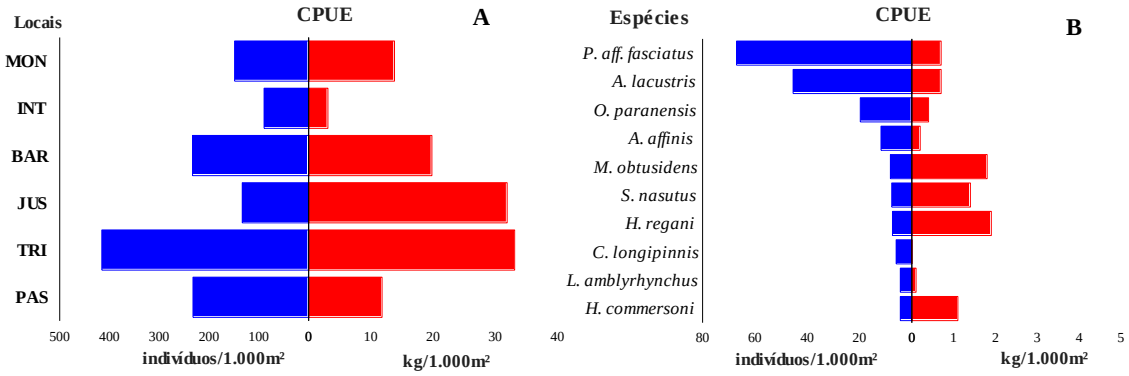

Figura 7.3 – Captura por unidade de esforço com redes de espera, para os seis locais amostrados (A) e para as principais espécies capturadas (B), na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, no Outono de 2023.

Durante as amostragens realizadas no Outono de 2023 na área de influência da UHE Tibagi Montante foi registrada a presença de indivíduos de pequeno, médio e grande porte (Tabela 7.2). Os maiores indivíduos capturados, classificados como de grande porte, pertenceram às espécies *Hoplias* sp. 2 (43,5 cm) e *Megaleporinus obtusidens* (40,0 cm) e enquanto os menores exemplares pertenceram às espécies *Piabarchus stramineus* (2,6 cm), *Corydoras ehrhardti* e *Corydoras longipinnis* (3,0 cm, ambas) (Tabela 7.2). No geral 66,7% das espécies capturadas foram de pequeno porte, 26,7% de médio porte e 6,7% de grande porte.

A proporção sexual entre os indivíduos capturados para cada espécie, considerando apenas as espécies que tiveram mais de 10 exemplares capturados, mostrou diferença significativa, através do teste do χ^2, para as espécies *Hypostomus commersoni*, *Hypostomus regani*, *Hypostomus strigaticeps* e *Psalidodon* aff. *fasciatus* com predomínio de fêmeas não sendo registrado predomínio de machos para nenhuma das espécies analisadas no teste do χ^2 (Tabela 7.2).

Tabela 7.2 – Tamanho mínimo, máximo e médio, porte, proporção de fêmeas e machos e teste do χ^2 das espécies capturadas na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, no Outono de 2023.

Espécies	N	Comprimento padrão (cm)			Porte	%		X^2
		Mínimo	Máximo	Média		Fêmeas	Machos	
A. affinis	43	8,4	11,9	9,3	Pequeno	31,6	68,4	**3,77**
A. lacustris	166	5,7	11,2	7,8	Pequeno	49,0	51,0	**0,12**
B. aff. *iheringii*	8	3,1	5,6	4,4	Pequeno	50,0	50,0	-
C. aff. *zebra*	1	3,3	3,3	3,3	Pequeno	-	-	-
C. ehrhardti	1	3,0	3,0	3,0	Pequeno	-	-	-
C. longipinnis	25	3,0	6,5	5,3	Pequeno	54,5	45,5	**0,40**
E. virescens	1	19,8	19,8	19,8	Pequeno	100,0	0,0	-
G. iporangensis	14	6,3	15,0	11,9	Pequeno	38,5	61,5	**1,13**
Hoplias sp. 2	16	16,5	43,5	36,5	Grande	40,0	60,0	**1,00**
H. albopunctatus	1	17,0	17,0	17,0	Pequeno	100,0	0,0	-
H. ancistroides	6	12,0	16,0	14,3	Pequeno	16,7	83,3	-
H. cf. *paulinus*	6	10,0	14,0	12,2	Pequeno	50,0	50,0	-
H. commersoni	16	15,0	27,0	21,7	Médio	12,5	87,5	**10,29**
H. hermanni	3	12,0	14,0	12,7	Pequeno	33,3	66,7	-
H. regani	27	8,7	32,0	21,1	Médio	29,6	70,4	**6,37**
H. strigaticeps	10	5,3	19,0	14,7	Pequeno	11,1	88,9	**6,13**
I. labrosus	2	10,3	13,5	11,9	Pequeno	50,0	50,0	-
L. amblyrhynchus	17	6,7	15,8	9,7	Pequeno	31,3	68,8	**3,27**
L. octofasciatus	6	4,4	25,0	10,9	Médio	100,0	0,0	-
M. obtusidens	30	7,1	40,0	15,4	Grande	33,3	66,7	**1,50**
O. paranensis	76	5,9	17,7	10,2	Pequeno	49,3	50,7	**0,03**
P. stramineus	2	2,6	3,4	3,0	Pequeno	-	-	-
P. maculatus	4	8,5	24,0	14,3	Médio	25,0	75,0	-
P. microstoma	4	7,5	13,6	10,8	Pequeno	50,0	50,0	-
P. lineatus	3	32,0	33,0	32,5	Médio	66,7	33,3	-
P. aff. *bockmanni*	3	5,5	8,0	6,7	Pequeno	33,3	66,7	-
P. aff. *fasciatus*	252	3,1	12,9	7,8	Pequeno	32,1	67,9	**31,08**
R. quelen	12	15,8	33,5	26,7	Médio	50,0	50,0	**0,00**
S. hilarii	2	29,0	30,0	29,5	Médio	50,0	50,0	-
S. nasutus	29	11,8	31,0	20,1	Médio	48,1	51,9	**0,07**

A frequência reprodutiva (Figura 7.4) dos peixes capturados na área de influência da UHE Tibagi Montante mostrou predomínio de indivíduos em repouso gonadal (Rep) em todos os locais de amostragem. Considerando os indivíduos em reprodução, as maiores ocorrências foram verificadas nos locais INT (17,39%), MON (15,94%) e TRI (15,56%).

Em relação as 10 principais espécies capturadas (Figura 7.5), apenas a espécie *Megaleporinus obtusidens* apresentou em sua maioria indivíduos imaturos (Imt = 68,00%) as demais espécies *Psalidodon* aff. *fasciatus*, *Astyanax lacustris*, *Oligosarcus paranensis*, *Schizodon nasutus*, *Hypostomus regani*, *Corydoras longipinnis*, *Apareiodon affinis*, *Leporinus amblyrhynchus* e *Hypostomus commersoni* apresentaram maior ocorrência de indivíduos em repouso gonadal (Rep) (Figura 7.5).

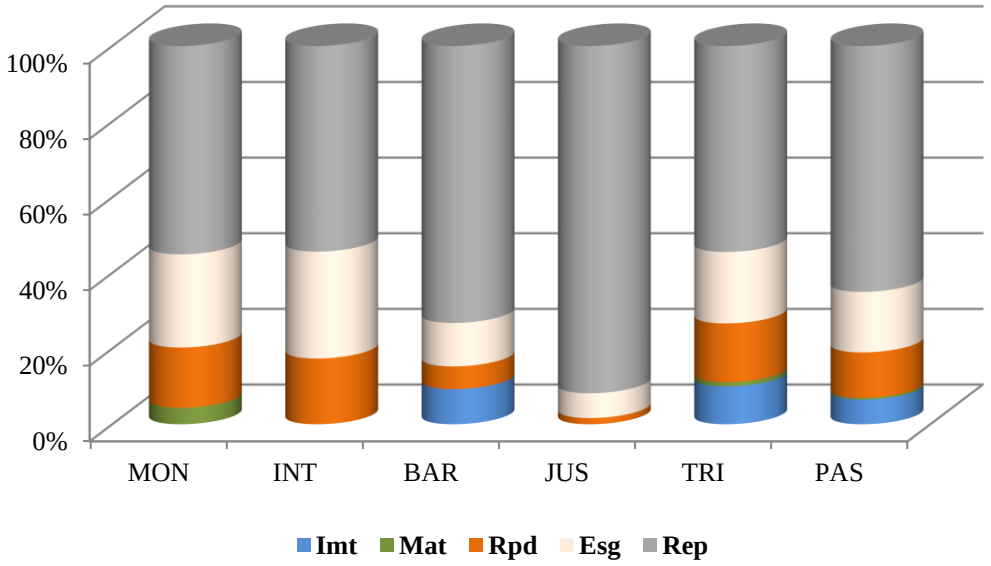

Figura 7.4 – Frequência reprodutiva dos indivíduos capturados em cada local de amostragem na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, no Outono de 2023.

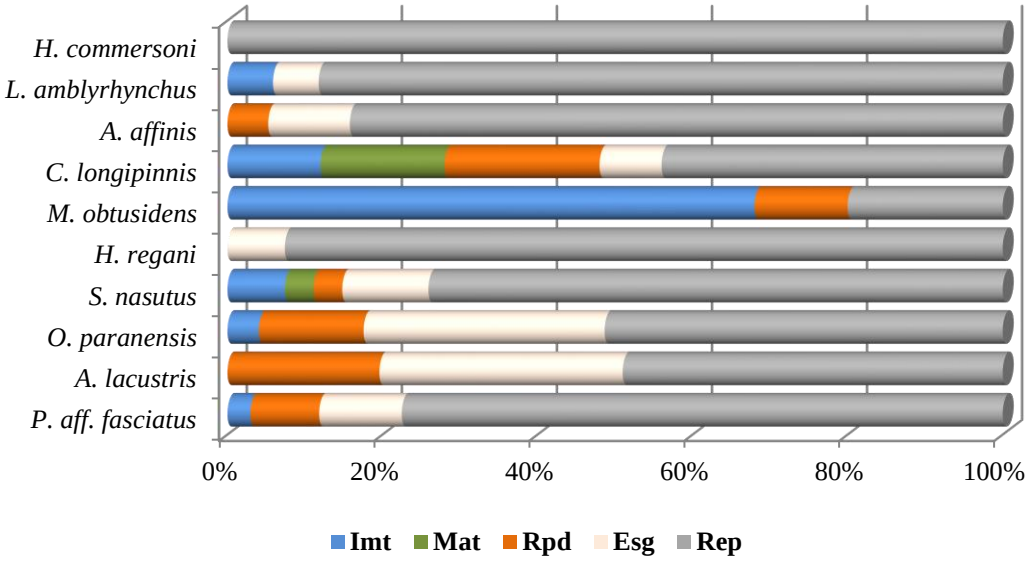

Figura 7.5 – Frequência reprodutiva das principais espécies capturadas na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, no Outono de 2023.

- **Espécies migradoras de longa distância (MIG)**

Nos seis locais de amostragem da UHE Tibagi Montante, foram registradas três espécies migradoras de longa distância, totalizando 35 indivíduos (Tabela 7.3), com a maior captura nos locais BAR e PAS (8 e 10 indivíduos, respectivamente). A espécie

Megaleporinus obtusidens foi a mais capturada (30 indivíduos), seguida de *Prochilodus lineatus* (3 indivíduos) e *Salminus hilarii* (2 indivíduos).

Tabela 7.3 – Ocorrência das espécies migradoras de longa distância (MIG) nos locais amostrados na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, no Outono de 2023.

Espécies	Locais de Amostragem					
	MON	INT	BAR	JUS	TRI	PAS
M. obtusidens	1	2	8	3	6	10
P. lineatus			3			
S. hilarii				2		
Total	**1**	**2**	**11**	**5**	**6**	**10**

Em relação à atividade reprodutiva das espécies migradoras (Figura 7.6), houve predomínio de indivíduos em repouso gonadal (Rep) nos locais MON (100,00%) e JUS (100,0%), de indivíduos em reprodução no local INT (100,00%) e de indivíduos imaturos (Imt) nos locais PAS (100,0%) e TRI (66,67%), já no local BAR 50,00% dos indivíduos capturados estavam em repouso gonadal (Rep) e 50,00% eram indivíduos jovens (Imt).

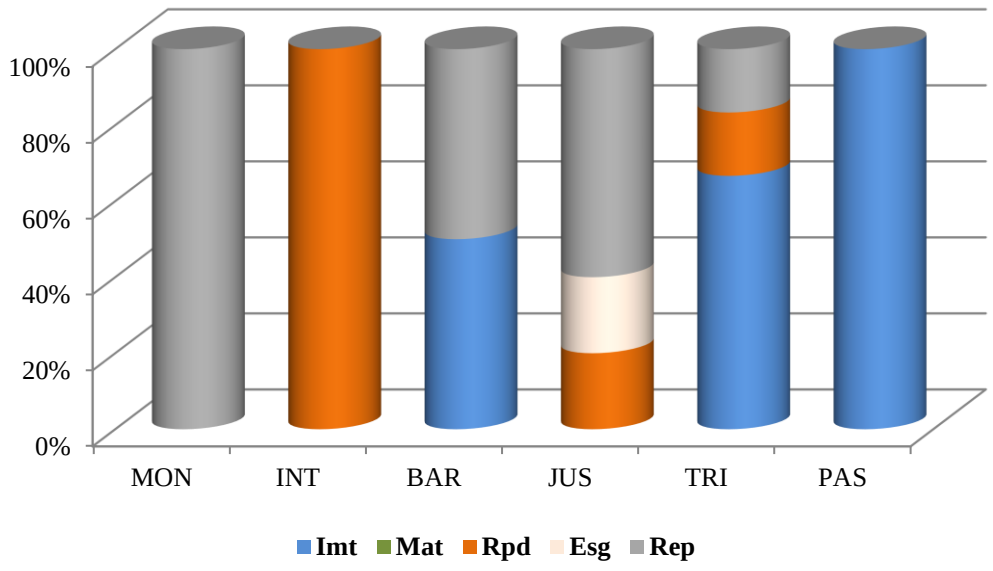

Figura 7.6 – Frequência reprodutiva dos indivíduos capturados em cada local de amostragem na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, no Outono de 2023.

Quando analisada a atividade reprodutiva das espécies migradoras de longa distância (Figura 7.7), a espécie *Megaleporinus obtusidens* apresentou 68,00 % dos exemplares imaturos, seguido dos indivíduos em repouso gonadal (Rep; 20,00%). A espécie *Prochilodus lineatus* apresentou 100,0% de exemplares em repouso gonadal (Rep). Quanto

aos dois exemplares da espécie *Salminus hilarii* capturados nesta coleta, um estava em reprodução e o outro esgotado (Esg).

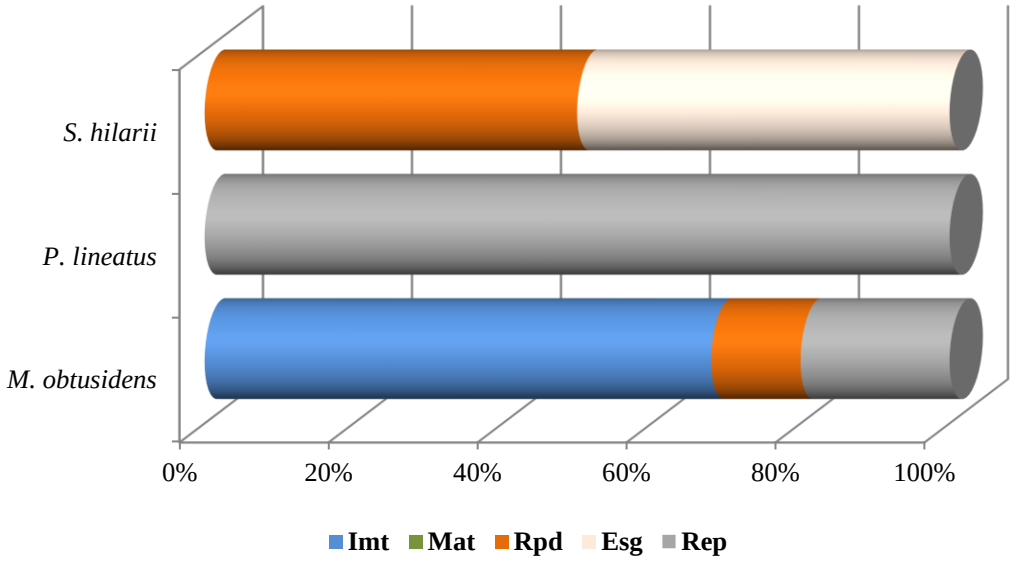

Figura 7.7 – Frequência reprodutiva das espécies migradoras de longa distância capturadas na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, no Outono de 2023.

- **Atividade Alimentar**

Em relação à atividade alimentar (Figura 7.8), todos os locais de amostragem apresentaram indivíduos com vestígios de alimento no estômago, porém a maior frequência de indivíduos com GR-2 e GR-3 foi verificada no local INT (GR-2 = 22,22% e GR-3 = 26,67%). Em todos os locais analisados a maior frequência foi de GR-0 (estômago vazio) e GR-1 (parcialmente vazio), com exceção do local INT (predomínio de GR-0 e GR-3).

De acordo com a Tabela 7.4, verificou-se a presença de 5 guildas tróficas para as 30 espécies capturadas no rio Tibagi na área de influência da UHE Tibagi Montante, com predomínio de espécies detritívoras (11 espécies), onívoras (9 espécies), herbívoras (5 espécies), piscívoras (3 espécies) e insetívoras (2 espécies).

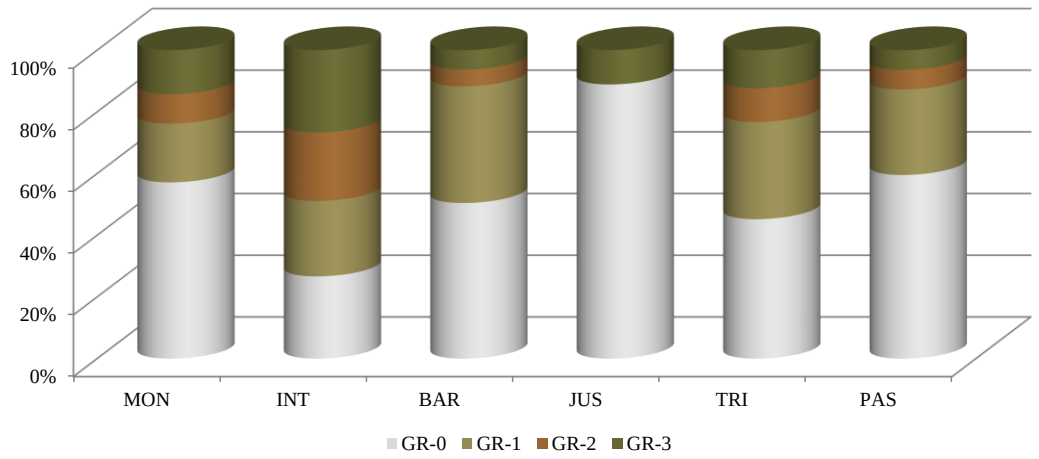

Figura 7.8 - Atividade alimentar em função dos diferentes graus de repleção gástrica (GR=0; GR=1; GR=2; GR=3) registrados na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, no Outono de 2023.

Tabela 7.4 - Guildas tróficas das espécies amostradas na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, no Outono de 2023.

Espécies	Guildas tróficas	Espécies	Guildas tróficas
A. affinis	detritívora	*H. strigaticeps*	detritívora
A. lacustris	herbívora	*I. labrosus*	herbívora
B. aff. *iheringii*	detritívora	*L. amblyrhynchus*	onívora
C. aff. *zebra*	onívora	*L. octofasciatus*	herbívora
C. ehrhardti	detritívora	*M. obtusidens*	onívora
C. longipinnis	detritívora	*O. paranensis*	onívora
E. virescens	insetívora	*P. stramineus*	onívora
G. iporangensis	onívora	*P. maculatus*	onívora
Hoplias sp. 2	piscívora	*P. microstoma*	insetívora
H. albopunctatus	detritívora	*P. lineatus*	detritívora
H. ancistroides	detritívora	*P.* aff. *bockmanni*	herbívora
H. cf. *paulinus*	detritívora	*P.* aff. *fasciatus*	herbívora
H. commersoni	detritívora	*R. quelen*	onívora
H. hermanni	piscívora	*S. hilarii*	piscívora
H. regani	detritívora	*S. nasutus*	onívora

- **Comparação entre as fases de Pré e Pós-enchimento**

Até o presente momento foram realizadas 24 coletas do Programa de Monitoramento da Ictiofauna da UHE Tibagi Montante, com nove coletas (abril de 2017 a julho de 2019) antes do enchimento do reservatório (fase pré enchimento) e 15 coletas no período pós enchimento (outubro de 2019 a abril de 2023). Ao todo foram registradas 72 espécies de peixes (Tabela 7.5), pertencentes a 6 ordens e 19 famílias, deste total, 64 espécies foram registradas na fase de pré enchimento do reservatório e 66 espécies na fase pós-enchimento, sendo que:

- 06 espécies foram capturadas somente no período anterior ao enchimento, sendo elas: *Brycon nattereri, Gymnotus pantanal, Heptapterus longicauda; Hypostomus* cf. *nigromaculatus, Oligosarcus pintoi* e *Psalidodon* aff. *paranae.*
- 08 espécies foram registradas apenas após a formação do reservatório, sendo elas: *Bryconamericus exodon, Bryconamericus turiuba, Coptodon rendalli, Hyphessobrycon boulengeri, Hoplias mbigua, Neoplecostumus yapo, Odontostilbe* cf. *avanhandava*, *Pimelodus* cf. *argenteus* e *Synbranchus marmoratus*.
- 58 espécies foram registradas nas duas fases (pré e pós).

Importante enfatizar, que o não registros de algumas espécies que ocorreram anteriormente a formação do reservatório, não significa que as mesmas foram extintas, tampouco, o registro de novas espécies na fase de operação (pós), pode ser atribuída a introduções, exceto *Coptodon rendalli* (tilápia) que certamente é devido ao escape de pisciculturas.

Tabela 7.5 - Enquadramento taxonômico e ocorrência das espécies, considerando as fases de Pré e Pós Enchimento do Reservatório, na área de influência da UHE Tibagi Montante, rio Tibagi, seguindo Van Der Laan (2021), levando-se em consideração a estratégia reprodutiva (SSP=sedentária ou migrador de curta distância sem cuidado parental; SCC=sedentária ou migrador de curta distância com cuidado parental; SFIE=sedentário ou migrador de curta distância com fecundação interna e desenvolvimento externo; SFII= sedentário ou migrador de curta distância com fecundação interna e desenvolvimento interno; MIG=migrador de longa distância). *espécies capturadas exclusivamente na fase pré enchimento, ** espécies capturadas exclusivamente na fase pós-enchimento.

Classificação Taxonômica	Nome Vulgar	Estratégia Reprodutiva	Fases	
			Pré	Pós
CHARACIFORMES				
Crenuchidae				
Characidium aff. *zebra* Eigenmann, 1909	Charutinho	SSP	2	24
Erythrinidae				
***Hoplias mbigua* Azpelicueta, Benítez, Aichino & Mendez 2015	Traíra	SCC		31
Hoplias sp. 2	Traíra	SCC	6	302
Parodontidae				
Apareiodon affinis (Steindachner, 1879)	Canivete	SSP	30	716
Apareiodon ibitiensis Amaral Campos, 1944	Canivete	SSP	3	29
Apareiodon piracicabae (Eigenmann, 1907)	Canivete	SSP	119	47
Parodon nasus Kner, 1859	Canivete	SSP	50	138
Anostomidae				
Leporellus vittatus (Valenciennes, 1850)	Solteira	SSP	2	20
Leporinus amblyrhynchus Garavello & Britski, 1987	Piau	SSP	220	1.089
Leporinus friderici (Bloch, 1794)	Piau-três-pintas	SSP	11	14
Leporinus octofasciatus Steindachner, 1915	Piau-flamengo	SSP	399	479
Leporinus striatus Kner, 1858	Piau-listrado	SSP	70	110
Megaleporinus obtusidens (Valenciennes, 1837)	Piapara	MIG	220	486
Megaleporinus piavussu (Britski, Birindelli & Garavello, 2012)	Piapara	MIG	8	23
Schizodon altoparanae Garavello & Britski, 1990	Piau-bosteiro	SSP	65	12
Schizodon nasutus Kner, 1858	Ximboré	SSP	130	1.058
Prochilodontidae				

Classificação Taxonômica	Nome Vulgar	Estratégia Reprodutiva	Fases	
			Pré	Pós
Prochilodus lineatus (Valenciennes, 1836)	Curimba	MIG	24	49
Bryconidae				
**Brycon nattereri Günther*, 1864	Pirapitinga	MIG	1	
Salminus brasiliensis (Cuvier, 1816)	Dourado	MIG	1	1
Salminus hilarii Valenciennes, 1850	Tabarana	MIG	132	166
Characidae				
***Hyphessobrycon boulengeri* (Eigenmann 1907)	Piquira	SSP		3
Astyanax lacustris (Lütken, 1875)	Lambari	SSP	114	4.502
Bryconamericus aff. *iheringii* (Boulenger, 1887)	Lambarizinho	SSP	4	101
***Bryconamericus exodon* Eigenmann, 1907	Lambarizinho	SSP		38
***Bryconamericus turiuba* Langeani; Lucena; Pedrini & Tarelho-Pereira, 2005	Piquira	SSP		1
Knodus moenkhausii (Eigenmann & Kennedy, 1903)	Piquira	SSP	2	6
***Odontostilbe avanhandava* Chuctaya, Bührnheim,Malabarba, 2018	Lambarizinho	SSP		2
Oligosarcus paranensis Menezes & Géry, 1983	Saicanga	SSP	102	2.211
**Oligosarcus pintoi* Amaral Campos 1945	Saicanga	SSP	1	
Piabarchus stramineus (Eigenmann, 1908)	Piquira	SSP	112	375
Piabina argentea Reinhardt, 1867	Piquira	SSP	209	568
Psalidodon aff. *bockmanni* (Vari & Castro, 2007)	Lambari	SSP	4	441
Psalidodon aff. *fasciatus* (Cuvier, 1819)	Lambari	SSP	1.605	3.707
**Psalidodon* aff. *paranae* (Eigenmann, 1914)	Lambari	SSP	1	
Serrapinnus notomelas (Eigenmann, 1915)	Piquira	SSP	2	89
GYMNOTIFORMES				
Sternopygidae				
Eigenmannia trilineata López & Castello, 1966	Espadinha	SSP	2	24
Eigenmannia virescens (Valenciennes, 1847)	Espadinha	SSP	2	7
Gymnotidae				

Classificação Taxonômica	Nome Vulgar	Estratégia Reprodutiva	Fases	
			Pré	Pós
Gymnotus inaequilabiatus (Valenciennes, 1839)	Morenita	SSP	4	12
Gymnotus sylvius Albert & Fernandes-Matioli, 1999	Morenita	SSP	1	2
**Gymnotus pantanal* Fernandes, Albert, Daniel-Silva, Lopes, Crampton & Almeida-Toledo, 2005	Morenita	SSP	1	
SILURIFORMES				
Trichomycteridae				
Paravandellia oxyptera Miranda-Ribeiro, 1912	Candiru-vampiro	SI	2	9
Callichthyidae				
Callichthys callichthys (Linnaeus, 1758)	Caboja	SCC	1	1
Corydoras ehrhardti Steindachner, 1910	Coridoras	SSP	1	9
Corydoras longipinnis Knaack 2007	Coridoras	SSP	38	629
Loricariidae				
Hypostomus albopunctatus (Regan, 1908)	Cascudo	SCC	33	313
Hypostomus ancistroides (Ihering 1911)	Cascudo	SCC	62	239
**Hypostomus* cf. *nigromaculatus* (Schubart, 1967)	Cascudo	SCC	1	
Hypostomus cf. *paulinus* (Iheringi, 1905)	Cascudo	SCC	151	1.426
Hypostomus strigaticeps (Regan, 1908)	Cascudo	SCC	154	397
Hypostomus commersoni Valenciennes, 1836	Cascudo-avião	SCC	31	91
Hypostomus hermanni (Iheringi, 1905)	Cascudo	SCC	111	1.055
Hypostomus margaritifer (Regan, 1908)	Cascudo	SCC	43	89
Hypostomus microstomus Weber, 1987	Cascudo	SCC	40	19
Hypostomus regani (Ihering, 1905)	Cascudo	SCC	54	382
Megalancistrus parananus (Peters, 1881)	Cascudo-abacaxi	SCC	4	14
Neoplecostomus yapo Zawadzki, Pavanelli & Langeani, 2008	Cascudinho	SCC		8
Heptapteridae				
**Heptapterus longicauda* (Borodin 1927)	Cascudinho	SSP	2	
Imparfinis mirini Haseman 1911	Bagrinho	SSP	10	70

Classificação Taxonômica	Nome Vulgar	Estratégia Reprodutiva	Fases	
			Pré	Pós
Imparfinis schubarti (Gomes, 1956)	Bagrinho	SSP	12	2
Pimelodella gracilis (Vallenciennes, 1835)	Bagrinho	SSP	6	10
Rhamdia quelen (Quoy & Gaimard, 1824)	Bagre	SSP	92	217
Pimelodidae				
Iheringichthys labrosus (Lütken, 1864)	Mandi-beiçudo	SSP	396	677
Pimelodus argenteus Perugia 1891	Mandi	SSP	1	6
Pimelodus maculatus La Cepède, 1803	Mandi-amarelo	SSP	25	1.293
Pimelodus microstoma Steindachner, 1877	Mandi	SSP	289	631
Pimelodus paranaensis Britski & Langeani 1988	Mandi	SSP	2	9
Steindachneridion scriptum (Miranda-Ribeiro, 1918)	Sorubim	SSP	3	4
Pseudopimelodidae				
Pseudopimelodus mangurus (Valenciennes, 1835)	Bagre-sapo	SSP	4	9
CICHLIFORMES				
Cichlidae				
Coptodon rendalli (Boulenger, 1897)	Tilápia	SCC		2
Geophagus iporangensis Haseman, 1911	Cará	SCC	12	393
CYPRINODONTIFORMES				
Poeciliidae				
Phalloceros harpagos Lucinda, 2008	Barrigudinho	SFII	1	2
SYNBRANCHIFORMES				
Synbranchidae				
***Synbranchus marmoratus* Bloch, 1795	Mussum	SSP		1
Total Geral			**5.240**	**24.890**

Segundo Baumgartner et al. (2016), com a formação do reservatório ocorre um aumento da abundância das espécies, principalmente das forrageiras, no entanto, após algum tempo esta abundância decresce, porém, deverá ficar em um nível mais alto que o verificado na fase de pré enchimento, porém essa afirmação só poderá ser definitivamente constatada com a continuidade do monitoramento da comunidade de peixes na área da UHE Tibagi Montante.

Entre as espécies migradoras de longa distância, foram registradas até o momento seis espécies (*Brycon nattereri, Megaleporinus obtusidens, Megaleporinus piavussu, Prochilodus lineatus, Salminus brasiliensis e Salminus hilarii*).

Com relação ao status de conservação das espécies, considerando todo o período analisado, de acordo com a portaria nº 148/2022 do Ministério do Meio Ambiente, apenas a espécie *Steindachneridion scriptum* foi categorizada como "EN" "Em Perigo", e teve ocorrência em ambas as fases, com três exemplares na fase pré-enchimento e quatro na fase pós-enchimento.

7.3 Considerações Finais

Na presente amostragem da UHE Tibagi Montante, referente ao Outono de 2023, foram registradas 30 espécies de peixes, sendo este número inferior ao registrado na coleta anterior (36 espécies) e na coleta da primavera de 2022 (33 espécies).

Entre as espécies capturadas, ressalta-se a presença de *Megaleporinus obtusidens, Prochilodus lineatus* e *Salminus hilarii* espécies migradoras que necessitam de longos trechos de rio para realizarem seus processos reprodutivos, sendo que esses peixes já haviam sido registrados anteriormente, nos períodos pré e pós enchimento do reservatório, a montante e a jusante do barramento.

Os maiores índices de equitabilidade foram registrados nos locais MON, INT e TRI, enquanto os maiores índices de diversidade ocorreram nos locais BAR e TRI. Para o índice riqueza de espécies, os locais BAR e TRI apresentaram os maiores valores.

As espécies mais capturadas com redes de espera em número de indivíduos foram *Psalidodon* aff. *fasciatus, Astyanax lacustris* e *Oligosarcus paranensis*, enquanto em biomassa as maiores CPUEs foram registradas para *Hypostomus regani*, *Megaleporinus obtusidens* e *Schizodon nasutus*

Nesta amostragem foram capturados indivíduos de pequeno, médio e grande porte, sendo que os maiores indivíduos pertenceram às espécies *Hoplias* sp. 2 e

Megaleporinus obtusidens, enquanto os menores exemplares pertencem às espécies *Piabarchus stramineus*, *Corydoras ehrhardti* e *Corydoras longipinnis.*

A atividade alimentar foi registrada em todos os locais, identificando-se 5 guildas tróficas, sendo 11 espécies detritívoras, 9 espécies onívoras, 5 espécies herbívoras, 3 espécies piscívoras e 2 espécies insetívoras.

Em relação à atividade reprodutiva, tanto nos locais de amostragem e para as principais espécies capturadas, foi verificada a presença dos cinco estádios de maturação gonadal, sendo que grande parte dos indivíduos se encontrava com gônadas em repouso (Rep), principalmente nos locais JUS e BAR. Esses resultados demonstram que na área de estudo, o período reprodutivo está se encerrando, o que é o esperado para a região Neotropical, que coincide com o período das chuvas, elevação dos níveis dos rios, aumento da temperatura e fotoperíodo prolongado. Esse resultado é semelhante aos levantamentos anteriores, que indicam o período entre primavera e verão como o pico reprodutivo e o outono como término do mesmo.

Para as espécies migradoras de longa distância, houve uma maior abundância e riqueza de espécies em relação à coleta anterior, sendo que os locais BAR, PAS e TRI obtiveram o maior número de indivíduos, com predomínio da espécie *Megaleporinus obtusidens.* Cabe ressaltar a grande frequência de indivíduos jovens/imaturos nestes locais, o que pode representar que a espécie em questão possa estar utilizando-se destes ambientes como áreas de recrutamento para seus indivíduos.

Para essa campanha, nenhuma espécie foi registrada como ameaçada de extinção, de acordo com a portaria nº 148/2022 do Ministério do Meio Ambiente. Durante todo o programa, como já mencionado, foi registrada apenas a espécie *Steindachneridion scriptum.*

De maneira geral, os estudos realizados até o momento confirmaram que os trechos do rio Tibagi, tanto a montante quanto a jusante da UHE Tibagi Montante, reúnem condições adequadas para a manutenção das espécies migradoras de longa distância existentes na Área de Influência deste empreendimento, ressaltando ainda a identificação de indivíduos jovens e imaturos ao longo das áreas de amostragem, tudo a corroborar que, embora a implantação do empreendimento constitua barreira física, a comunidade ictiofaunística segue viável tanto na porção montante quanto a jusante do empreendimento.

Soma-se a isso, a existência de rotas migratórias a jusante nos rios Tibagi e Iapó, com cerca de 116 km de extensão, bem como a montante, pelo próprio rio Tibagi, com pelo menos 192 km de extensão livre, que em linha com os estudos de Pelicice et al. (2012) por

constituírem trechos livres com mais de 100 km de extensão são suficientes para a manutenção de espécies migradoras de longas distâncias.

Tendo em vista os resultados supracitados e a manutenção do ictioplâncton, é possível afirmar que os trechos livres presentes constituem ambientes de desova e criadouros, corroborando o entendimento de Pelicice et al (2012), ou seja, os trechos livres, tanto a montante como a jusante, reúnem as condições necessárias para a ictiofauna migratória.

Por fim, cumpre ainda relembrar que a UHE Mauá, localizada no rio Tibagi cerca de 120 km a jusante da UHE Tibagi Montante, não possui Mecanismo de Transposição de Peixes ("STP") e, portanto, estabelece barreira física às espécies migradoras. Segundo os levantamentos de Lactec (2013) 03 (três) das 06 (seis) espécies migradoras de longas distâncias registradas previamente ao enchimento da UHE Mauá foram inventariadas após a formação do reservatório, sendo elas: *Leporinus elongatus =Megaleporinus obtusidens* (piapara), *Pimelodus maculatus* (mandi) e *Prochilodus lineatus* (curimba). Destas, as espécies *Megaleporinus obtusidens* e *Prochilodus lineatus* são identificadas a montante e a jusante da UHE Tibagi Montante.

Cabe ressaltar, no que concerne a espécie Pimelodus maculatus, esta apresenta sucesso reprodutivo em reservatórios, não necessitando de longos trechos lóticos para realizar sua desova (Agostinho et al., 2003), deste modo, esta espécie tem sido aqui, considerada como sedentária ou migradora de curta distância, sem cuidado parental (SSP).

Por todo o exposto conclui-se por não se recomendar a instalação de STP, dado a ausência de justificativa ecológica e benefício ambiental, bem como os riscos de resultar em impactos negativos sobre a ictiofauna, conforme ampla discussão que envolve a implantação de mecanismos dessa natureza em cenários sem claro benefício. Sendo assim, reforça-se o entendimento originalmente trazido no EIA no sentido de contraindicar, não só a implantação de mecanismos de transposição, mas também eventuais ações de "repovoamento" do reservatório. De todo modo, a continuidade do monitoramento embasará avaliações contínuas do tema, em conjunto com o corpo técnico do IAT.

8. REFERÊNCIAS CONSULTADAS

Agostinho, A. A.; Gomes, L. C. **Reservatório de Segredo:** bases ecológicas para o manejo. Maringá: EDUEM, 1997.

Agostinho, A.A., Gomes, L.C. & Pelicice, F.M. 2007. **Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil.** EDUEM, Maringá.

Agostinho, A.A.; Gomes, L.C.; Suzuki, H.I.; Júlio Jr., H.F. Migratory fishes of the Upper Paraná river basin, Brazil. *In*: Carolsfeld, J., Harvey, B., Ross, C.; Baer, A. (Eds). Migratory fishes of South America: biology, fisheries and 57 conservation status. Ottawa: World Fisheries Trust/International Development Reasearch Center; Washington, D.C.: **International Bank for Reconstruction and Development/The World Bank**, ch2, p.19-98. 2003.

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.

Amaral, M.C.E.; Bittrich, V.; Faria, A.D.; Anderson, L.O.; Aona, L.Y.S. 2008. **Guia de Campo para Plantas Aquáticas e Palustres do Estado de São Paulo**. Holos Editora, Ribeirão Preto. 452p.

AMERICAN Public Health Association. **Standard Methods For The Examination of Water and Wastewater**. 23 ed. Washington: APHA, 2017, 1496 p

APHA. American Public Health Association. **Standard methods for the examination of water and wasterwater**. Washington: Byrd Prepress Springfield, 2012.

Arrieira, 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.

Baumgartner, M.T.; Baumgartner, G.; Gomes, L.C. The effects of rapid water level changes on fish assemblages: The case of a spillway gate collapse in a Neotropical reservoir. **River Research and Applications**. Prévia online, DOI: 10.1002/rra.3110

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.; Gumy, 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 impoudment 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. Boubee, 570 p.

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

Braga, F.M.S. 1990. Aspectos da reprodução e alimentação de peixes comuns em um trecho do rio Tocantins entre Imperatriz e Estreito, Estados do Maranhão e Tocantins, Brasil. **Rev. Bras. Biol**., Rio de Junho, 50(3): 547-558.

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.

Brown-Peterson, N.J.; Wyanski, D.M.; Saborido-Rey, F.; Macewicz, B.J.; Lowerre-Barbieri, S.K. 2011. A standardized terminology for describing reproductive development in fishes. **Marine and Coastal Fisheries**. v. 3. nº. 1. p. 52 - 70.

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 28 de maio de 2020.

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. & Fabrizy, 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 Fellipo, R. Colonização e regressão da comunidade de macrófitas aquáticas no reservatório da UHE Serra da Mesa Goiás. In: Thomaz, S. M.; Bini, L. M. (Eds.) **Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas**. Maringá: EDUEM, 2003. p. 281-297

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.

Dias-Koberstein, T.C.R.; Neto, A.G.; De Stéfani, M.V.; Malheiros, E.B.; Zanardi, M.F.; Santos, M.A. 2007. Reversão Sexual de Larvas de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)

por Meio de Banhos de Imersão em Diferentes Dosagens Hormonais. **Rev. Acad.**, Curitiba, v.5, n.4, p. 391-395.

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.

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.

Gubiani, E.A.; Daga, V.S.; Frana, V.A.; Graça, W.J. 2010. Fish, Toledo urban streams, São Francisco Verdadeiro River drainage, upper Paraná River basin, state of Paraná, Brazil. **Check List**, 6(1): 45-48.

Gubiani, E.A.; Holzbach, A.J.; Baumgartner, G.; Rezende Neto, L.B.; Bergmann, F. 2006. Fish, Piquiri River, Upper Paraná River Basin, Paraná State, Brazil. **Check List,** 2(3): 9-14.

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

Hepp, Luiz Ubiratan; Restello, Rozane Maria. Macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores da qualidade das águas do Alto Uruguai Gaúcho**. Zakrzeviski, S.B. Conservação e uso sustentável da água: múltiplos olhares.** Erechim, Edifapes, p. 75-86, 2007.

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

Inmetro. 2017. ABNT ISSO/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.

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

Koste, W. 1978. Rotatoria Die Radertiere Mitteleuropas bergründet 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, Marta 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, NR., 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.

Lowe-McConnell, R.H. 1999. **Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais**. Edusp, São Paulo

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 invertted microscope method of estimating algal number and the statistical basis of estimating by couting**. 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 calanoida 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. 2006. **PC-ORD: multivariate analysis of ecological data**. Version 5.14. 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.

Mendes, P.P. 1999. **Estatística aplicada a aqüicultura**. Recife. Bagas.

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.

Ota, R.R.; Deprá, G. C.; Graça, W.J. da & Pavanelli, C.S. 2018. Peixes da planície de inundação do alto rio Paraná e áreas adjacentes: revised, annotated and updated**. Neotropical Ichthyology,** 16(2), e170094. Epub June 11, 2018. Disponível em: https://dx.doi.org/10.1590/1982-0224-20170094.

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

Pelicice, F. M. & A. A. Agostinho. 2008. Fish-passage facilities as ecological traps in large neotropical rivers. Conservation Biology, 22: 180-188.

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 estúdio de los Macroinvertebrados acuaticos Del Departamento Del Atioquia. Colombia**: Editorial Presencia Ltda. 217 p.

Phillips, I.; Burton, E. Nutrient leaching in undisturbed cores of an acidic sandy Podosol 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.

Raghiante, 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, Rs., Menezes, Na., Britski, Ha., Costa, Wjem. & 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 *Difflugia 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.

Shibatta, O.A.; Gealh, A.M.; Bennemann, S.T. 2007. Ictiofauna dos trechos alto e médio da bacia do rio Tibagi, Paraná, Brasil. **Biota Neotropica**. v. 7, n.º 1. p. 125-134

Shibatta, O.A.; Orsi, M.L.; Bennemann, S.T.; Silva-Souza, A.T. 2002. Diversidade e distribuição de peixes na bacia do rio Tibagi. In: Medri, M. E; Shibatta O.A.; Pimenta, J.A. eds. **A bacia do rio Tibag**i. Londrina, p. 403-423.

Shiozawa, D. K. Microcrustacea from the benthos of nine Minnesota streams. **Journal of the North American Benthological Societ***y*, 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. *Difflugia gramen* Pénard, *Difflugia gramen* var. *achlora* Pénard and *Difflugia 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.

Suzuki, R. 2011. **Guia de Plantas Aquáticas.** Aquamazon, Londrina-PR. 184p.

Terán, G. E., Benitez M. F. & . Mirande, J. M. 2020. Opening the Trojan horse: phylogeny of *Astyanax*, two new genera and resurrection of *Psalidodon* (Teleostei: Characidae). **Zoological Journal of the Linnean Society** zlaa019: 1-18. [First published online, pp. 1-18, 11 Apr. 2020.

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.

Vazzoler, A.E.A.M. 1996. **Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática**. Maringá: EDUEM, 169p.

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, 26 de maio de 2023.

Gilmar Baumgartner
CRBio 17466-07D
Responsável Técnico