

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

Camila Rigo

**INFLUÊNCIA DA MINERAÇÃO DE AREIA E CASCALHO NA QUALIDADE DA
ÁGUA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITAPOCU-SC**

Florianópolis

2023

Camila Rigo

**INFLUÊNCIA DA MINERAÇÃO DE AREIA E CASCALHO NA QUALIDADE DA
ÁGUA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITAPOCU-SC**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental do Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental.

Orientador(a): Prof.(a) Rodrigo de Almeida Mohedano

Florianópolis

2023

Rigo, Camila

Influência da mineração de areia e cascalho na qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio Itapocu-SC / Camila Rigo ; orientador, Rodrigo de Almeida Mohedano, 2023.

78 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental, Florianópolis, 2023.

Inclui referências.

1. Engenharia Sanitária e Ambiental. 2. Mineração de areia. 3. Rio Itapocu. 4. Qualidade da água. I. Mohedano, Rodrigo de Almeida. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental. III. Título.

Camila Rigo

Influência da mineração de areia e cascalho na qualidade da água da bacia hidrográfica do rio itapocu-sc

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de Bacharel e aprovado em sua forma final pelo Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental

Local Florianópolis, 08 de dezembro de 2023.

Coordenação do Curso

Banca examinadora

Prof.(a) Rodrigo de Almeida Mohedano, Dr.(a)
Orientador(a)

Prof.(a) Nelson Libardi Junior, Dr.(a)
Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC

Matheus Cavali, Me.
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC

Florianópolis, 2023.

Dedico este trabalho a minha família.
A qual me deu todo o apoio e suporte
sempre. Amo vocês.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, antes de tudo, a vida e a Deus. Por me permitirem vivenciar todas as emoções possíveis enquanto graduanda de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFSC. Agradeço todos os professores que me fizeram crescer muito pessoalmente e profissionalmente. Em especial ao professor Rodrigo Mohedano que teve toda a paciência do mundo comigo e respeito meu tempo nesses últimos semestres. Agradeço ao querido professor Felipe Arretche, do departamento de Física, na qual me ensinou física e cálculo, de forma única e com muito sacarmos (risos).

Agradeço infinitamente, minha mãe, Madalena, a qual nunca mediu esforços para me fornecer tudo que precisei para chegar onde estou hoje, inclusive muita resiliência e maturidade. Com certeza, é e sempre será minha super heroína.

Ao meu amado esposo, Kevin, que meu todo o colo e apoio para aguentar firme e seguir essa jornada. Sem você, seria muito mais difícil. Obrigada por todas as vezes que me deu espaço, me trouxe uma xícara de chá, de café ou um prato de comida. Te amo.

Agradeço minha linda família. Em especial a Eli e o Adriano, que me acolheram em sua casa no início da minha graduação. A Luciane que além de cunhada, foi uma outra irmã que a vida me deu. Ao meu irmão mais velho, Rodrigo, que apesar do sacarmos e inconveniências, sempre foi parceiro e receptivo em todas as fases da minha vida, inclusive pai muitas vezes. A minha amada sobrinha, Caroline, que além de ser nosso maior orgulho, tem um coração imenso.

Não deixarei de fora meu padrasto, Elmi, vulgo Magrão, a qual deixou nossa família completa e mais feliz. Com certeza, o melhor presente que minha mãe nos proporcionou. Trazendo com sigo, o Dudo e o Edmilso, que se tornaram meus irmãos por usocapião. E minhas, sobrinha de coração, Maria Eduarda.

Agradeço imensamente, toda a equipe da GGES: Daniel, Gabriel, Kunde, Marcel, Marcos, Marcia e Vanessa. No qual me deram sempre muito apoio para seguir com este trabalho, e me fazem aprender muito todos os dias. Nada disso seria possível sem o apoio de vocês.

Agradeço ainda, minha amada madrinha, Jaqueline, que sempre foi uma segunda mãe me apoiando, me dando bronca e comemorando minhas conquistas.

RESUMO

A mineração de areia é uma atividade fundamental para a industrial civil, a qual cresceu bastante nas últimas décadas. Sua ocorrência em leitos de rios traz impactos para a qualidade da água do curso hídrico em que se situa. Deste modo, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência da mineração de areia na qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio Itapocu, localizado em Santa Catarina. Para isso foi feito o monitoramento de 31 pontos ao longo do rio em quatro períodos entre 2021 e 2022. Foram analisados os parâmetros de Temperatura, Turbidez, pH, Clorofila-a, Fósforo Total, Nitrogênio Total, Sólidos Totais, Óleos e Graxas, Coliformes Termotolerantes, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Oxigênio Dissolvidos (OD), além do Índice de Estado Trófico (IET) e o Índice de Qualidade da Água (IQA). Deste modo, conclui-se que Turbidez e Sólidos Totais são fortemente influenciados pela mineração. Enquanto que Temperatura, Turbidez, pH, Clorofila-a, Fósforo Total e os índices IET e IQA possuem influência da sazonalidade, principalmente em relação as precipitações. Parâmetros como DBO, Coliformes Termotolerantes, Fósforo Total e Nitrogênio Total, apresentam interferências da ocupação da bacia no que tange as ocupações urbanas e as áreas agropastoris. Concluindo que a Mineração de areia possui influência na qualidade da água, porém está também pode ser afetada pela sazonalidade e pelas ocupações existentes na bacia.

Palavras-chave: mineração de areia; qualidade das águas; Rio Itapocu.

ABSTRACT

Sand mining is a fundamental activity for civil industry, which has grown significantly in recent decades. Its occurrence in riverbeds impacts the water quality of the watercourse in which it is located. Therefore, the present work aimed to evaluate the influence of sand mining on the water quality of the Itapocu River Basin, located in Santa Catarina. To this end, 31 points were monitored along the river in four periods between 2021 and 2022. The parameters of Temperature, Turbidity, pH, Chlorophyll-a, Total Phosphorus, Total Nitrogen, Total Solids, Oils and Greases, Coliforms were analyzed. Thermotolerant, Biochemical Oxygen Demand (BOD) and Dissolved Oxygen (DO), in addition to the Trophic State Index (IET) and the Water Quality Index (IQA). Therefore, it is concluded that Turbidity and Total Solids are strongly influenced by mining. While Temperature, Turbidity, pH, Chlorophyll-a, Total Phosphorus and the IET and IQA indices are influenced by seasonality, mainly in relation to precipitation. Parameters such as BOD, Thermotolerant Coliforms, Total Phosphorus and Total Nitrogen, present interferences from the occupation of the basin in relation to urban occupations and agropastoral areas. Concluding that sand mining has an influence on water quality, but it can also be affected by seasonality and existing occupations in the basin.

Keywords: sand mining; water quality; Itapocu river.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - PROCESSO DE DRAGAGEM. A ESQUERDA SUCCÃO DE AREIA DO LEITO PARA DENTRO DA DRAGA. A DIREITA BALSA CARREGADA.	20
FIGURA 2 - TUBULAÇÃO DE RECALQUE. A ESQUERDA CONECTADA AO DESPEJO NA BACIA DE DECANTAÇÃO. A DIREITA CONECTADA A BALSA.....	21
FIGURA 3 - BACIA DE DECANTAÇÃO. A ESQUERDA TUBULAÇÃO DE RECALQUE CONECTADO À GRELHA NA SAÍDA, DESPEJANDO NA BACIA DE DECANTAÇÃO. A DIREITA, ESCOAMENTO DA ÁGUA PARA CAIXA DE DRENAGEM.	22
FIGURA 4 - MINERAÇÃO DE AREIA: FLUXO DE OPERAÇÕES POR DRAGAGEM EM LEITO DE RIO.	23
FIGURA 5 - LOCALIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITAPOCU.....	31
FIGURA 6 – PERFIL LONGITUDINAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITAPOCU (FONTE: STEINBACH ET AL. ADAPTADO DE HOLLER (2015)).....	32
FIGURA 7 - LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE COLETA.	39
FIGURA 8 - MEDIDOR MULTIPARÂMETRO AK88, MARCA AKSO.....	40
FIGURA 9 - TURBIDÍMETRO MICROPROCESSADO MCFARLAND, MARCA ALFAKIT.	40
FIGURA 10 – (A) COLETA 06/03/2023. (B) AMOSTRA DA COLETA 06/03/2023.....	42
FIGURA 11 - LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE COLETA EM RELAÇÃO AOS TÍTULOS DE MINERAÇÃO.....	44

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - DISTRIBUIÇÃO DO FÓSFORO NO VERÃO E NO INVERNO.	48
---	----

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - RESUMO DAS REFERÊNCIAS.....	29
TABELA 2 - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA BACIA DO RIO ITAPOCU E ÁREAS CONTÍGUAS.	32
TABELA 3 - RESUMO DAS LEGISLAÇÕES VIGENTES PARA PARÂMETROS DE QUALIDADE DE ÁGUA.....	34
TABELA 4 - INTERPRETAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE ACORDO COM O CÁLCULO DE IQA.	35
TABELA 5 - CLASSIFICAÇÃO DO ESTADO TRÓFICO SEGUNDO ÍNDICE DE CARLSON MODIFICADO.....	36
TABELA 6 - COORDENADAS E LOCALIZAÇÃO DE CADA PONTO DE COLETA.....	37
TABELA 7 - REFERÊNCIA METODOLÓGICA UTILIZADA PELO LABORATÓRIO.....	40
TABELA 8 - PRECIPITAÇÃO ACUMULADA 7 DIAS ANTERIORES A COLETA (MM).....	41
TABELA 9 – PONTOS A MONTANTE E JUSANTE DE CADA TÍTULO DE MINERAÇÃO.....	44
TABELA 10 - TESTE À NORMALIDADE (SHAPIRO-WILK).	46
TABELA 11 - TESTE W DE WILCOXON PARA GRUPOS PAREADAS.	46
TABELA 12 - ESTATÍSTICA DESCRITIVA DOS DADOS PARA O TESTE DE WILCOXON.....	47
TABELA 13 - TESTE T DE STUDENT PARA AMOSTRAS PAREADAS.	50
TABELA 14 - ESTATÍSTICA DESCRITIVA DOS DADOS PARA O TESTE T DE STUDENT.	50
TABELA 15 - ANÁLISE DESCRITIVA DO PH A MONTANTE E JUSANTE DAS ÁREAS DE MINERAÇÃO.....	52
TABELA 16 - ANÁLISE DESCRITIVA DA TEMPERATURA (°C) A MONTANTE E JUSANTE DAS ÁREAS DE MINERAÇÃO.	53
TABELA 17 - ANÁLISE DESCRITIVA DA TURBIDEZ (NTU) A MONTANTE E JUSANTE DAS ÁREAS DE MINERAÇÃO...	54
TABELA 18 - ANÁLISE DESCRITIVA DO OXIGÊNIO DISSOLVIDO (MG/L) A MONTANTE E JUSANTE DAS ÁREAS DE MINERAÇÃO.....	55
TABELA 19 - ANÁLISE DESCRITIVA DE COLIFORMES TERMOTOLERANTES (UFC/100ML) A MONTANTE E JUSANTE DAS ÁREAS DE MINERAÇÃO.....	56
TABELA 20 - ANÁLISE DESCRITIVA DA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO (MG/L) A MONTANTE E JUSANTE DAS ÁREAS DE MINERAÇÃO.....	57
TABELA 21 ANÁLISE DESCRITIVA DO FÓSFORO TOTAL (MG/L) A MONTANTE E JUSANTE DAS ÁREAS DE MINERAÇÃO.....	58
TABELA 22 - ANÁLISE DESCRITIVA DO NITROGÊNIO TOTAL (MG/L) A MONTANTE E JUSANTE DAS ÁREAS DE MINERAÇÃO.....	59

TABELA 23 - ANÁLISE DESCRITIVA DA CLOROFILA-A (MG/L) A MONTANTE E JUSANTE DAS ÁREAS DE MINERAÇÃO.	60
TABELA 24 - ANÁLISE DESCRITIVA DE SÓLIDOS TOTAIS (MG/L) A MONTANTE E JUSANTE DAS ÁREAS DE MINERAÇÃO.....	62
TABELA 25 - ANÁLISE DESCRITIVA DO ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO A MONTANTE E JUSANTE DAS ÁREAS DE MINERAÇÃO.....	63
TABELA 26 - ANÁLISE DESCRITIVA DO ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA A MONTANTE E JUSANTE DAS ÁREAS DE MINERAÇÃO.....	64

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA – Agência Nacional de Águas

ANM - Agência Nacional de Mineração

CEMADEN - Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

CONSEMA - Conselho Estadual Do Meio Ambiente

DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio

E. coli - *Escherichia coli*

IET - Índice de Estado Trófico

IQA - Índice de Qualidade de Água

IMA – Instituto do Meio Ambiente de Santa Catarina

IBGE - Associação Brasileira de Normas Técnicas

NTU - Unidade Nefelométrica de Turbidez

OD – Oxigênio Dissolvido

pH – Potencial Hidrogeniônico

RH6 - Região Hidrográfica da Baixada Norte

PNRH - Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH)

SINGREH - Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos

SDT – Sólidos Dissolvidos Totais

SST - Sólidos Suspensos Totais

SDS - Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável

°C – Graus Celsius

km – quilômetro

hab/km². – Habitantes por quilômetro quadrado

UFC/100mL – Unidades Formadoras de Colônias em cem mililitros

mg/L - miligramas por litro

µg/L – micrograma por litro

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	OBJETIVO	17
1.1.1	Objetivo Geral	17
1.1.2	Objetivo Específico	17
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1	MINERAÇÃO DE AREIA E CASCALHO EM LEITO DE RIO.....	18
2.1.1	Formas de ocorrência dos depósitos de areias naturais, conceitos e normas pertinentes	18
2.1.2	Métodos de extração de areia por dragagem	20
2.2	IMPACTO DA MINERAÇÃO DE AREIA NA QUALIDADE DA ÁGUA.....	24
2.3	BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITAPOCU	31
2.4	PARÂMETROS E ÍNDICES DE QUALIDADE DA ÁGUA	33
2.4.1	Parâmetros de Qualidade das Águas	33
2.4.2	Índices de Qualidade das Águas	35
2.4.2.1	<i>Índice de Qualidade de Água (IQA)</i>	35
2.4.2.2	<i>Índice de Estado Trófico (IET)</i>	35
3	MÉTODOLOGIA	37
3.1	AVALIAÇÃO DA VARIAÇÃO SAZONAL NA QUALIDADE DA ÁGUA	37
3.1.1	Pontos amostrais	37
3.1.2	Parâmetros e índices analisados	39
3.1.3	Periodicidade das coletas e precipitação antecedente	40
3.1.4	Análise estatística dos dados	42
3.2	INFLUÊNCIA DA MINERAÇÃO EM COMPARAÇÃO COM PONTOS DE NÃO EXTRAÇÃO DE MINÉRIO.....	43
3.2.1	Pontos de extração e não extração de minério de areia	43
3.2.2	Parâmetros e Índices Analisados	45
3.2.3	Periodicidade das coletas e análise dos dados	45
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
4.1	VARIAÇÃO SAZONAL NA QUALIDADE DA ÁGUA	45
4.1.1	Avaliação da distribuição dos dados	45
4.1.2	Teste de Wilcoxon	46
4.1.3	Teste t de Student	49

4.2	INFLUÊNCIA DA MINERAÇÃO EM COMPARAÇÃO COM PONTOS DE NÃO EXTRAÇÃO DE MINÉRIO.....	51
4.2.1	pH	51
4.2.2	Temperatura	53
4.2.3	Turbidez	53
4.2.4	Oxigênio Dissolvido (OD).....	54
4.2.5	Coliformes Termotolerantes	55
4.2.6	Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO).....	57
4.2.7	Fósforo total	58
4.2.8	Nitrogênio Total.....	59
4.2.9	Clorofila α	60
4.2.10	Óleos e Graxas Totais	61
4.2.11	Sólidos Totais.....	62
4.2.12	Índice de Estado Trófico (IET).....	63
4.2.13	Índice de Qualidade da Água (IQA)	64
5	CONCLUSÃO	66
	REFERÊNCIAS	68
	ANEXO A – RESULTADO DAS ANÁLISES.....	74

1 INTRODUÇÃO

Vem se tornando cada vez mais comum a discussão sobre a disponibilidade qualitativa e quantitativa das águas para a população mundial. Com o aumento populacional, se torna imprescindível o fornecimento de água para todos os âmbitos de consumo. O Brasil por sua vez possui 15% da água potável do mundo, segundo a Agência Nacional das Águas (ANA, 2017). Contudo, essa disponibilidade não é igualmente distribuída para a população, enquanto temos a maior porcentagem da população do Brasil concentrada na região sudeste, por exemplo, temos na mesma região uma disponibilidade de 6% do total da água do país (IBGE, 2011). Isso torna cada vez mais importante o controle de consumo e distribuição de água para todos os setores.

Nos últimos anos, vimos várias indústrias ganharem força com o aumento da tecnologia e da renda per capita. Neste contexto, a construção civil ganhou destaque no Brasil, obtendo um aumento de 70% na última década, fazendo com que as indústrias que dão suprimentos para este setor também cresceram (IBGE, 2020). No estado de Santa Catarina, a indústria de minério de areia se destaca para suprir o consumo do agregado fino nas argamassas e na produção do vidro de quartzo. Esse minério é obtido em cavas e leitos de rios. Para tanto, cabe aos órgãos ambientais e poder legislativo regulamentar esses usos no país. Em Santa Catarina, quem regulamenta e fiscaliza o uso das águas estaduais é o Instituto do Meio ambiente (IMA) (SANTA CATARINA, 2017). Que por sua vez dá a autorização para o uso das águas no âmbito estadual.

Para conseguir o licenciamento, segundo a Instrução Normativa n° 07 do IMA, além de todos os estudos ambientais prévios que devem ser feitos para se obter a licença para extração de minério, temos também os programas que devem ser mantidos e fiscalizados com periodicidade, como Programa de Monitoramento de Águas Fluviométricas, Programa de Monitoramento de Sedimentos, Programa de Monitoramento de Reposição de Minério, Programa de Monitoramento da Estabilidade das Margens, entre outros programas ligado a comunidade local. Entre eles, o que avalia diretamente a qualidade da água é o Programa de Monitoramento de Águas Fluviométricas, utilizando parâmetros da CONAMA n° 357/2005 para designar os parâmetros a serem avaliados.

Para isso cabe ao órgão ambiental exigir que essa avaliação seja criteriosa e proporcional. Isso ocorre em partes, quando avaliamos pontos a montante e a jusante da extração. Porém, apenas avaliar se os parâmetros estão dentro da Resolução do CONAMA não garante a preservação do meio, pois a qualidade da água no local deve ser comparada com parâmetros avaliados antes de qualquer interferência antrópica, seja ela da mineração ou de outro poluente. Cabe ressaltar também que as maiores contribuições de contaminação nas águas vêm do efluente domésticos e da contaminação das águas subterrâneas por agrotóxicos utilizados na agricultura (BRAGA et al., 2005).

Sendo assim, é notável a necessidade de uma avaliação mais criteriosa dos dados de amostras sobre os parâmetros analisados, para que não haja equívocos em afirmar que a mineração impacta ou não a qualidade da água superficial. É importante salientar que os impactos podem não ser diretos e nem locais, e sim a longo prazo e a quilômetros de distância do ponto de extração, pois a dispersão do poluente é maior quando falamos de ambiente lóticos (SPERLING, 2007). Com isso, o presente trabalho teve como objetivo avaliar mais profundamente os parâmetros exigidos na legislação para distinguir a influência da mineração no meio físico da Bacia Hidrográfica do Rio Itapocu, onde há a atuação de mineradoras de areia e cascalho.

1.1 OBJETIVO

1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar a influência da mineração de areia e cascalho na qualidade da água superficial da Bacia Hidrográfica do Rio Itapocu.

1.1.2 Objetivo Específico

- Observar a variação sazonal na qualidade da água do Rio Itapocu, com base em duas épocas (quente e fria).
- Identificar a influência na qualidade da água pela mineração de areia no Rio Itapocu em comparação com pontos de não extração de minério.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 MINERAÇÃO DE AREIA E CASCALHO EM LEITO DE RIO

2.1.1 Formas de ocorrência dos depósitos de areias naturais, conceitos e normas pertinentes

A mineração tem seu início, ainda na época da colônia, por volta do século XVII, com a mineração feita por garimpeiros, de pequeno porte. E teve seu desenvolvimento alavancado no governo militar, no qual viam na mineração um meio de integração nacional e de ocupação do território. (BARRETO, 2001).

Segundo Vieira e Rezende (2015), a Carta Magna considera os recursos naturais como bens da União, porém ela pode ser requerida por particulares através de título de concessão ou autorização do Poder Público, para a exploração de jazidas e outros recursos naturais. E ainda, a pessoa física ou jurídica que vier a denegrir o meio ambiente, pela exploração de recursos naturais, tem o dever de recupera-lo, segundo o Art. 225 da Constituição Federal.

Segundo Domingues, Boson e Alípaz, (2006, p. 266), a “Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH) foram instituídos pela Lei Federal no 9.433, de 8 de janeiro de 1997”, na qual definiu a água como bem de domínio público, sendo um recurso limitado e com valor econômico. Fazendo-se assim, como instrumento da PNRH, a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos e a cobrança pelo uso dos mesmos.

Segundo Tibiriça (2018), no Brasil, a extração mineral é regulamentada pelo Código da Mineração (Decreto Lei Federal nº 277/1967). No qual diz que cabe à União administrar os recursos minerais, a indústria de produção mineral e sua distribuição, incluindo o comércio e o consumo de produtos minerais. O órgão competente pela outorga de recursos minerais atualmente é Agência Nacional de Mineração (ANM), pelo regime de concessão ou licenciamento. A Lei nº 6.574/1978, possibilita requerer uma área de até 50 hectares na ANM, sendo necessário autorização da prefeitura local e de licença ambiental emitida pelo órgão responsável.

A NBR 9935 (ABNT, 2011) define agregado como material granular pétreo, sem volume ou forma definida, em sua maioria quimicamente inerte, com propriedades úteis para a utilização em obras de engenharia. Podendo ser, segundo

sua origem, naturais - quando lavrados diretamente na forma de fragmentos, exemplo da areia e pedregulho, e artificiais – nos quais são passados por processos de fragmentação, exemplo a pedra e areia britadas

Segundo a NBR 7211 (ABNT, 2022) para concreto considera quatro produtos da areia, sendo: grossa, média, fina e muito fina. Na qual inclui as areias naturais e as areias provenientes de britagem. Para Tanno et al. (2003), a areia frequentemente é definida pelo grau de beneficiamento do processo pela qual ela é submetida, sendo eles:

- Areia bruta: que não é beneficiada;
- Areia lavada: passa por lavagem sobre peneira, com a intenção de retirar as partículas finas e outros materiais não desejáveis;
- Areia graduada: aquela que se inclui em uma distribuição granulométrica previamente definida.

Em relação a coloração, ela é utilizada como avaliação de pureza da areia. As areias mais amareladas ou avermelhadas indicam mistura de saibro ou argila. Já a cor castanha pode indicar a presença de feldspatos, ou então quartzo escuro. Areias com brilho, indicam mistura com muscovita, biotita, ilmenita ou pirita. Enquanto cores cinzentas podem indicar a presença de lamas ou lodos (CHAVES e WHITAKER, 2012).

Os depósitos de areia ocorrem principalmente em leitos de rio e várzeas, depósitos lacustres, mantos de decomposição de rocha e arenito. Sendo a areia e a brita, em volume, o produto mais minerado no Brasil. (VIEIRA e REZENDE, 2015). Definido pela Agência Nacional de Mineração (ANM, 2019) como sendo um “material granular, com tamanho em um intervalo definido (de 2 a 0,06 mm), de composição silicática, com predominância do mineral quartzo”.

Sua reserva é abundante em praticamente todas as regiões do planeta, já que a areia natural provém de processos intempéricos e, por vezes, seguidos de outros processos naturais das rochas, como erosão, transporte e deposição. Que ocorre de forma constante em todo o planeta (ANM, 2019).

Segundo, Nogueira (2016), o método frequentemente usado para a extração de areia é por meio de dois tipos de lavra: desmonte hidráulico ou dragagem hidráulica. Onde, o desmonte hidráulico, acontece em cava seca e caracterizada por depósito em planícies fluviais e sedimentos inconsolidados quaternários, rochas

sedimentares cenozoicas e manto de alteração de rochas pré-cambrianas. Já a dragagem, ocorre em leito de rio ou cava submersa, cujos depósitos são de sedimentos inconsolidados quaternários

2.1.2 Métodos de extração de areia por dragagem

Considerada o produto básico da indústria de construção civil, a areia é um recurso natural de baixo valor unitário e abundante na natureza (CHAVES e WHITAKER, 2012). Frequentemente, ela ocorre em rios, pois a atividade de mineração segue um ciclo sazonal de deslocamento contínuo no decorrer do rio, pelo ciclo de exploração de deposição, onde ocorre a renovação a partir de processos naturais (VIEIRA e REZENDE, 2015).

No Brasil, 70% da extração ocorre em leitos de rios, já que se trata de uma areia já lavada (isenta de argila) e classificada naturalmente pelo sistema hidráulico do rio. Neste caso, o método de lavra é definido como dragagem, onde a areia está abaixo do nível freático (CHAVES e WHITAKER, 2012).

O método de extração frequentemente utilizado na região do estudo é através de balsa (draga) que retiram a areia do fundo do leito do rio a partir de sucção. Para que isto aconteça, as dragas são equipadas com bombas hidráulicas, das quais succionam a areia e água do fundo do corpo hídrico e os transfere para um compartimento no interior da balsa até atingir a capacidade máxima de reserva (Figura 1) (BROTTO, 2007, p.14). Algumas balsas, ainda, são compostas por um dispositivo mecânico na extremidade da tubulação de fundo, na qual tem a função de desagregar o material da superfície do leito, facilitando a formação de polpa (ALMEIDA, 2003, apud NOGUEIRA, 2016, p.19).



Figura 1 - Processo de dragagem. A esquerda sucção de areia do leito para dentro da draga. A direita balsa carregada. Fonte: a autora.

Então, conforme Brotto (2007), após atracar ao porto de areia, a margem do rio, acontece o descarregamento da balsa, utilizando jatos d'água pressurizados para descompactar a areia contida no reservatório, que é bombeado para as bacias de decantação pelas tubulações de recalque (Figura 2). As bacias de decantação têm a função de drenar a água do material retido, ou seja, a secagem do material, fazendo com que a água retorne para o curso d'água (Figura 3). Segundo, Santos Saad e Stevaux (2015), quase que toda a água captada na extração retorna para o curso hídrico, exceto uma pequena fração que fica agregada a areia.



Figura 2 - Tubulação de recalque. A esquerda conectada ao despejo na bacia de decantação. A direita conectada a balsa. Fonte: a autora.

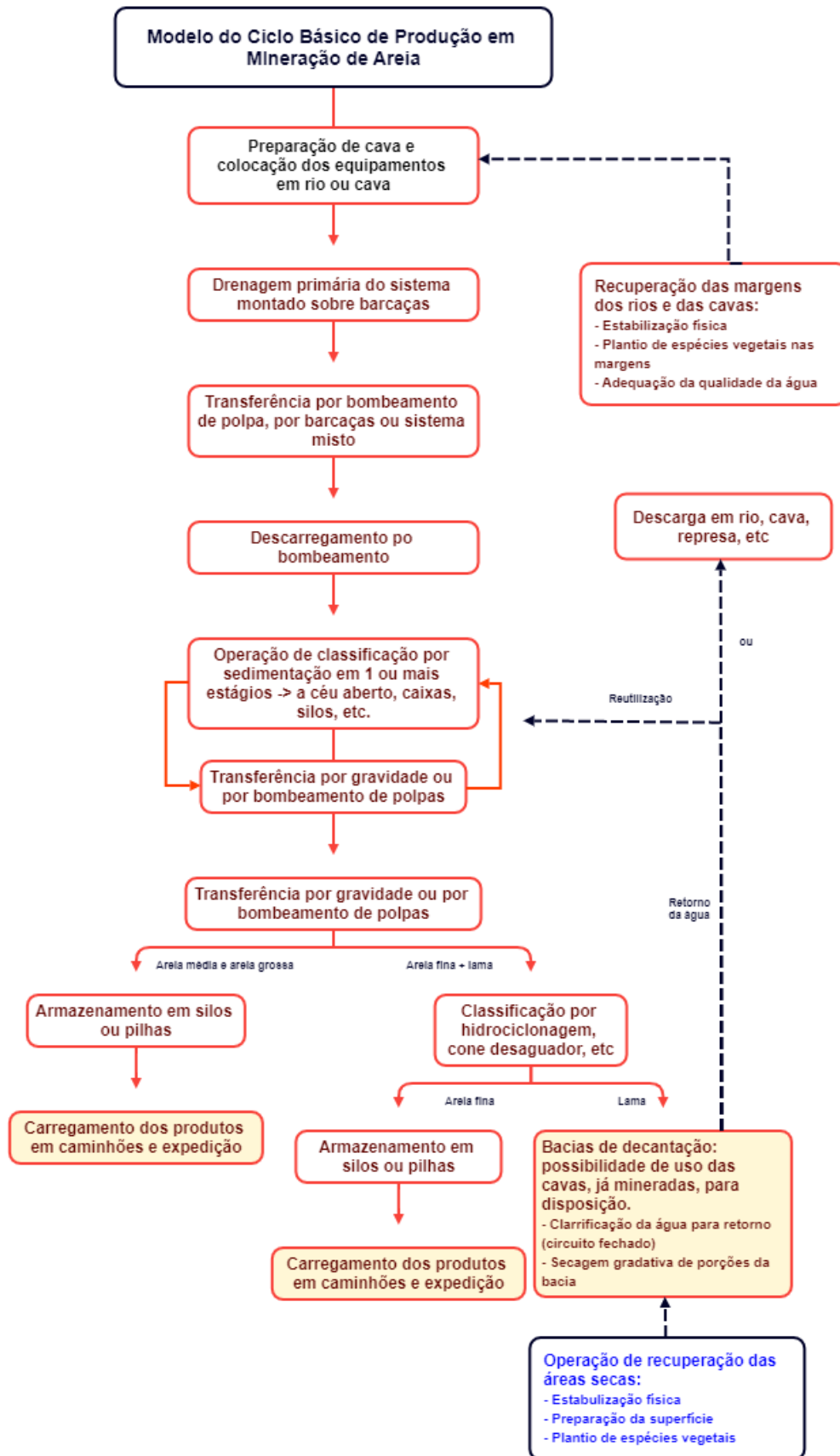
Por vezes, a areia é comercializada como foi extraída, sem beneficiamento. Porém, na maioria dos casos ela passa por uma simples segregação, por meio de grelhas fixas, onde há a separação de material mais grosso, como cascalho, e alguma sujeira (matéria orgânica, galhos, troncos) (Figura 3). Já o beneficiamento, tem como objetivo em seus processos desagregar as partículas, individualizando-as, lavá-las, remover a cobertura de pulverulentos, desagregar as partículas mais frágeis e segregar os tamanhos desejados (CHAVES e WHITAKER, 2012). De modo geral, ela tem a função de eliminar impurezas, geralmente fração siltico-argilosa, e fazer a seleção granulométrica e mineralógica (FERREIRA e DAITX, 2003).



Figura 3 - Bacia de decantação. A esquerda tubulação de recalque conectado à grelha na saída, despejando na bacia de decantação. A direita, escoamento da água para caixa de drenagem. Fonte: a autora.

Ferreira e Daitx (2003), apontam que a fração siltico-argilosa pode ser tanto “uma fonte de contaminação de alumínio, ferro e álcalis, na fabricação de vidros especiais e de produtos químicos, ou um material indesejável na produção de moldes de fundição”. Podendo esta representar 20% do minério, é descartada em lagoas de decantação, sendo um dos principais problemas ambientais em mineração de areia industrial. A Figura 4 mostra o fluxograma de operação da mineração de areia.

Figura 4 - Mineração de areia: fluxo de operações por dragagem em leito de rio.



Fonte: Almeida (2003) apud Nogueira, 2016, p.22.

2.2 IMPACTO DA MINERAÇÃO DE AREIA NA QUALIDADE DA ÁGUA

A atividade de extração, por mais que seja de interesse social, ela traz conflitos e impactos ambientais, como geração de efluentes com particulados no rio, contaminação do lençol freático por óleos e graxas, desmatamento, alteração paisagística, poluição atmosférica e sonora, entre outros (CHAVES e WHITAKER, 2012).

Por ser um método extrativista barato, onde de 1/3 a 2/3 do custo de produção é para transporte, a mineração de areia está sempre próxima ao seu consumo, logo, se encontra tipicamente em regiões urbanas (VIEIRA e REZENDE, 2015). No Brasil, destaca-se as regiões Sul e Sudeste, com destaque para os Estados de São Paulo, Rio Grande do Sul e Rio de Janeiro, reflexo do desenvolvimento urbano industrial destas regiões (SANTOS; SAAD; STEVAUX, 2015).

Para Tibiriça (2018, p. 120), a areia é base para boa parte dos processos da construção civil, extraída na sua maioria as margens e fundos de curso d'água, sem acompanhamento de profissional responsável, torna o processo de extração uma fragilidade ambiental. Por possuir uma cadeia econômica simples (extrativos e econômicos), o controle do estado é praticamente nulo, levando a grandes prejuízos ambientais e econômicos.

Entre os vários impactos causados pela mineração, evidencia-se a degradação da qualidade das águas de córregos, rios e reservatórios da bacia, a jusante da mineração. Causados por material lixiviado ou contidos nos efluentes da mineração, como óleos, graxas, silte, argila, matéria orgânica, metais pesados, etc. (MECHI e SANCHES, 2010). Além da turbulência causada no meio aquático com a dragagem no leito do rio.

Rentier e Cammeraat (2022), demonstram, a partir de revisões na literatura, que os impactos no ambiente biológico, sugere uma biodiversidade reduzida e estende-se desde o ambiente aquático à flora e fauna costeira para toda a área de várzea. Além, de indicarem os impactos da mineração na qualidade e quantidade de água, temos a redução da qualidade do ar e do solo. E citam além, os impactos sociais como infraestruturas danificadas, más condições de trabalho para os trabalhadores, acesso limitado à água e perdas agrícolas.

Segundo, Nogueira (2023), propondo uma matriz de impacto ambiental a partir de revisões bibliográficas, chegou ao resultado de que as ações mais impactantes são a supressão de vegetação, retirada de material, drenagem e transporte. E os maiores impactos são processos erosivos, danos a fauna e a flora terrestre, depreciação da qualidade da água e alteração na geomorfologia fluvial.

Em relação a qualidade da água, muitos autores apontam como Sólidos Dissolvidos Totais (SDT), Sólidos Suspensos Totais (SST) e Turbidez como sendo os principais fatores afetados pela mineração de areia nos corpos d'água estudados (AKANKALI, AMBROSE e AKPAN, 2017; ASHRAF, 2011; BHATTACHARYA, CHATTERJEE e DOLUI, 2019; LEKOMO et al., 2021; NABEGU, 2012; SAVIOUR e STALIN, 2012; SHARIP e ZAK, 2014; TRISNANING et al., 2022; YEN e ROHASLINEY, 2013). Seja, devido à ressuspensão de sedimentos devido a dragagem, sedimentação devido ao armazenamento e despejo de excesso de materiais de mineração, escoamento pluvial ou a erosão das margens nas áreas de extração (ASHRAF et al., 2011).

Segundo Brotto (2007), as bacias de decantação devem ser providas de caixas ou bacias de contenção de finos, que “tem como função reter o retorno da água drenada e das partículas finas dissolvidas diretamente ao corpo hídrico”. Caso não haja um tempo adequado de detenção hidráulica para a sedimentação das partículas, elas podem retornar para o curso hídrico, causando assoreamento e turbidez nesses pontos.

Segundo Yen e Rohasliney (2013), os elevados valores de SST e turbidez afetaram a vida aquática, com condições precárias e estresse. Para Ashraf et al. (2011), além de afetar o ecossistema aquático, os sólidos suspensos podem aumentar significativamente os custos de tratamento de água, afetando a população logo a jusante da mineração que captam a água para abastecimento público, os quais são causados pela erosão do leito do rio e das margens (YEN e ROHASLINEY, 2013; NABEGU, 2012).

Temos também, alguns casos, que apontam a alteração do oxigênio dissolvido (OD), onde ele aumenta significativamente principalmente nos pontos de extração, onde há uma grande turbulência na coluna d'água durante a extração, (TRISNANING et al., 2022) e diminui gradualmente de montante para jusante, segundo Bhattacharya, Chatterjee e Dolui (2019). Os mesmos ainda concluem que as

variações do OD, salinidade, DBO, turbidez e IQA afetam a comunidade aquática negativamente, alterando a diversidade de espécies e riqueza na comunidade aquática ou na biota, podendo afeta-las não somente a montante e meio da mineração, mas também a jusante dela.

Akankali, Ambrose e Akpan (2017) e Yen e Rohasliney (2013), analisando os impactos da mineração em rios da Malásia e Nigéria, indicam também uma elevada concentração de nitrato nas áreas estudadas, porém em ambas as áreas há a intensa ocupação agrícola. Inclusive, Akankali, Ambrose e Akpan (2017), apontam como possível causa do alto valor de concentração de nitrato o escoamento agrícola resultante de locais agrícolas ao longo da área estudada. Trisnaning et al. (2022) também aponta uma concentração acima do permitido pela legislação local (Indonesia Minister of Health Number: 492/Menkes/Per/IV/2010 de 500mg/L) para sulfatos e Sólidos Dissolvidos Totais (SDT) a jusante da mineração.

Ainda em torno da qualidade da água das bacias hidrográficas com mineração de areia, temos algumas evidências da presença de metais pesados, como ferro, zinco, magnésio, manganês, chumbo, entre outros (AKANKALI, AMBROSE e AKPAN, 2017; LEKOMO et al., 2021; SAVIOUR e STALIN, 2012). Muito relacionado com a dispersão do poluente na água, pois os mesmos frequentemente se encontram no sedimento do leito do corpo hídrico, principalmente fixos as partículas de argila. Quando há a extração esse sedimento é misturado na coluna da água na hora da sucção de areia devido a turbulência causada pela máquina de dragagem.

Kresojevic et al. (2023) e Amponsah-Dacosta e Mathada (2017), indicam em seus estudos que a mineração de areia em leito de rio altera a morfologia do rio, com aumento das erosões e aprofundamento do canal natural, que podem afetar, não só os pontos de mineração, mas a jusante da mineração e seus afluentes. Ainda, Kresojevic et al. (2023), aponta o aumento do gradiente hidráulico, o rebaixamento do lençol freático e a deterioração da qualidade da água, afetando o abastecimento público a partir de poços de captação. Mesmo ponto levantado por Nabegu (2012) e Trisnaning et al. (2022), no qual aponta a mineração como a principal influenciadora na variação acentuada na localização, taxa de falhas, longevidade e níveis de turbidez nos poços da área estudada, impactando negativamente na qualidade e quantidade da água subterrânea. Enquanto, Amponsah-Dacosta e Mathada (2017), revelam a instabilidade do canal e danos as infraestruturas locais.

Nasare et al. (2023), a partir de técnicas de SIG e sensoriamento remoto com amostragem de vegetação in-situ, na Bacia de White Volta em Gana, chegou à conclusão que a mineração de areia em cavas foi responsável pela alteração na cobertura vegetal, diminuindo 20%, enquanto a área de mineração aumentado em 15%, entre 1990 e 2021. Além da diversidade de plantas lenhosas serem maiores em áreas não mineradas da zona ribeirinha. Piyadasa (2011), também revela em seu estudo, no rio Nilwala, no Sri Lanka, uma perda de terras ribeirinhas devido a erosão e colapso das margens devido a mineração de areia no corpo hídrico estudado. Domingues, Boson e Alípaz, (2006, p. 266) destacam que o material extraído a partir de dragagem em leito são estocados junto à margem do rio, onde é necessária uma área limpa, ou seja, desmatada.

A mineração também tem sua influência no leito do rio, quando a mesma ocorre próximo ao desague no mar. Piyadasa (2011) e Bhattacharya, Chatterjee e Dolui (2019) destacam a influência da mineração de areia na cunha salina com intrusão de água do mar no rio, alterando a salinidade e condutividade elétrica no leito a montante, áreas de mineração e a jusante.

Para aqueles corpos d'água que desaguam em lagos os impactos são notados também na sua foz. Sharip e Zaki (2014) notou que as descargas fluviais durante a estação chuvosa, e atividades insustentáveis de mineração de areia levaram a um aumento da turbidez e redução da transparência, que alterou a variação da temperatura e posteriormente alterou o padrão de qualidade a água do lago, que poderia posteriormente contribuir para a sedimentação, além de diminuir o potencial de recreação no reservatório. Já, Wen Xin e Park (2021), indicam que o declínio dos níveis de água do Lago Tonlé Sap, em Camboja, devido à extensa mineração de areia no Rio Mekong está diretamente relacionado ao encolhimento do lago.

Enquanto, Yao et al (2019), avalia o inverso, a mineração do Lago Poyang, na Malásia, como influência na hidrodinâmica dos rios que desaguam no mesmo. Chegando à conclusão de que talvez nos canais de saída norte diminuíram de forma desigual, entre 1998 e 2010, a mineração de areia diminuiu o nível de água, alterou as velocidade e tempo de residência dos canais. Porém, a mineração de areia nas saídas de canais melhorou a heterogeneidade espacial e temporal da hidrodinâmica do lago.

A fim de diminuir os impactos da mineração, existem estudos que focam em aproveitar rejeitos da mineração, assim como a utilização de áreas degradadas pela mineração após o seu fechamento no fim da sua vida útil.

Em seu estudo, Garcia et al. (2011) analisou os resíduos finos da mineração de areia na utilização de substrato para a produção de mudas de pupunheira, espécie de palmeira, no qual se extrai o palmito para a comercialização. Seus resultados se mostraram positivo para a utilização do substrato com até 75% de resíduos da mineração. Mostrando que existem meios para o aproveitamento deste resíduo.

Ainda, Hasani et al. (2021), em seu estudo em cavas de mineração desativadas para o cultivo de tilápias (*Oreochromis niloticus*) na Indonésia, indicou uma qualidade classificada marginalmente adequada para a criação da espécie, advertindo para a necessidade de tratamento severo para melhorar a qualidade da água para cultivo de tilápias. Possuindo como resultado negativo para clareza, oxigênio dissolvido, temperatura, pH, concentração de amônia, fosfato e ferro.

Para Ashraf et al. (2011), a descarga de água de lavagem, o escoamento pluvial e as atividades de dragagem decorrentes de operações inadequadas de areia e cascalho podem aumentar a turbidez e sedimentação dos riachos devido ao armazenamento e despejo de excesso de materiais de mineração no leito. Apesar, de sua tendência é diminuir com a distância a jusante, ela pode ser controlada pela contenção do escoamento e pela filtragem ou contendo as águas de lavagem.

A Tabela 1 traz o resumo das referências encontradas para os parâmetros estudados no presente trabalho.

Tabela 1 - Resumo das referências.

Referência	Akankali, Ambrose e Akpan, 2017	Ashraf et. al., 2011	Bhattacharya, Chatterjee e Dolui, 2019	Sharip e Zaki, 2014	Trisnaning et. al., 2022	Yen e Rohasliney, 2013	Lekomo et. al., 2021	Pereita et. al., 2021
Local do Estudo	Rio Nsit-Atai, sudeste da Nigéria	Rio Selangor, Península da Malasia	Rio Bengala do Sul, Índia	Lago Poyang, Malásia	Rio Progo, Indonésia	Rio Kelantan, Malásia	Localidade de Toutsang, oeste de Camarões	Rio Itapocu - SC, Brasil
Tipo de Resultado	Montante - Jusante	Variação	Montante - Mineração - Jusante	Montante - Mineração - Jusante	Montante - Mineração - Jusante	Variação	Média Montante - Média Jusante	Variação
pH	5,99 - 6,22		5,48 - 7, 70 - 6,75		8,12 - 8,05 - 7,77	7,28 - 7,54	6,90 - 7,22	6,0 - 7,2
Temperatura (°C)	28,2 - 28,3					25,29 - 25,98	20,0 - 20,3	
Turbidez (NTU)	20,1 - 24,4		4,44 - 8,05 - 6,75	99 - 142 - 132		264,98 - 672,01	8,25 - 155,05	34,06 - 1195,0
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	5,2 - 6,2	2,94 - 9,60	0,78 - 1,3 - 0,92		5,00 - 4,27 - 5,10	5,60 - 6,57		5,00 - 6,86
Coliformes Termotolerantes (UFC/ 100mL)								1,54x10 ⁴ - 3,31x10 ⁴ e 9,51x10 ³ - 2,70x10 ⁶ a
Demanda Bioquímica de Oxigênio	3,2 - 1,4		1,35 - 1,65 - 1,40					<3,0 - 80,5
Fósforo Total (mg/L)	3,6 - 2,5 ^b				<0.09 - 0.24 - 0.13 ^b			0,09 - 3,10
Nitrogênio Total (mg/L)	12,4 - 10,7 ^c				0,44 - 3,49 - 0,26 ^c	13,3 - 21,7 ^c , 0,098 - 0,183 ^d e 0,26 - 0,41 ^e	3,64 - 2,8 ^e	0,50 - 4,70 ^d e 0,49 - 1,42 ^e
Clorofila-a (µg/L)								
Óleos e graxas (mg/L)	6,3 - 4,5							

Referência	Akankali, Ambrose e Akpan, 2017	Ashraf et. al., 2011	Bhattacharya, Chatterjee e Dolui, 2019	Sharip e Zaki, 2014	Trisnaning et. al., 2022	Yen e Rohasliney, 2013	Lekomo et. al., 2021	Pereita et. al., 2021
Local do Estudo	Rio Nsit-Atai, sudeste da Nigéria	Rio Selangor, Península da Malasia	Rio Bengala do Sul, Índia	Lago Poyang, Malásia	Rio Progo, Indonésia	Rio Kelantan, Malásia	Localidade de Toutsang, oeste de Camarões	Rio Itapocu - SC, Brasil
Tipo de Resultado	Montante - Jusante	Variação	Montante - Mineração - Jusante	Montante - Mineração - Jusante	Montante - Mineração - Jusante	Variação	Média Montante - Média Jusante	Variação
Sólidos Totais (mg/L)	422,2 - 281,4 ^g e 8,4 - 10,2 ^f	5 - 100 ^f	116,95 - 43,16 - 478,9 ^g	83 - 146 - 125 ^f	336 - 330 - 20900 ^g	81 - 84 ^g e 190,17 - 424,58 ^f	5000 - 76000 ^f e 31,85 - 18,35 ^g	
Índice de Qualidade da Água			88,55 - 91,86			80 - 84*		

Legenda: a - *Escherichia coli*; b - Fósforo, c - Nitrato, d - Nitrito, e - Nitrogênio Amônio, f - SST, g - SDT.

*The Department of the Environment (DOE), Kelantan - Malásia

2.3 BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITAPOCU

A área de estudo se refere a Bacia Hidrográfica do Rio Itapocu, ela integra a Região Hidrográfica da Baixada Norte (RH6) no estado de Santa Catarina localizada na região nordeste do estado (SDS, 2018) (Figura 5). Ocupando uma área de 2.920 km² e englobando 13 municípios, todos do estado de Santa Catarina, sendo eles: Araquari, Balneário Barra do Sul, Barra Velha, Blumenau, Campo Alegre, Corupá, Guarany, Jaraguá do Sul, Joinville, Massaranduba, São Bento do Sul, São João do Itaperiú e Schroeder (UNISUL, 2017).

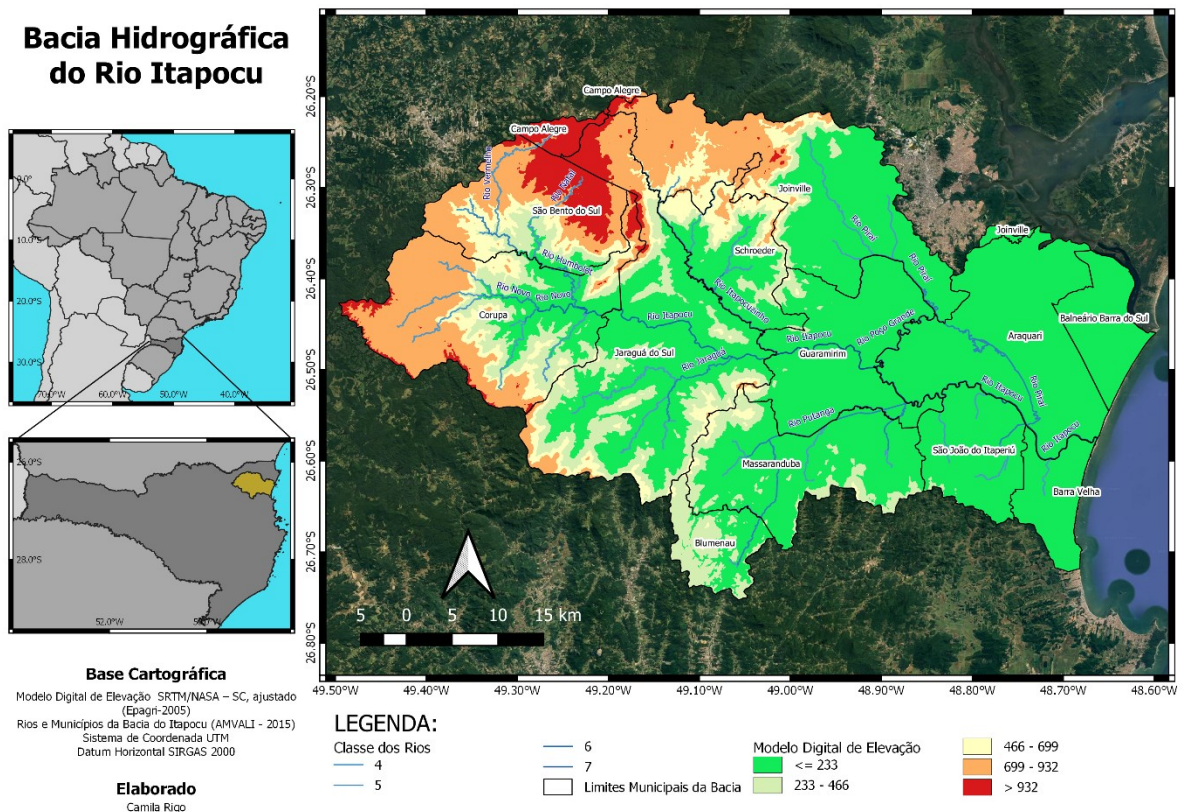


Figura 5 - Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Itapocu.

A bacia possui suas nascentes na Serra do Mar, no município de São Bento do Sul e deságua para o Oceano Atlântico na divisa entre os municípios de Barra Velha e Araquari (UNISUL, 2017). Para Steinbach et al. (2015) a bacia se divide basicamente em dois patamares de altitude, montanhoso e forte-ondulado a oeste e plana a leste, próximo do litoral, sendo a maior altitude no município de São Bento do Sul a 1.176m acima do nível do mar (Figura 6). Seu comprimento total desde sua

nascente mais distante no Rio Vermelho até sua foz é de 136km (STEINBACH et al.,2015).

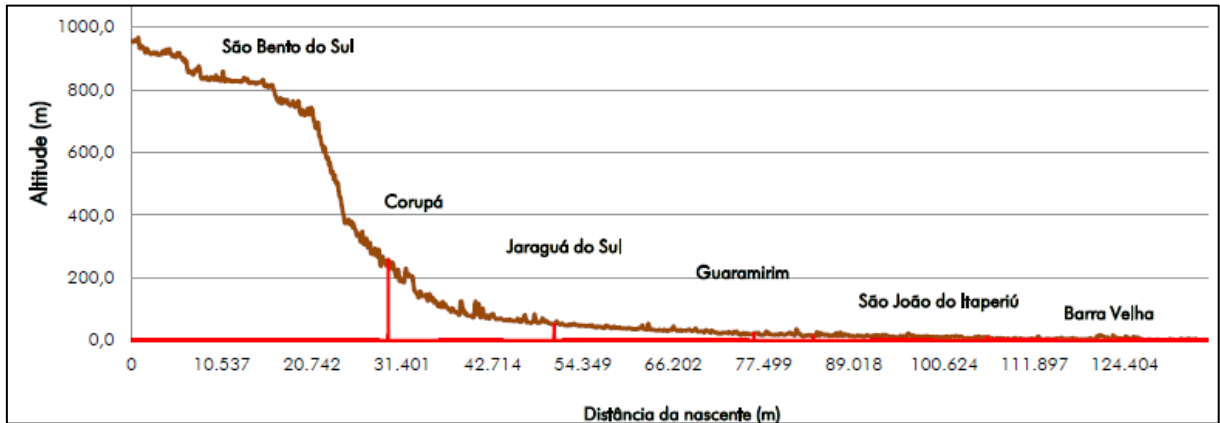


Figura 6 – Perfil longitudinal da Bacia Hidrográfica do Rio Itapocu (Fonte: Steinbach et al. adaptado de Holler (2015))

Segundo a classificação de KÖPPEN, a bacia possui clima temperado chuvoso de ambiente úmido, com verões quentes e invernos rigorosos, com médias de temperatura mensais variando entre 15,76°C a 24,90 °C. Com a umidade relativa média regional de 85% e precipitação média anual de 1.808mm (UNISUL, 2017).

A tabela a seguir mostra o resumo das características físicas da bacia hidrográfica do Rio Itapocu.

Tabela 2 - Características físicas da bacia do rio Itapocu e áreas contíguas.

Característica	Resultados
Área de drenagem do rio Itapocu	2.888,838 km ²
Área incremental do rio Itajuba	30,958 km ²
Perímetro da bacia	524,22 km
Coefficiente de compacidade	2,76
Fator de forma	0,14
Comprimento do rio Itapocu	86,80 km
Densidade de drenagem	1,76 km/km ²
Declividade média	10,77°

Fonte: Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Itapocu (2017).

Em relação a geomorfologia da bacia ela é dividida em três substratos, segundo Steinbach et al. (2015): rochas sedimentares pertencentes ao Grupo Itararé, do Super Grupo Tubarão da Bacia do Paraná, por rochas metamórficas do Escudo Atlântico e por Sedimentos Quaternários de coberturas Cenozóicas. Ao longo do rio Itapocu tem-se as coberturas recentes de Sedimentos Quaternários coluviais e aluvionares, sendo os coluviais são comuns de acumulação da base de encostas, sendo constituídos por cascalhos, seixos, areias e argilas, enquanto os aluviões são

constituídos por areias, argilas, cascalhos e material siltico-argiloso, caracterizada por extensas planícies formada por sedimentos fluviais (STEINBACH et al.,2015).

Em relação a ocupação do solo, as florestas em estágio médio ou avançado e/ou primárias, ocupam a maior parte do território com 60%, em seguida a agricultura com 16%, pastagens e campos naturais com 14%, reflorestamento 5%, áreas urbanizadas e/ou construídas 3,6% e a mineração ocupa 0,18% da área da bacia. O uso do solo na bacia destinado a agricultura é baseado principalmente na rizicultura e bananicultura. Em relação a ocupação urbana, Jaraguá do Sul se destaca como um grande polo industrial da bacia (UNISUL, 2017).

Em relação a demografia, a Bacia Hidrográfica do Rio Itapocu possui 6,25 milhões de habitantes, correspondente a 19,07% da população do Estado de Santa Catarina. E corresponde a 3,04% do território catarinense. Com uma densidade demográfica média de 189,73 hab/km². Dos municípios que possuem área na sua totalidade na bacia, Jaraguá do Sul se destaca “com densidade bem elevada 265,41 hab/km² e São João do Itaperiú aquele com a densidade mais baixa (22,74 hab/km²)”. Em relação ao grau de urbanização, a bacia tem boa parte da população em área rural. Sendo os mais elevados: Blumenau (95,39%), São Bento do Sul (95,23%), Barra Velha (95,24%), Araquari (94,13%), Jaraguá do Sul (92,79%), já os municípios com menor grau de urbanização em 2010 são: Massaranduba (51,83%), São João do Itaperiú (56,04%) e Campo Alegre (61,60%) (UNISUL, 2017).

2.4 PARÂMETROS E ÍNDICES DE QUALIDADE DA ÁGUA

2.4.1 Parâmetros de Qualidade das Águas

Com a grande demanda de usos da água atualmente, ela vem cada vez mais adquirindo o papel de bem econômico, seja para consumo humano, agricultura, pecuária, florestamento, indústria, mineração, navegação, recreação, conservação e preservação (OLIVEIRA E LUZ, 2001). E sendo assim, a fim de garantir disponibilidade quantitativa e também qualitativa para todos, criou-se o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), criado pela Lei Federal nº 6.938/81 é o “órgão colegiado brasileiro responsável pela adoção de medidas de natureza consultiva e deliberativa acerca do Sistema Nacional do Meio Ambiente” (CONAMA, 2018).

Para atingir os objetivos da sua criação, a CONAMA, publica em 2005 a Resolução CONAMA n° 357/2005, na qual “dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências”. E em 2011, publica a CONAMA n° 430, que complementa a CONAMA n° 357, em relação as condições e padrões de lançamento de efluentes (BRASIL 2005, 2011).

Enquanto que o corpo hídrico não seja enquadrado, ele será classificado, para águas doce, como Classe 2, na qual é destinada à: abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; proteção das comunidades aquáticas; recreação de contato primário; irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; aquicultura e atividade de pesca (BRASIL 2005). Em Santa Catarina, a fim de “estabelece as diretrizes para os padrões de lançamento de efluentes” no estado, o Conselho Estadual do Meio Ambiente (CONSEMA), publicou em 02 de agosto de 2021, a resolução CONSEMA n° 181/2021.

A Tabela 3, mostra os principais parâmetros exigidos para pela CONAMA n° 357/2005 e n° 430/2011 e CONSEMA n° 181/2021.

Tabela 3 - Resumo das legislações vigentes para parâmetros de qualidade de água.

Parâmetros	Unidades	CONAMA n° 357/2005 (Classe 2)	CONAMA n° 430/2011 (Seções II e III)	CONSEMA n°181/2021
pH	-	de 6,00 a 9,00	de 5,00 a 9,00	de 6,00 a 9,00
Coliformes Termotolerantes	UFC/100mL	até 1.000,00	N.A.	N.A.
Demanda Bioquímica de Oxigênio	mg/L	até 5,00	até 120,00 ou redução de 60%	até 60,00 ou redução de 80%
Fósforo Total	mg/L	até 0,10	N.A.	até 4,0 ou redução de 75%
Oxigênio Dissolvido	mg/L	≥ 5,00	N.A.	N.A.
Temperatura	°C	N.A.	até 40,0	N.A.
Turbidez	NTU	até 100,00	N.A.	N.A.
Clorofila a	µg/L	até 30,00	N.A..	N.A.
Índice de Estado Trófico	-	N.A.	N.A..	N.A..
Índice de Qualidade da Água	-	N.A.	N.A..	N.A..
Nitrogênio Total	mg/L	N. A.	N. A.	N.A.
Óleos e Graxas	mg/L	Ausente	até 100,00	N.A.
Sólidos Totais	mg/L	N.A.	N. A.	N.A.

N. A. – Não Aplicável

2.4.2 Índices de Qualidade das Águas

2.4.2.1 Índice de Qualidade de Água (IQA)

O cálculo do IQA foi desenvolvido a partir de um estudo realizado em 1970 pela "National Sanitation Foundation" dos Estados Unidos, que incorpora 9 (nove) parâmetros considerados relevantes para a avaliação da qualidade das águas, tendo como principal determinante a utilização das mesmas para abastecimento público (ANA, 2005).

O valor de IQA é calculado pelo produtório ponderado das qualidades de água correspondentes aos parâmetros: temperatura da amostra, pH, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, coliformes fecais ou termotolerantes, nitrogênio total (adaptado pela CETESB desde 1975 para a realidade das águas brasileiras), fósforo total, resíduo total e turbidez (ANA, 2005). A partir do cálculo efetuado, pode-se determinar a qualidade das águas brutas, que é indicada pelo IQA, variando numa escala de 0 a 100, conforme a Tabela 4 a seguir.

Tabela 4 - Interpretação da qualidade da água de acordo com o cálculo de IQA.

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

Fonte: ANA, 2005.

2.4.2.2 Índice de Estado Trófico (IET)

Segundo Esteves (1998), eutrofização é o aumento de nutrientes, no meio aquático, sendo eles principalmente fósforo e nitrogênio. O aumento desses nutrientes motiva uma maior produtividade do ecossistema microbiano, gerando assim mais matéria orgânica do que o sistema consegue consumir ou decompor. O Índice do Estado Trófico – IET, por sua vez, tem por finalidade classificar corpos d'água em diferentes graus de trofia, ou seja, avalia a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito (CETESB, 2020).

Nesse índice, os resultados correspondentes ao fósforo, IET (P), devem ser entendidos como uma medida do potencial de eutrofização, já que este nutriente é o fator limitante no processo (LAMPARELLI, 2004). A avaliação correspondente à clorofila a, IET (CL), por sua vez, deve ser considerada como uma medida da resposta

do corpo hídrico ao agente causador, indicando de forma adequada o nível de crescimento de algas que tem lugar em suas águas. Assim, o índice médio engloba, de forma satisfatória, a causa e o efeito do processo.

Os limites estabelecidos para as diferentes classes de trofia para rios estão descritos na Tabela 5 a seguir:

Tabela 5 - Classificação do estado trófico segundo Índice de Carlson modificado.

Categoria (Estado Trófico)	Ponderação
Ultraoligotrófico	$IET \leq 47$
Oligotrófico	$47 < IET \leq 52$
Mesotrófico	$52 < IET \leq 59$
Eutrófico	$59 < IET \leq 63$
Supereutrófico	$63 < IET \leq 67$
Hipereutrófico	$IET > 67$

Fonte: CETESB, 2020.

3 METODOLOGIA

Para atingir os objetivos proposto pela pesquisa foi delimitada a área de estudo como sendo a Bacia Hidrográfica do Rio Itapocu, e selecionado 31 (trinta e um) pontos para coleta e análise da qualidade da água. As coletas e análises foram feitas por um laboratório credenciado na qual analisou parâmetros físico, químicos e biológico, além de calcular índices de qualidade. Após a coleta dos dados, foram feitas as análises estatísticas para atingir os objetivos específicos da pesquisa. Todas as etapas estão descritas nos tópicos a seguir.

3.1 AVALIAÇÃO DA VARIAÇÃO SAZONAL NA QUALIDADE DA ÁGUA

Os objetivos do trabalho são classificados em etapas, para que no fim elas convirjam para o objetivo geral, que é identificar a influência da mineração de areia e cascalho na qualidade da água da bacia. Com isso, o primeiro objetivo se dirige a trabalharmos com a sazonalidade, notando a influência de épocas chuvosas e quentes (verão) em relação a épocas mais secas e frias (inverno).

3.1.1 Pontos amostrais

Para atingir os objetivos foram feitas coletas de amostras em 31 (trinta e um) pontos na Bacia Hidrográfica do Rio Itapocu. A Figura 7 mostra a localização dos pontos amostrais e a localização dos títulos de mineração de areia na bacia. Na Tabela 6 podemos observar as coordenadas e a classificação de cada ponto em montante, jusante e intermediários em relação aos títulos de extração de minério de areia.

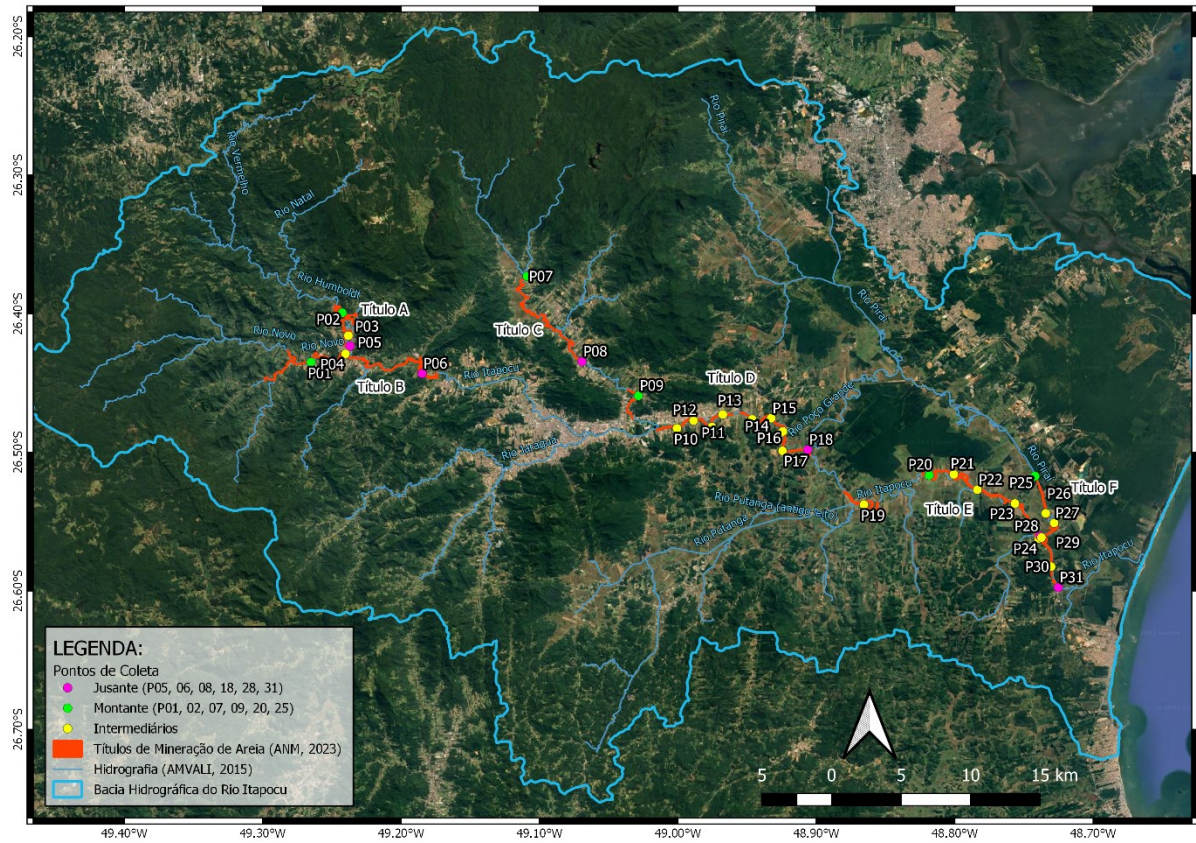
Tabela 6 - Coordenadas e localização de cada ponto de coleta.

Ponto	Coordenadas		Localização*
	Latitude	Longitude	
P01	-26,43076	-49,25688	Montante
P02	-26,40205	-49,23879	Montante
P03	-26,41059	-49,23496	Intermediário
P04	-26,42890	-49,24035	Intermediário
P05	-26,42320	-49,23685	Jusante
P06	-26,44310	-49,18464	Jusante
P07	-26,37274	-49,10910	Montante
P08	-26,43463	-49,06916	Jusante

Ponto	Coordenadas		Localização*
	Latitude	Longitude	
P09	-26,45909	-49,02841	Montante
P10	-26,48272	-49,00154	Intermediário
P11	-26,48234	-48,97501	Intermediário
P12	-26,47624	-48,98512	Intermediário
P13	-26,47302	-48,96519	Intermediário
P14	-26,47575	-48,94683	Intermediário
P15	-26,47388	-48,93304	Intermediário
P16	-26,48476	-48,92464	Intermediário
P17	-26,49912	-48,92227	Intermediário
P18	-26,49769	-48,90621	Jusante
P19	-26,53756	-48,86589	Intermediário
P20	-26,51368	-48,80449	Montante
P21	-26,51578	-48,80059	Intermediário
P22	-26,52721	-48,78401	Intermediário
P23	-26,53119	-48,76964	Intermediário
P24	-26,56103	-48,73890	Intermediário
P25	-26,54415	-48,73404	Montante
P26	-26,54876	-48,73075	Intermediário
P27	-26,55049	-48,72845	Intermediário
P28	-26,56189	-48,73912	Jusante
P29	-26,56141	-48,73770	Intermediário
P30	-26,58418	-48,73046	Intermediário
P31	-26,59529	-48,72728	Jusante

* localização em relação aos títulos de mineração de areia.

Figura 7 - Localização dos pontos de coleta.



3.1.2 Parâmetros e índices analisados

Os parâmetros analisados, são os comumente exigidos pelo IMA na Licença Ambiental de Instalação (IMA, 2020) para a implantação e renovação das licenças de mineração. Sendo eles: pH, temperatura, turbidez, Oxigênio Dissolvido (OD) Coliformes Termotolerantes, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Fósforo total, Clorofila α , Nitrogênio Total, Óleos e Graxas Totais e Sólidos Totais. E ainda, foi calculado o Índice de Estado Trófico (IET) e Índice de Qualidade da Água (IQA).

As coletas e análises foram feitas por laboratório credenciado pela Coordenação Geral de Acreditação do INMETRO, em nome da empresa responsável pela renovação das Licenças Ambientais de Operação (LAOs) das mineradoras estudadas a qual disponibilizou os dados para a pesquisa. Os parâmetros de pH, Temperatura, Turbidez e OD foram analisados em campo por meio de sondas (Figura 8 e Figura 9), enquanto Coliformes Termotolerantes, DBO, Fósforo Total, Clorofila α , Nitrogênio Total e Sólidos Totais são analisados em laboratórios, já Óleos e Graxas Totais foram avaliados in loco visualmente. A Tabela 7 a seguir mostra a metodologia aplicada em cada análise pelo laboratório e seu limite de quantificação.



Figura 8 - Medidor Multiparâmetro AK88, marca Akso



Figura 9 - Turbidímetro microprocessado McFarland, marca Alfakit.

Tabela 7 - Referência metodológica utilizada pelo laboratório.

Parâmetros	Metodologia	Limite de Quantificação
Índice de Estado Tráfico	NA	-
Nitrogênio Total	PE 70	0,10 mg/L
Clorofila a	SMWW 10200 - H - Clorofila	0,10 µg/L
Índice de Qualidade da Água, Óleos e Graxas Totais Visuais (In loco)	SMWW, 23ª Edição Método 2110	-
Turbidez (in loco)	SMWW 23rd 2130 B	0,10 NTU
Sólidos Totais	SMWW 23rd 2540 B	17,00 mg/L
Temperatura (in loco)	SMWW 23rd 2550 B	10,00 °C
pH (in loco)	SMWW 23rd 4500 H+B	4,0
Oxigênio Dissolvido (in loco)	SMWW 23rd 4500 O-G	0,10 mg/L
Fósforo Total	SMWW 23rd 4500P E	0,03 mg/L
Demanda Bioquímica de Oxigênio	SMWW 23rd 5210 B	2,00 mg/L
Coliformes Termotolerantes	SMWW 23rd 9222 D	1,00 UFC/100mL

Fonte: Relatório de Ensaios N° 74451.2023.

Vale ressaltar que os parâmetros que apresentaram valores menores que o limite de quantificação estipulado pelas análises foram considerados iguais ao limite de quantificação para a análise estatística. Por exemplo: muitas análises do parâmetro de DBO que tiveram na tabela o resultado como <2,00 mg/L foi considerado o valor de 2,00 mg/L para as análises estatística, para não subestimar as amostras.

3.1.3 Periodicidade das coletas e precipitação antecedente

O primeiro objetivo se trata da avaliação da influência das sazonalidades nos resultados, pois muitos parâmetros físicos, químicos e biológicos, podem ter influência da temperatura e até serem diluídos em épocas de intensa chuva, como são caracterizados os verões da área de estudo (UNISUL, 2017). O objetivo específico se

relaciona com o objetivo geral, por desclassificar alterações que tenham mais relação com a estação do ano do que a mineração em si, sendo assim ficando mais claro o que acontece com cada parâmetro em duas épocas distintas do ano, sendo elas o verão, onde há as maiores temperaturas e maiores índices pluviométricos, e no inverno, onde as temperaturas são mais baixas e os índices pluviométricos menos intensos (UNISUL, 2017a).

Com tudo, foram analisados os 31 (trinta e um) pontos em quatro campanhas amostrais entres 2021 e 2023, sendo elas nos dias: 29/07/2021 (inverno de 2021), 13/12/2021 (verão de 2021), 30/06/2022 (inverno de 2022) e 06/03/2023 (verão de 2022). A Figura 10 mostra algumas coletas sendo realizadas e o frasco da amostra coletada. Também foram observados os índices pluviométrico antecedentes das coletas na bacia estudada de algumas estações pluviométricas automatizadas dentro da área estudada, sendo elas: Estação Rainha (420130701A) de Araquari/SC, Nova Esperança (420650401A) de Guaramirim/SC, Centro (421740205A) de Schroeder/SC e Horto Florestal (420450902A) de Corupá/SC. Todas são fontes do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN), estão apresentados na Tabela 8 a seguir.

Tabela 8 - Precipitação acumulada 7 dias anteriores a coleta (mm).

Estação	Cidade	29/07/2021	13/12/2021	30/06/2022	06/03/2023
Estação Rainha (420130701A)	Araquari/SC	0,00	23,80	0,80	45,97*
Nova Esperança (420650401A)	Guaramirim/SC	14,80	43,40	0,20	91,80
Centro (421740203A)	Schroeder/SC	3,80	45,34	0,00	67,90
Horto Florestal (420450902A)	Corupá/SC	11,34	68,24	0,40	8,20

*Estação Centro (420130704A) de Araquari/SC



Figura 10 – (A) Coleta 06/03/2023. (B) Amostra da coleta 06/03/2023. (C e D) Coleta 30/06/2022.

3.1.4 Análise estatística dos dados

Faz-se análise estatística para que se defina se há relação dos dados coletados com cada período, no caso do estudo verão e inverno. O primeiro passo foi organizar os dados em dois grupos, inverno e verão, onde cada um tem 62 amostras para cada parâmetro, já que foram feitas duas coletas pra cada época em 31 pontos. Seguimos então para a análise estatística, onde precisamos definir se os dados são paramétricos ou não, utilizando o Teste de Shapiro-Wilk, indicado quando há amostras grandes, para análise de distribuição normal (MIOT, 2017).

A partir do resultado de análise de distribuição normal, seguimos para o método estatístico utilizado para definir se há ou não correlação dos parâmetros com a sazonalidade. Como os dados são pareados - mesmos pontos em épocas distintas - utilizamos Teste t de Student para amostras pareadas, quando há normalidade nas distribuições dos dados, e Teste de Wilcoxon, quando não há distribuição de normalidade (DAMÁSIO, 2021).

Todos os testes necessários (Teste de Shapiro-Wilk, Teste t de Student e Teste de Wilcoxon), foram executados no programa Jamovi, programa gratuito e aberto de análise estatística, disponível em <https://www.jamovi.org/>. Na aba inicial do programa pode-se abrir a planilha com os dados (.xlsx, .omv, .ods, .txt, .csv, etc), para executar as análises acessa “Análise” > “Teste t” > “Teste t para amostras emparelhadas”, seleciona as amostras emparelhadas, em “Verificação de Pressupostos” seleciona “Teste à Normalidade”, a partir do resultado do p-valor, define-se o tipo de teste selecionando em “Test” o “t de Student” ou “W de Wilcoxon”. E ainda, pode-se defini a hipótese para as variáveis pareadas em “Hipóteses”, onde elas podem ser diferentes, maior ou menor entre si.

3.2 INFLUÊNCIA DA MINERAÇÃO EM COMPARAÇÃO COM PONTOS DE NÃO EXTRAÇÃO DE MINÉRIO.

3.2.1 Pontos de extração e não extração de minério de areia

Para atingir o segundo objetivo, que é identificar pontos de influência da mineração sobre a qualidade da água na bacia do Rio Itapocu, comparando-os com pontos de não extração de minério, foi classificado os pontos em montante, jusante e intermediário (mesmos pontos utilizados em 3.1.1 Pontos amostrais). Avaliando a montante e a jusante da extração podemos definir quais parâmetros e índices tem a interferência ou não da mineração.

Destacamos que os títulos da ANM foram agrupados de modo que pudéssemos definir as montantes e jusantes de um conjunto de títulos para serem analisados. Definindo assim, 06 (seis) áreas de títulos: Título A, Título B, Título C, Título D, Título E e Título F (Figura 11). Como a jusante de um título pode ser a montante de outro, definimos uma jusante e uma montante para cada título de mineração definido, como mostra a Tabela 9 a seguir.

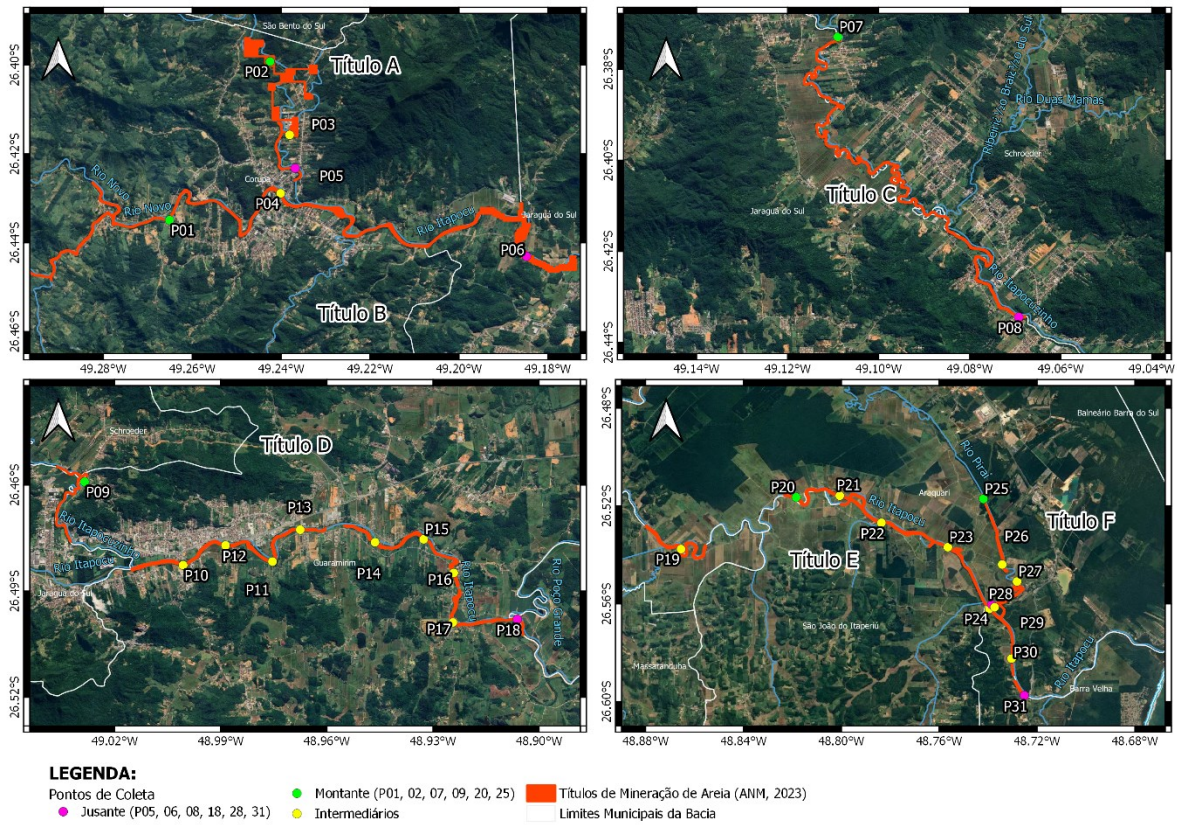


Figura 11 - Localização dos pontos de coleta em relação aos títulos de mineração.

Tabela 9 – Pontos a montante e jusante de cada título de mineração.

Título	Ponto	
	Montante	Jusante
Título A	02	05
Título B	01	06
Título C	07	08
Título D	09	18
Título E	20	31
Título F	25	28

Neste objetivo não foram utilizados os pontos intermediários, pois a mineração é dinâmica mudando seus pontos de extração constantemente ou até mesmo, não extraíndo em algumas épocas, por vários motivos. Logo, não se sabe ao certo quais são os pontos de extração nos momentos das coletas, sendo assim utiliza-los para atingir o objetivo proposto poderia trazer resultados equivocados.

3.2.2 Parâmetros e Índices Analisados

Os parâmetros e índices analisados são os igualmente utilizados no item 3.1.2 Parâmetros e índices analisados, na qual se usufruiu das mesmas amostras para os dois objetivos, apenas selecionados e analisados de formas distintas as mesmas. Sendo eles: pH, temperatura, turbidez, Oxigênio Dissolvido (OD) Coliformes Termotolerantes, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Fósforo total, Clorofila α , Nitrogênio Total, Óleos e Graxas Totais e Sólidos Totais. E ainda, foi calculado o Índice de Estado Trófico (IET) e Índice de Qualidade da Água (IQA).

3.2.3 Periodicidade das coletas e análise dos dados

Como os pontos e épocas analisada são as mesmas indicadas no item 3.1.3 Periodicidade das coletas e precipitação antecedente, para cada ponto temos apenas 4 (quatro) coletas, sendo assim, uma análise estatística inferencial ou indutiva não seria o ideal já que a amostra é muito pequena. Sendo assim, decide-se por adotar a análise descritiva dos dados apresentado, média, desvio-padrão, máximos e mínimos dos dados coletados para cada ponto e discuti-los para cada título descrito no item 3.2.1. Além, de compara-los com as legislações vigentes, como a CONAMA n°357/2005 e a CONSEMA n°181/2021.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir das coletas realizadas e os dados disponibilizados pela empresa contratante das análises GGES, os quais se encontram no Anexo A, foi feita a análise estatísticas dos dados que serão descritos nos tópicos a seguir para chegar aos objetivos propostos.

4.1 VARIAÇÃO SAZONAL NA QUALIDADE DA ÁGUA

4.1.1 Avaliação da distribuição dos dados

Precedendo a análises para os testes de hipóteses, foi executada a conferência paramétrica dos dados para distribuição normal, preposição exigida para a análise de Teste t de Student, a partir do teste de Shapiro-Wilk. Os resultados estão apresentados na Tabela 10 a seguir.

Tabela 10 - Teste à Normalidade (Shapiro-Wilk).

Variáveis dependentes		W	p
Clorofila a INVERNO ($\mu\text{g/L}$)	- Clorofila a VERÃO ($\mu\text{g/L}$)	0.846	< .001
Coliformes Termotolerantes INVERNO(UFC/100mL)	- Coliformes Termotolerantes VERÃO (UFC/100mL)	0.627	< .001
DBO INVERNO (mg/L)	- DBO VERÃO (mg/L)	0.260	< .001
Fósforo Total INVERNO (mg/L)	- Fósforo Total VERÃO (mg/L)	0.560	< .001
Nitrogênio Total INVERNO (mg/L)	- Nitrogênio Total VERÃO (mg/L)	0.859	< .001
OD INVERNO (mg/L)	- OD VERÃO (mg/L)	0.928	0.001
pH INVERNO	- pH VERÃO	0.816	< .001
Sólidos Totais INVERNO (mg/L)	- Sólidos Totais VERÃO (mg/L)	0.580	< .001
Temperatura INVERNO ($^{\circ}\text{C}$)	- Temperatura VERÃO ($^{\circ}\text{C}$)	0.937	0.003
Turbidez INVERNO (NTU)	- Turbidez VERÃO (NTU)	0.980	0.396
IQA INVERNO	- IQA VERÃO	0.985	0.673
IET INVERNO	- IET VERÃO	0.981	0.437

Nota. Um p-value pequeno sugere a violação do pressuposto da normalidade

Notamos que o parâmetro Turbidez e os índices IQA e IET apresentam p-valor maior que 0,05 (nível de significância para aceitação ou rejeição da hipótese nula), ou seja, possuem distribuição normal dos dados. Logo, estes terão sua análise de comparação pelo método do Teste t de Student. Enquanto, que os parâmetros Clorofila-a, Coliformes Termotolerantes, DBO, Fósforo Total, Nitrogênio Total, OD, pH, Sólidos Totais e Temperatura, apresentaram p-valor menor que 0,05. Sendo assim, estes parâmetros serão analisados pelo Teste W de Wilcoxon, já que estatisticamente não apresentam uma distribuição normal dos dados.

4.1.2 Teste de Wilcoxon

Para os parâmetros de qualidade de água não paramétricos, Clorofila-a, Coliformes Termotolerantes, DBO, Fósforo Total, Nitrogênio Total, OD, pH, Sólidos Totais e Temperatura, foi executada a análise estatística de Wilcoxon. Definindo como hipótese nula a não diferença estatística entre as amostras, ou seja, que não há diferença significativa entre as amostras de VERÃO e INVERNO. A tabela a seguir mostram estes resultados.

Tabela 11 - Teste W de Wilcoxon para grupos pareadas.

Variáveis dependentes		Teste	Estatística	p
Clorofila a INVERNO ($\mu\text{g/L}$)	- Clorofila a VERÃO ($\mu\text{g/L}$)	W de Wilcoxon	0 ^a	< .001
Coliformes Termotolerantes INVERNO (UFC/100mL)	- Coliformes Termotolerantes VERÃO (UFC/100mL)	W de Wilcoxon	896 ^b	0.725
DBO INVERNO (mg/L)	- DBO VERÃO (mg/L)	W de Wilcoxon	282 ^d	0.166

Fósforo Total INVERNO (mg/L)	-	Fósforo Total VERÃO (mg/L)	W de Wilcoxon	314 ^e	< .001
Nitrogênio Total INVERNO (mg/L)	-	Nitrogênio Total VERÃO (mg/L)	W de Wilcoxon	691 ^a	0.795
OD INVERNO (mg/L)	-	OD VERÃO (mg/L)	W de Wilcoxon	949	0.847
pH INVERNO	-	pH VERÃO	W de Wilcoxon	1356 ^b	0.003
Sólidos Totais INVERNO (mg/L)	-	Sólidos Totais VERÃO (mg/L)	W de Wilcoxon	937	0.785
Temperatura INVERNO (°C)	-	Temperatura VERÃO (°C)	W de Wilcoxon	0	< .001

Nota. H_a μ Medida 1 - Medida 2 ≠ 0

^a 11 par(es) de valores empatados

^b 1 par(es) de valores empatados

^d 33 par(es) de valores empatados

^e 37 par(es) de valores empatados

A Tabela 11, indica que para os parâmetros Coliformes Termotolerantes, DBO, Nitrogênio Total, OD e Sólidos Totais, o p-valor é maior que 0,05, ou seja, a hipótese nula deve ser aceita. Sendo assim, concluímos que para tais parâmetros, não há diferença estatística nos grupos entre inverno e verão. Já para aqueles que obtiveram hipótese nula rejeitada (p-valor menor que 0,05), considera-se a hipótese alternativa de que há uma diferença significativa entre os grupos no verão e no inverno, sendo eles: Clorofila-α, Fósforo Total, pH e Temperatura. Para discutir melhor está questão os resultados de mediana, máximas, mínimas, 1º e 3º quartis, são apresentados na Tabela 12 a seguir.

Tabela 12 - Estatística descritiva dos dados para o teste de Wilcoxon.

Parâmetros		N	Mediana	Mínimo	Máximo	25° percentil	50° percentil	75° percentil
OD INVERNO	(mg/L)	62	5.40 ^a	4.20	6.07	5.20	5.40	5.88
OD VERÃO	(mg/L)	62	5.90 ^a	3.20	6.90	4.82	5.90	6.30
pH INVERNO		62	7.22 ^b	6.83	8.20	7.02	7.22	7.95
pH VERÃO		62	7.10 ^c	5.60	8.79	6.38	7.10	7.17
Sólidos Totais INVERNO	(mg/L)	62	98.0 ^d	17	3888	42.8	98.0	156
Sólidos Totais VERÃO	(mg/L)	62	119 ^d	10	849	77.8	119	199
Temperatura INVERNO	(°C)	62	17.4 ^e	12.3	18.9	14.8	17.4	18.4
Temperatura VERÃO	(°C)	62	27.5 ^f	22.7	31.0	24.1	27.5	28.6
Clorofila a INVERNO	(μg/L)	62	0.100 ^g	0.100	10.0	0.100	0.100	2.75
Clorofila a VERÃO	(μg/L)	62	7.75 ^h	0.100	31.0	0.350	7.75	19.0
Coliformes Termotolerantes INVERNO	(UFC/100mL)	62	7000 ⁱ	100	350000	2575	7000	11750
Coliformes Termotolerantes VERÃO	(UFC/100mL)	62	7000 ⁱ	660	140000	3350	7000	16750
DBO INVERNO	(mg/L)	62	2.00 ^j	2.00	103	2.00	2.00	2.00
DBO VERÃO	(mg/L)	62	2.00 ^j	2.00	3.92	2.00	2.00	2.42
Fósforo Total INVERNO	(mg/L)	62	0.0300 ^k	0.0300	0.300	0.0300	0.0300	0.0500
Fósforo Total VERÃO	(mg/L)	62	0.0300 ^l	0.0300	0.0600	0.0300	0.0300	0.0300
Nitrogênio Total INVERNO	(mg/L)	62	0.100 ^m	0.100	23.4	0.100	0.100	5.55

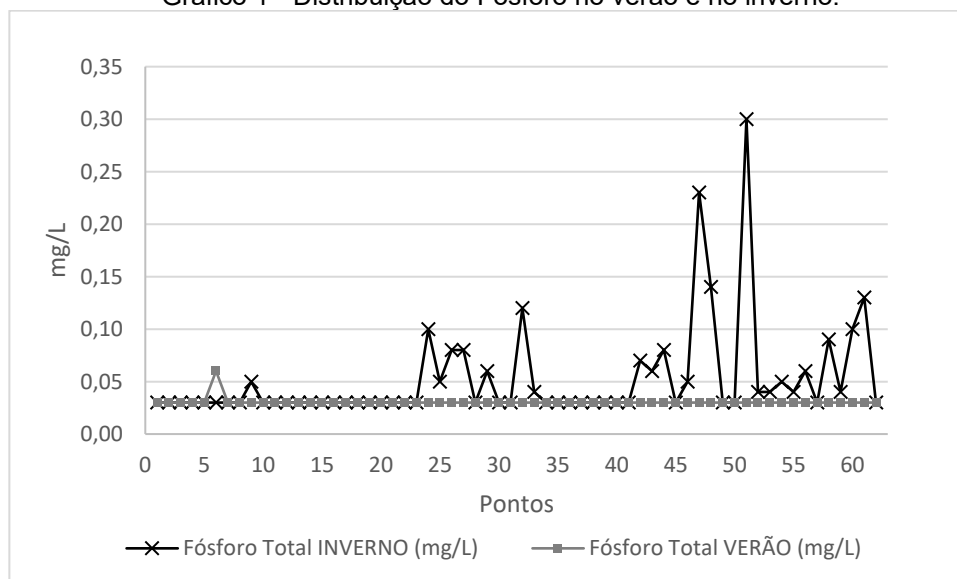
Parâmetros	N	Mediana	Mínimo	Máximo	25° percentil	50° percentil	75° percentil
Nitrogênio Total VERÃO (mg/L)	62	2.55 ^m	0.100	10.0	0.100	2.55	5.00

Nota: a, d, i, j, m = hipótese nula aceita; b, c, e, f, g, h, k, l = hipótese nula rejeitada (diferença entre as distribuições, parâmetros em negrito)

Observando a Tabela 12, nota-se que para o pH apesar de apresentarem medianas muito próximas, vemos pelos quartis que no inverno temos uma tendência a pH mais alto enquanto que no verão o pH é mais baixo, comparando-os entre si. A temperatura, como se espera, é superior no verão em relação ao inverno. Já a Clorofila-a mostra-se bem distinta entre verão e inverno, onde a mediana no verão chega a 7,75 µg/L, e no inverno 0,10 µg/L. Importante destacar neste ponto que o limite de quantificação do equipamento utilizado para analisar o parâmetro é de 0,10 µg/L, sendo assim, as amostras que indicam este valor podem ter na verdade valores reais inferiores a 0,10 µg/L (Tabela 7).

Apesar do fósforo apresentar seus valores iguais ao limite de quantificação do equipamento (0,03 mg/L), notamos no Gráfico 1, que o fósforo tem um aumento no inverno, enquanto no verão todos os valores são iguais a 0,03 mg/L. Mostrando que apesar da estatística descritiva não mostrar essa diferença, ele existe quando plotados na escala, indicando o motivo do teste estatístico ter apontado uma diferença entre os períodos de verão e inverno.

Gráfico 1 - Distribuição do Fósforo no verão e no inverno.



Sharip e Zaki (2014), relatam uma média de Clorofila-a maior em épocas secas (14,0 µg/L) em comparação com épocas chuvosas (8,5 µg/L), relacionada

principalmente a elevada turbidez e sólidos suspensos no meio, que impedem a passagem de luz para o crescimento de fitoplanctons. No Brasil, é comum as precipitações estarem relacionadas com a Turbidez e os Sólidos Suspensos na água, afetando inclusive o abastecimento público em épocas de intensas chuvas (PACHECO, 2022; CARDIAL, 2021. BAUMINAS, 2023). Esteves (1998) ressalta que a regularidade das condições climáticas em regiões temperadas, influência em uma variação sazonal nas comunidades fitoplanctônicas, sendo seu crescimento controlado por vários fatores ambientais, sendo os principais temperatura e radiação solar.

O Fósforo pode aumentar na coluna d'água quando há a ressuspensão do material sedimentado no leito, o que ocorre em épocas de intensas chuvas, pois este sedimenta em associação com Íons Férnico, adsorção às argilas ou até associação com outros íons, como alumínio e o manganês, em pH mais baixo (ESTEVES, 1998). O mesmo pode ocorrer na erosão do solo, onde há a transferência de fosfato da terra para os cursos de água na forma de sedimentos suspensos transportados em grandes cheias (TRISNANING et. al., 2022).

Porém, a concentração de fósforo na água está diretamente relacionada com a densidade e a atividade de organismos, especialmente fitoplanctônicos e macrófitas aquáticas, pois estes assimilam uma grande quantidade de fósforo durante a fotossíntese. Em lagos tropicais, o metabolismo dos organismos aumenta consideravelmente em altas temperaturas, fazendo com que o fósforo seja rapidamente assimilado e incorporado na sua biomassa. Ou ainda, podem haver o aumento devido a contaminação de efluentes domésticos, industrial ou agrícolas, porém podem ser mascarados, com a diluição em épocas com vazões mais elevadas do rio, em épocas chuvosas como no verão (ESTEVES, 1998).

Ambas as situações poderiam ocorrer na área de estudo. Pois há um aumento da Clorofila- α no verão, o que causaria o consumo do Fósforo disponível no meio, ou até mesmo a contaminação por efluentes doméstico advindos de centros urbanos ou da produção agropastoril, presentes na região estudada.

4.1.3 Teste t de Student

Para os grupos que possuem distribuição normal dos dados foi executado o Teste de t de Student. Na qual, assim como o Teste de Wilcoxon, considera a hipótese nula como sendo a não diferença significativa entre as amostras, porém analisando

as médias e os desvios padrões da amostra. A partir do item 4.1.1 do Teste de Normalidade, temos que o parâmetro de Turbidez e os índices IQA e IET possuem distribuição normal dos dados. A Tabela 13 mostra o resultado da análise feita para estes dados.

Tabela 13 - Teste t de Student para amostras pareadas.

Variáveis dependentes		Teste	Estatística	gl	p
Turbidez INVERNO (NTU)	Turbidez VERÃO (NTU)	t de Student	-9.34	61.0	< .001
IQA INVERNO	IQA VERÃO	t de Student	3.57	61.0	< .001
IET INVERNO	IET VERÃO	t de Student	-2.32	61.0	0.024

Nota. $H_a: \mu_{\text{Medida 1}} - \mu_{\text{Medida 2}} \neq 0$

Analisando a Tabela 13, vemos que todos os três grupos analisados deram p-valor menor que 0,05, sendo assim rejeitamos a hipótese nula. Isso indica que há uma diferença estatística significativa entre verão e inverno, para Turbidez, IQA e IET. A Tabela 14 a seguir traz a estatística descritiva dos dados para melhor interpretarmos os resultados da análise estatística.

Tabela 14 - Estatística descritiva dos dados para o teste t de Student.

Parâmetros	N	Média	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo
Turbidez INVERNO (NTU)	62	52.8	10.1	6.20	77.0
Turbidez VERÃO (NTU)	62	94.9	33.9	13.1	167
IQA INVERNO	62	54.5	6.69	39	77
IQA VERÃO	62	49.4	7.86	34	64
IET INVERNO	62	60.7	6.50	48.0	75.0
IET VERÃO	62	62.6	2.81	58.0	69.0

A Tabela 14 nos mostra uma média mais alta no verão para o parâmetro Turbidez, mostrando uma diferença significativa, em que no inverno a média é de 52,8 NTU, e no verão chega a 94,9 NTU. Enquanto que, para o IET, existe uma diferença, porém ela é menos acentuada, sendo no inverno 60,7 e no verão 62,6. Lembrando que, segundo a Tabela 5, ambas as épocas, pela média, se classificam como um meio Eutrófico. Já para o IQA, ocorre o inverso, a média é maior no inverno do que no verão, 54,5 e 49,4, respectivamente. Onde, pela Tabela 4, a qualidade da água no inverno se classifica como boa, enquanto que no verão ela fica na categoria de regular, segundo suas médias.

Sharip e Zaki (2014), em seus estudos, apontaram um aumento da turbidez no lago em épocas chuvosas, associados a carga de sólidos suspensos da erosão do

solo na bacia hidrográfica de contribuição, obtendo uma média de 93.6 NTU. Yen e Rohasliney (2013), encontraram valores positivos de correlação entre SST e a vazão do Rio Kelantan , na Malasia , devido aos materiais flutuantes, tais como sedimentos finos e detritos que eram transportados pela água da chuva na bacia hidrográfica.

O aumento do IET, se relaciona com a Clorofila-a e o Fósforo Total, já que os dois são usados como base para o cálculo deste índice. Como visto no item 4.1.2, a Clorofila-a e o Fósforo Total mostraram também relação com a sazonalidade. Apesar do Fósforo ter tido uma relação contrária, diminuir no verão e aumentar no inverno, sua variação foi baixa comparada a Clorofila-a, sendo assim podemos pressupor que a Clorofila-a teve uma influência mais acentuada no resultado do IET do que o Fósforo.

Dos parâmetros que apresentaram variação sazonal quatro deles estão relacionados com o IQA, sendo eles pH, Temperatura, Fósforo e Turbidez. Desses, dois possuem um valor mais favorável a qualidade da água no inverno, temperatura e turbidez, as quais diminuem consideravelmente no inverno. O pH, se mantém em uma variação muito próximo do neutro, possuindo influências baixa no resultado sazonal de IQA. E o Fósforo Total aumenta no inverno, porém, assim como no IET, sua variação é pequena, possuindo uma influência baixa no resultado do IQA entre inverno e verão.

4.2 INFLUÊNCIA DA MINERAÇÃO EM COMPARAÇÃO COM PONTOS DE NÃO EXTRAÇÃO DE MINÉRIO

O objetivo deste tópico é apresentar a influência da mineração nos parâmetros e índices analisados. Para tanto será analisado cada parâmetro e índice separadamente, sendo apresentado para cada parâmetro os seis títulos estudados divididos em seus respectivos pontos de montante e jusante. Destaca-se que ao citar a CONAMA n°357/2005, se referi a corpos de água doce de Classe II, já que a classificação do corpo hídrico estudado.

4.2.1 pH

A Tabela 15 traz a Análise Descritiva dos dados de pH para os seis títulos estudados. Podemos notar que a média de todos giram em torno de um pH neutro (7,0), sendo a menor média a montante do Título E, pH 6,65. Observando as máximas

e mínimas praticamente todos os pontos estão dentro do intervalo exigido pelas legislações vigente (Tabela 3), sendo as mais restritivas para este parâmetro a CONAMA n° 357/2005 e a CONSEMA n°181/2021, que estipulam intervalos entre 6,0 e 9,0, excedendo estes limites os pontos a montante e jusante do Título E e a jusante do Título D.

Em relação, a variação para montante e jusante, notamos pela média que nos três primeiros títulos (Título A, B e C), não há uma variação significativa no pH. Enquanto que nos títulos seguintes (Título D, E e F) há uma variação mais notável, diminuindo de montante para jusante no Título D, e aumentando de montante para jusante nos títulos E e F. Mostrando, assim, que não há um padrão na análise.

Tabela 15 - Análise Descritiva do pH a montante e jusante das áreas de mineração.

Título	Ponto		Média	Desvio-padrão	Máximo	Mínimo
Título A	Montante	1	7,17	0,63	8,01	6,49
	Jusante	4	7,13	0,60	7,91	6,44
Título B	Montante	2	7,16	0,61	7,93	6,45
	Jusante	6	7,18	0,76	8,20	6,37
Título C	Montante	7	7,17	0,64	7,98	6,44
	Jusante	8	7,14	0,66	8,03	6,44
Título D	Montante	9	7,10	0,67	7,96	6,33
	Jusante	18	6,98	0,87	7,95	5,84
Título E	Montante	20	6,65	0,71	7,19	5,60
	Jusante	31	6,99	0,89	7,94	5,79
Título F	Montante	25	7,04	0,76	7,92	6,08
	Jusante	28	7,20	0,55	7,95	6,64

Nota: em vermelho ultrapassam os valores da CONAMA n° 357/2005 e CONSEMA n°181/2021.

Sendo o pH um importante indicador de equilíbrio químico da água, Akankali, Ambrose e Akpan (2017), em um estudo de caso no córrego Okoro Nsit, no sudeste da Nigéria, notaram um aumento do pH de montante para jusante da mineração de areia, onde passou de 5,99, a montante, para 6,22, a jusante. Bhattacharya, Chatterjee e Dolui (2019) também apontam um aumento do pH de montante para a jusante do curso d'água, saindo de 5,48 para 6,75. Já Trisnaning et. al. (2022), indicou uma diminuição gradual do pH, de pontos a montante, na área de mineração e a jusante, com valores de 8,12 mg/L, 8,05 mg/L e 7,77 mg/L, respectivamente. Relacionando está diminuição devida à abertura de depósitos de areia ao redor do rio, fazendo com que minerais como feldspato, hornblenda e quartzo se dissolvam e se misturem na água e causem uma diminuição no valor do pH

4.2.2 Temperatura

A Tabela 16 traz a análise descritiva da temperatura, onde as médias giram em torno de 22,0 °C, as mínimas em torno de 15,5 °C e as máximas de 28 °C. Notamos que em todos os títulos, exceto no Título F, as temperaturas aumentaram de montante para jusante.

Tabela 16 - Análise Descritiva da Temperatura (°C) a montante e jusante das áreas de mineração.

Título	Ponto		Média	Desvio-padrão	Máximo	Mínimo
Título A	Montante	1	20,83	12,23	26,30	15,10
	Jusante	4	21,43	10,54	26,90	16,70
Título B	Montante	2	20,83	11,74	26,10	15,20
	Jusante	6	20,94	8,63	26,70	15,25
Título C	Montante	7	21,05	8,06	26,10	16,40
	Jusante	8	21,65	7,50	27,60	17,40
Título D	Montante	9	21,25	6,01	27,10	17,20
	Jusante	18	22,68	3,39	31,00	13,20
Título E	Montante	20	23,00	3,75	30,80	14,70
	Jusante	31	23,03	11,46	30,30	14,80
Título F	Montante	25	23,00	6,58	29,60	15,70
	Jusante	28	22,75	9,40	29,60	14,70

Segundo Ashraf et al. (2011), a temperatura da água e o Oxigênio Dissolvido podem ser alterados se a mineração reduzir a velocidade da água ou espalha o fluxo sobre áreas rasas, devido ao assoreamento causado pela sedimentação de partículas proveniente de descarga de água de lavagem, escoamento pluvial e despejo em excesso de materiais da mineração. Akankali, Ambrose e Akpan (2017), apontaram um pequeno aumento da temperatura de 28,2 °C a montante, para 28,3 °C a jusante.

4.2.3 Turbidez

A Tabela 17 apresenta a análise descritiva do parâmetro Turbidez. Notamos em todos os pontos suas médias estão dentro do padrão da CONAMA n° 357/2005 de até 100 NTU. E ainda, nos Títulos C e E, as médias nos pontos a montante são maiores que a jusante, e o mesmo ocorre nas máximas desses dois títulos. Já nos outros títulos (Título A, B, D e F) as médias e máximas de turbidez são maiores na jusante em relação a seu montante. Ainda, em 9 (nove) dos 12 (pontos) estudados há máximas que ultrapassam os limites estabelecidos de 100 NTU.

Tabela 17 - Análise Descritiva da Turbidez (NTU) a montante e jusante das áreas de mineração.

Título	Ponto		Média	Desvio-padrão	Máximo	Mínimo
Título A	Montante	1	65,48	26,73	103,00	42,00
	Jusante	4	84,15	48,31	152,00	49,10
Título B	Montante	2	66,00	29,85	94,30	33,00
	Jusante	6	67,98	41,08	129,00	39,60
Título C	Montante	7	74,55	62,50	167,00	29,10
	Jusante	8	68,75	50,60	142,00	26,90
Título D	Montante	9	75,03	39,72	122,00	41,00
	Jusante	18	89,30	40,77	146,00	59,20
Título E	Montante	20	89,08	47,26	153,00	48,30
	Jusante	31	82,85	28,47	118,00	59,40
Título F	Montante	25	59,98	14,44	80,00	46,70
	Jusante	28	67,08	13,37	86,00	57,20

Nota: em vermelho ultrapassam os valores da CONAMA nº 357/2005.

Akankali, Ambrose e Akpan (2017), em seus estudos, apontam que o parâmetro Turbidez, teve um aumento devido a mineração, passando de 20,1 NTU, a montante, para 24,4 NTU a jusante. Para Ashraf et al. (2011) a turbidez geralmente é maior em locais de dragagem ou pontos descarga de água de lavagem. Porém, ela diminui com a distância a jusante, e pode ser controlado pela contenção do escoamento e pela filtragem ou contendo água de lavagem. Bhattacharya, Chatterjee e Dolui (2019), apontam um aumento da turbidez de 4,44 NTU a montante, para 6,75 a jusante do curso d'água estudado. Sharip e Zaki (2014), também relatam um aumento significativo na turbidez na área de extração em relação a montante, saindo de 99 para 142 NTU, e diminuindo para 132 NTU em 350m do ponto de extração. Lekomo (2021), ressalta que a alta concentração de turbidez na água pode ser gerada devido as partículas suspensas relacionada as atividades de mineração de areia presente no Rio Toutsang, em Camarões. Relatando um aumento da turbidez, de montante para jusante, de 8,25 a 155,05 NTU, respectivamente.

4.2.4 Oxigênio Dissolvido (OD)

A Tabela 18 demonstra os resultados da análise descritiva do Oxigênio Dissolvido (OD). Nota-se que em todos os pontos as médias estão dentro do padrão CONAMA nº357/2005, que exige OD maior que 5,0 mg/L. Já em relação as mínimas, 9 (nove) de 12 (doze) pontos apresentaram valor inferior ao definido pela norma, estando dentro apenas os pontos do Título A (montante e jusante) e montante do Título C. Comparando-se montantes e jusantes, notamos que 5 (cincos) dos 6 (seis)

títulos tiveram uma diminuição do Oxigênio Dissolvido de montante para jusante, exceto no Título A que teve um aumento de 0,02 mg/L na sua média para jusante.

Tabela 18 - Análise Descritiva do Oxigênio Dissolvido (mg/L) a montante e jusante das áreas de mineração.

Título	Ponto		Média	Desvio-padrão	Máximo	Mínimo
Título A	Montante	1	5,76	0,44	6,30	5,40
	Jusante	4	5,78	0,40	6,22	5,40
Título B	Montante	2	5,66	0,74	6,50	4,90
	Jusante	6	5,58	0,50	6,10	4,90
Título C	Montante	7	5,76	0,76	6,90	5,33
	Jusante	8	5,45	0,64	6,10	4,90
Título D	Montante	9	5,55	1,07	6,90	4,50
	Jusante	18	5,38	0,91	6,30	4,20
Título E	Montante	20	5,40	1,11	6,50	3,90
	Jusante	31	5,09	1,16	6,33	4,00
Título F	Montante	25	5,41	1,03	6,31	4,00
	Jusante	28	5,21	1,11	6,22	3,70

Nota: em vermelho ultrapassam os valores da CONAMA n° 357/2005.

Indicado como parâmetro crítico no meio aquático, constitui o reservatório de oxigênio para os organismos aquáticos que o utilizam para a respiração. Akankali, Ambrose e Akpan (2017), mostram que o Oxigênio Dissolvido aumentou de montante para jusante, passando de 5,2 mg/L para 6,2 mg/L, na área de estudada. Apontam, ainda, que isso pode ser gerado pela turbulência causada na água pela mineração de areia, afetando positivamente o parâmetro. Já Ashraf et al. (2011), relata uma concentração de oxigênio dissolvido entre 6,41 a 9,60mg/L nas áreas de mineração avaliadas. Trisnaning et. al. (2022), indicou em seu estudo, um pequeno aumento de montante para jusante da mineração, de 5,0 mg/L para 5,10 mg/L. Porém na área de mineração ela diminui consideravelmente em relação a montante, chegando a 4,27 mg/L. Yen e Rohasliney (2013) apresentou uma diminuição da concentração de OD de montante para a jusante da área de estudo, variando de 5,60 a 6,57 mg/L, apontando que a elevada quantidade de sedimentos na coluna d'água causada pela dragagem de areia diminuem a concentração de OD, perturbando as camadas de sedimentos anaeróbicos, reduzindo assim a troca de oxigênio nos sedimentos.

4.2.5 Coliformes Termotolerantes

A Tabela 19 apresenta a análise descritiva para Coliformes Termotolerantes (Coliformes Termotolerantes). Pela CONAMA n°357/2005, o limite este parâmetro

biológico é de até 1.000,00 UFC/100mL para corpos de água doce Classe II, caso da nossa área de estudo. Notamos que em todos os pontos as médias ultrapassam esse valor, no ponto a montante do Título C ela chega a ser 95 vezes acima do valor estipulado pela norma. Até mesmo nas mínimas os valores de 6 (seis) pontos ultrapassam o limite da CONAMA nº357/2005. Em relação aos títulos, 4 (quatro) apresentam aumento na média de montante para a jusante (Títulos A, B, D e F), e em 2 (dois) ocorreu o inverso, diminuição de montante para a jusante.

Tabela 19 - Análise Descritiva de Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL) a montante e jusante das áreas de mineração.

Título	Ponto		Média	Desvio-padrão	Máximo	Mínimo
Título A	Montante	1	2138	2438	5200	100
	Jusante	4	8555	5827	14000	420
Título B	Montante	2	10798	16418	35000	230
	Jusante	6	24348	42575	88000	390
Título C	Montante	7	95450	169921	350000	1000
	Jusante	8	10750	5377	17000	4000
Título D	Montante	9	8425	5740	16000	3100
	Jusante	18	54000	45218	96000	11000
Título E	Montante	20	16750	19357	44000	1700
	Jusante	31	9365	7162	17000	660
Título F	Montante	25	4775	2723	7200	1900
	Jusante	28	5048	6321	14000	390

Nota: em vermelho ultrapassam os valores da CONAMA nº 357/2005.

Crisgiovanni et al (2020) correlaciona o aumento da concentração de *Escherichia coli* (*E. coli*) e Coliformes Termotolerantes com a ocupação do solo na bacia estudada. Mostrando um aumento de 9.650 CFU, próximo a nascente, para 44.775 CFU, no centro da cidade. Pelo Figura 11, observamos que os resultados são condizentes com a literatura, onde os pontos a montante se encontram antes da área urbana e os a jusante após ou no centro da área urbana. Porém, um resultado intrigante é o Título C, onde o ponto 7, a montante, apresentou uma elevada concentração de Coliformes Termotolerantes, inclusive possuindo a máxima mais alta entre todos os pontos analisados. Contudo este ponto se encontra a montante da área urbana de Schroeder e é um dos pontos mais próximos a nascente do seu Rio Itapocuzinho, em relação aos outros pontos. Denotando a necessidade de uma avaliação mais específica e robusta para analisar melhor este parâmetro.

Pereira et. al. (2021), também registrou altas concentrações de Coliformes Termotolerantes na Bacia do Rio Itapocu, em análises feitas em 15 (quinze) pontos

ao longo da bacia, entre 2014 e 2019. Indicando presença potencial contaminação fecal, podendo ser tanto advindo da efluente doméstico quanto da contaminação pela pecuária, pelas fezes animais. Apontando picos de concentrações do parâmetro nas sub-bacias do Rio Vermelho, Rio Novo, Rio Itapocuzinho (*E. coli*) e Médio Itapocu nas quais estão presentes os Títulos A, B, C e D, respectivamente.

Importante destacar que a mineração de areia não é comumente um insersor de *E. coli* no meio hídrico, porém ele se encontra próximo as suas áreas de consumo que frequentemente são centros urbanos, onde há grande contaminação no corpo d'água devido ao despejo irregular de efluentes sanitários (CRISIGIOVANNI et al., 2020; VIEIRA e REZENDE, 2015).

4.2.6 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

A Tabela 20 apresenta a análise descritiva da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) nos seis títulos estudados. Praticamente todos os pontos em todos os títulos apresenta uma média baixa, próxima de 2,30 mg/L, lembrando que pela CONAMA n°357/2005 o limite é de até 5,00 mg/L. Porém, no ponto a jusante do Título E temos uma média elevada de 25,59 mg/L, no entanto este ponto possui uma máxima de 96,35 mg/L o que justificaria o aumento da média já que possuímos apenas 4 (quatro) amostras por ponto. Ainda, é valido lembrar que o limite de quantificação para a DBO é de 2,00 mg/L, sendo assim os pontos que apresentam este resultado podem ter seu valor real menor que 2,00 mg/L. Se destaca que, em 4 (quatro) dos 6 (seis) títulos (Título B, C, E e F), a DBO média aumentou dos pontos a montante para a jusante, enquanto que nos Títulos A e D, a concentração média diminuiu de montante para jusante.

Tabela 20 - Análise Descritiva da Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg/L) a montante e jusante das áreas de mineração.

Título	Ponto		Média	Desvio-padrão	Máximo	Mínimo
Título A	Montante	1	2,39	0,56	3,18	2,00
	Jusante	4	2,33	0,66	3,32	2,00
Título B	Montante	2	2,08	0,15	2,30	2,00
	Jusante	6	2,58	1,16	4,32	2,00
Título C	Montante	7	2,34	0,59	3,21	2,00
	Jusante	8	2,44	0,63	3,33	2,00
Título D	Montante	9	2,70	1,09	4,30	2,00
	Jusante	18	2,18	0,36	2,72	2,00
Título E	Montante	20	2,00	0,00	2,00	2,00

	Jusante	31	25,59	47,18	96,35	2,00
Título F	Montante	25	2,10	0,20	2,40	2,00
	Jusante	28	2,21	0,42	2,83	2,00

Nota: em vermelho ultrapassam os valores da CONAMA n° 357/2005.

A DBO demonstra a taxa de oxigênio consumido pelos microorganismos na degradação aeróbica da matéria orgânica no meio. Em estudo feito na Nigéria, Akankali, Ambrose e Akpan (2017), apontaram uma diminuição da concentração de DBO de montante para jusante da mineração, passando de 3,2 mg/L, a montante, para 1,4 mg/L a jusante. Considerados valores altos, os autores sugerem que a mineração pode contribuir para a melhora da circulação e concentração da matéria orgânica no meio. Já, Bhattacharya, Chatterjee e Dolui (2019), apontaram um aumento na DBO de montante para jusante, saindo de 1,35 mg/L para 1,40 mg/L. O aumento da DBO está diretamente ligado a ressuspensão da matéria orgânica no meio devido a operação de dragagem, na qual aumenta a turbulência no fundo do leito no momento da sucção da areia.

4.2.7 Fósforo total

A Tabela 21 apresenta a análise descritiva do Fósforo Total para os seis títulos estudados. Nota-se que todos os pontos possuíram resultados de médias bem baixo, e todos dentro do padrão estabelecido pela CONAMA n° 357/2005 de 0,10 mg/L. Observa-se que em 4 (quatro) títulos (Título A, D, E e F) a concentração média de Fósforo Total diminuiu de montante para a jusante, enquanto que no Título B houve um aumento, e no Título C mante-se estável de montante para jusante. Lembrando que o limite de quantificação para o Fósforo Total é de 0,03 mg/L.

Tabela 21 Análise Descritiva do Fósforo Total (mg/L) a montante e jusante das áreas de mineração.

Título	Ponto		Média	Desvio-padrão	Máximo	Mínimo
Título A	Montante	1	0,05	0,05	0,12	0,03
	Jusante	4	0,03	0,00	0,03	0,03
Título B	Montante	2	0,03	0,01	0,04	0,03
	Jusante	6	0,04	0,02	0,06	0,03
Título C	Montante	7	0,03	0,00	0,03	0,03
	Jusante	8	0,03	0,00	0,03	0,03
Título D	Montante	9	0,04	0,01	0,05	0,03
	Jusante	18	0,03	0,00	0,03	0,03
Título E	Montante	20	0,10	0,14	0,30	0,03
	Jusante	31	0,03	0,00	0,03	0,03

Título F	Montante	25	0,04	0,02	0,06	0,03
	Jusante	28	0,03	0,01	0,04	0,03

Nota: em vermelho ultrapassam os valores da CONAMA nº 357/2005.

Akankali, Ambrose e Akpan (2017), também apresentam uma diminuição na concentração de Fosfato de montante para jusante em seus estudos, passando de 3,6 mg/L para 2,6 mg/L. Já Trisnaning et. al. (2022), aponta um aumento de Fosfato de <0,09 mg/L, a montante, para 0,13 mg/L, a jusante, e notando uma concentração ainda mais alta no ponto de extração, com 0,24 mg/L, associado a erosão do solo e não a mineração de areia em si. Pereira et. al. (2021), associa o aumento de Fósforo Total na Bacia do Rio Itapocu, principalmente devido ao despejo irregular ou tratamento ineficiente do efluente sanitário, em análises feitas em 15 (quinze) pontos ao longo da bacia, entre 2014 e 2019. Apontando picos de concentrações do parâmetro nas sub-bacias do Rio Vermelho, Rio Novo e Médio Itapocu, nas quais estão presentes os Títulos A, B e D, respectivamente. O Fósforo também pode aumentar na coluna d'água quando há a ressuspensão do material sedimentado no leito, pois este tende a sedimentar devido a associação com Íons Férnico, adsorção às argilas ou até associação com outros íons, como alumínio e o manganês, em pH mais baixo (ESTEVES, 1998).

4.2.8 Nitrogênio Total

A Tabela 22 apresenta a análise descritiva do Nitrogênio Total para os seis títulos estudados. Pode-se notar que as médias diminuem ao longo do rio do Título A ao Título F, onde mais ao início da bacia a concentração de Nitrogênio Total médio é maior e ao final ele está mais baixo que o restante dos outros pontos. A mesma disposição é observada nas máximas. Apesar de diminuir do início ao final da bacia como um todo, não se tem essa tendência para todos os títulos. Observa-se que no Título A e C, a concentração média aumenta de montante para jusante, enquanto nos outros títulos (Título B, D, E e F) as concentrações diminuem de montante para jusante.

Tabela 22 - Análise Descritiva do Nitrogênio Total (mg/L) a montante e jusante das áreas de mineração.

Título	Ponto		Média	Desvio-padrão	Máximo	Mínimo
Título A	Montante	1	4,62	6,21	13,27	0,10
	Jusante	4	4,96	6,84	14,62	0,10
Título B	Montante	2	5,96	7,29	15,13	0,10

	Jusante	6	4,81	5,45	10,00	0,10
Título C	Montante	7	1,33	2,45	5,00	0,10
	Jusante	8	4,32	5,67	12,09	0,10
Título D	Montante	9	4,71	5,97	12,63	0,10
	Jusante	18	2,92	3,74	8,00	0,10
Título E	Montante	20	2,90	3,24	6,00	0,10
	Jusante	31	1,33	2,45	5,00	0,10
Título F	Montante	25	2,77	3,10	5,87	0,10
	Jusante	28	1,95	3,70	7,50	0,10

Akankali, Ambrose e Akpan (2017), também apresentam uma diminuição na concentração de Nitrato de montante para jusante em seus estudos, passando de 12,4 mg/L para 10,7 mg/L. O mesmo ocorre no estudo de Trisnaning et. al. (2022), indo de 0,44 mg/L para 0,26mg/L (montante para jusante), e ainda aponta um aumento significativo na área de mineração de 3,49 mg/L, porém ela denota todos os valores como sendo de origem natural, sem interferência da mineração ou outras fontes.

Yen e Rohasliney (2013), apontaram uma grande variação de Nitrato no curso d'água estudado, entre 13,3 a 21,7 mg/L, causado principalmente pelo escoamento agrícola resultante de alguns locais agrícolas ao longo da área. Também encontrou variações de Nitrogênio Amoniacal, entre 0,26 e 0,41 mg/L, e Nitrito entre 0,098 e 0,183 mg/L.

4.2.9 Clorofila α

A Tabela 23 apresenta a análise descritiva da Clorofila- α para os seis títulos estudados. Observa-se que nos Título B e E, há uma diminuição da concentração média da Clorofila- α de montante para jusante, enquanto nos outros títulos (Título A, C, D e F) ocorre o inverso, aumenta de montante para jusante. Importante destacar que as máximas registradas em todos os pontos ocorreram no verão de 2022, reafirmando o resultado da análise estatística do item 4.1.2.

Tabela 23 - Análise Descritiva da Clorofila- α ($\mu\text{g/L}$) a montante e jusante das áreas de mineração.

Título	Ponto		Média	Desvio-padrão	Máximo	Mínimo
Título A	Montante	1	5,9	7,7	17,0	0,1
	Jusante	4	6,0	8,1	18,0	0,1
Título B	Montante	2	7,0	10,2	22,0	0,1
	Jusante	6	4,6	7,1	15,0	0,1
Título C	Montante	7	6,8	12,2	25,0	0,1
	Jusante	8	8,2	10,2	23,0	0,1
Título D	Montante	9	6,5	8,5	19,0	0,1

Título	Ponto	Média	Desvio-padrão	Máximo	Mínimo	
	Jusante	18	7,2	10,8	23,0	0,1
Título E	Montante	20	6,3	11,8	24,0	0,1
	Jusante	31	4,8	7,0	15,0	0,1
Título F	Montante	25	5,1	6,6	14,0	0,1
	Jusante	28	5,9	11,4	23,0	0,1

Sharip e Zaki (2014), relatam que devido a elevada turbidez e sólidos suspensos no meio, há uma diminuição na concentração de Clorofila-a, pois impedem a passagem de luz para o crescimento de fitoplanctons. Porém, esta tendência não ocorre nos dados apresentados, pois enquanto os valores de turbidez aumentam de montante para jusante, a concentração de Clorofila-a também aumenta na maioria dos títulos. Porém, a ressuspensão dos sólidos na coluna devido a dragagem de areia, podem trazer para a coluna d'água nutrientes precipitados no sedimento do leito como o fósforo (ASHRAF et al., 2011; ESTEVES, 1998). Caso observado por Trisnaning et. al. (2022) em seu estudo, onde aponta um aumento de Fosfato de <0,09 mg/L, a montante, para 0,13 mg/L, a jusante, e notando, ainda, uma concentração mais alta no ponto de extração, com 0,24 mg/L

4.2.10 Óleos e Graxas Totais

Para o parâmetro Óleos e Graxas Totais não houve análise descritiva, já que todas as amostras coletadas, em todos os pontos e todas as épocas apresentaram resultado ausente para este parâmetro. Lembrando que a mesma é feita pelo laboratório visualmente, e a CONAMA nº357/2005 exige que estes estejam virtualmente ausentes. Sendo assim, todas as amostras estão dentro do padrão estabelecido pela norma e não possuem distinções entre si.

Akankali, Ambrose e Akpan (2017), apresentam uma diminuição na concentração de Óleos e Graxas de montante para jusante em seus estudos, passando de 6,3 mg/L para 4,5 mg/L. Porém, a contaminação pode ocorrer devido a material lixiviado ou contidos nos efluentes da mineração, principalmente quando há a manutenção de maquinário próximo ao rio, sem as devidas proteções, ou então o vazamento de combustíveis e óleos do sistema da draga quando estas não possuem a devida manutenção, cuidado ou funcionamento (CHAVES e WHITAKER, 2012; MECHE e SANCHES, 2010; NOGUEIRA, 2023).

4.2.11 Sólidos Totais

A Tabela 24 apresenta a análise descritiva de Sólidos Totais para os seis títulos estudados. Pode-se observar que há um aumento gradual da concentração média do Título A ao Título F, iniciando a montante do Título A com média de 64 mg/L e finalizando com a jusante do Título F em 618 mg/L. Analisando os títulos individualmente, notamos que 4 (quatro) deles aumentam a média de concentração de montante para jusante (Título A, B, D e E), enquanto que 2 (dois) deles diminuem de montante para jusante (Título C e F).

Tabela 24 - Análise Descritiva de Sólidos Totais (mg/L) a montante e jusante das áreas de mineração.

Título	Ponto		Média	Desvio-padrão	Máximo	Mínimo
Título A	Montante	1	64	35,7	104	17
	Jusante	4	83	52,5	160	44
Título B	Montante	2	66	74,0	176	17
	Jusante	6	133	61,4	195	80
Título C	Montante	7	104	38,5	153	62
	Jusante	8	57	28,1	82	17
Título D	Montante	9	141	170,3	392	17
	Jusante	18	182	119,9	358	97
Título E	Montante	20	90	59,1	158	17
	Jusante	31	1250	1792,3	3888	57
Título F	Montante	25	711	1224,9	2548	86
	Jusante	28	618	936,8	2020	104

Akankali, Ambrose e Akpan (2017), apresentam em seu trabalho uma diminuição da concentração dos Sólidos Dissolvidos Totais (SDT) de montante para jusante (de 422,2 para 281,4 mg/L), enquanto que os Sólidos Suspensos Totais (SST) aumentaram de montante para jusante (de 8,4 para 10,2 mg/L). Destacando que a Turbidez é diretamente proporcional aos SST. Trisnaning et. al. (2022) relata o aumento do SDT da área de mineração (330 mg/L) para a jusante (20.900 mg/L), destacando que de jusante para a área de mineração há uma pequena diminuição, de 336 a 330 mg/L. Associando o alto valor a jusante causada pelo aumento da erosão nas margens devido a mineração de areia.

Ashraf et al. (2011), relata uma concentração de Sólidos Suspensos na faixa de 100mg/L próximo as embarcações de dragagem, porém elas diminuem drasticamente para menos de 5 mg/L dentro de 1 a 2 km a jusante da extração. Bhattacharya, Chatterjee e Dolui (2019), aponta o aumento de SDT de 116,9 mg/L, a montante do curso hídrico, para 478,9 mg/L, a jusante da mineração. Sharip e Zaki

(2014), também indicaram um aumento da SST de montante da área de mineração, de 83 mg/L para 146mg/L na área de mineração. Yen e Rohasliney (2013), apresentou variações de 81 a 84 mg/L de TDS, na qual aumentou de montante para a jusante, já SST variou de 190,17 a 424,58 mg/L, na área estudada.

4.2.12 Índice de Estado Trófico (IET)

A Tabela 25 apresenta os resultados da análise descritiva para o Índice de Estado Trófico (IET). Observa-se que não há grandes variações de montante para a jusante da bacia como um todo. Segundo a classificação do estado trófico (Tabela 5), praticamente todos os pontos se encontram como Eutróficos ($59 < IET \leq 63$), pela sua média de IET, exceto os pontos a montante dos Título A e B e a jusante do Título C, que se enquadram em Supereutrófico ($63 < IET \leq 67$). Notamos pelas máximas que praticamente todos os pontos em algum momento se encontraram na faixa de Hipereutrófico pelo menos uma vez ($IET > 67$), exceto os pontos 4, 7 e 28. Enquanto que as mínimas apenas o ponto 9 se encontra como Oligotrófico ($47 < IET \leq 52$), o restante todo se enquadra como Mesotrófico ($52 < IET \leq 59$). Podemos notas que 4 (quatro) título (Título A, B, E e F) os valores médios de IET diminuem de montante para a jusante.

Tabela 25 - Análise Descritiva do Índice de Estado Trófico a montante e jusante das áreas de mineração.

Título	Ponto		Média	Desvio-padrão	Máximo	Mínimo
Título A	Montante	1	63,33	7,76	72,00	53,20
	Jusante	4	60,61	4,88	65,87	55,19
Título B	Montante	2	63,11	5,75	69,00	55,20
	Jusante	6	61,19	6,23	69,00	54,20
Título C	Montante	7	61,83	4,15	66,00	58,00
	Jusante	8	64,26	5,44	69,00	56,60
Título D	Montante	9	62,59	7,45	68,00	51,78
	Jusante	18	62,68	4,92	68,00	56,30
Título E	Montante	20	62,20	7,07	71,00	55,20
	Jusante	31	60,80	5,80	68,00	54,62
Título F	Montante	25	62,84	5,72	71,00	58,00
	Jusante	28	59,91	3,85	64,42	55,20

Espera-se que os resultados de IET, acompanhem os resultados encontrados no Fósforo Total e Clorofila-a, itens 4.2.7 e 4.2.9, respectivamente, já que são os parâmetros utilizados para o cálculo do índice. O que não ocorre para a Clorofila-a,

na qual aumenta a concentração média de montante para jusante, na maioria dos títulos estudados, porém o IET, diminui de montante para jusante. Já o Fósforo Total, acompanha o resultado do IET, diminuindo de montante para a jusante. Isso demonstra uma possível baixa confiabilidade nos dados, já que os mesmos possuem apenas 4 amostras por ponto. Sendo assim, mostra-se necessário para algumas conclusões uma análise mais arrojada dos parâmetros com uma maior quantidade de amostras.

4.2.13 Índice de Qualidade da Água (IQA)

A Tabela 26 apresenta a análise descritiva do Índice de Qualidade da Água (IQA) para os seis títulos estudados. Nota-se que do Título A ao Título E há uma degradação quase que gradativa no IQA, pelas suas médias, iniciando a montante do Título A, com 62 e finalizando a jusante do Título E com média de 45. Em relação as categorias de qualidade interpretadas pela Tabela 4, a partir das médias, os Títulos C e D se encontram como regular, tanto a montante quanto a jusante, enquanto os Títulos A, B, C e F, se encontram na categoria de qualidade Boa. Porém, em quase todos os títulos há uma diminuição do IQA de montante para jusante, exceto no Título C, que ele se mantém estável e no Título F que ele aumenta.

Pelas máximas, notamos que todos os pontos em algum momento se enquadraram como qualidade da água Boa. Enquanto nas mínimas, praticamente todos se encaixaram como Regular em algum momento, exceto os 18 e 20, que chegaram ao enquadramento Ruim de IQA.

Tabela 26 - Análise Descritiva do Índice de Qualidade da Água a montante e jusante das áreas de mineração.

Título	Ponto		Média	Desvio-padrão	Máximo	Mínimo
Título A	Montante	1	62	12,5	77	47
	Jusante	4	55	7,0	64	49
Título B	Montante	2	57	6,4	65	50
	Jusante	6	52	7,5	60	42
Título C	Montante	7	53	6,9	61	46
	Jusante	8	53	3,3	55	48
Título D	Montante	9	51	4,8	57	47
	Jusante	18	46	7,8	55	36
Título E	Montante	20	50	10,1	60	36
	Jusante	31	45	10,9	61	37
Título F	Montante	25	54	3,3	58	51
	Jusante	28	55	6,1	63	49

Bhattacharya, Chatterjee e Dolui (2019) apresentam nos pontos de mineração a montante uma média de IQA de 88,55, enquanto que para a jusante do curso d'água obtiveram uma média de 91,86. Sendo, assim apresentaram uma melhora de montante para a jusante. Por ser calculado a partir de vários parâmetros, espera-se que o índice acompanhe suas tendências, o que justifica a diminuição do IQA de montante para jusante, o que ocorre nos parâmetros de Turbidez, OD, Coliformes Termotolerantes, DBO, Nitrogênio Total e Sólidos Totais.

5 CONCLUSÃO

Com a análise estatística dos dados à partir dos testes de Wilcoxon e t de Student, para a variação sazonal, pode-se chegar à conclusão que os parâmetros de Temperatura, Turbidez, pH, Clorofila-a, Fósforo Total e os índices IET e IQA, apresentaram ter correlação com épocas quentes e frias. Denotando principalmente estas variações nas regularidades das condições climáticas, em relação as precipitações e a incidência de luz solar.

Os índices de qualidade estudados, também apresentaram relação com seus parâmetros base para seus cálculos. Onde o IET, mostrou-se seguir a tendência da Clorofila-a, de elevação no verão em relação ao inverno. Enquanto que o IQA, acompanhou a disposição da Temperatura e da Turbidez, na quais possuem maior grau e concentração no verão, diminuindo assim o índice neste período.

No que tangem a interferência da mineração de areia, os resultados da análise descritiva mostraram que a mineração tem influência negativa nos parâmetros de Turbidez, Sólidos Totais, DBO, Clorofila-a, Oxigênio Dissolvido, Coliformes e IQA. E uma influência positiva nos parâmetros de Fósforo Total, Nitrogênio Total e IET. Mostrando pequena a interferência nos parâmetros pH e Temperatura. Enquanto que, Óleos e Graxas, não apresentaram nenhuma variação em todas as coletas.

Segundo a literatura, DBO, Coliformes Termotolerantes e Fósforo estão ligados com o despejo de efluentes domésticos brutos ou com tratamento ineficiente. Enquanto que o Nitrogênio Total, se relacionam a fatores naturais e despejo da agricultura. O que condiz com a ocupação da bacia, no qual os Títulos A, B, C e D, atravessam ou estão situados após centros urbanos, como Jaraguá do Sul, Schroeder, Corupá e Guaramirim. Enquanto que os Título E e F se encontram em área rural ocupadas pela agricultura.

Os parâmetros de Turbidez e Sólidos Totais, se dispõem como citado nas literaturas, em que a mineração faz com que suas concentrações aumentem devido, principalmente a turbulência causada na água durante a dragagem e também ao escoamento de materiais finos sem tratamento das áreas de depósito de areia.

Enquanto que o OD foi citado na maioria dos estudos como um parâmetro afetado positivamente pela mineração, onde tende a aumentar com a ação da extração do minério de areia. Caso oposto ao o que ocorre nas áreas estudadas. O

mesmo aconteceu com a Clorofila-a, que apresentou um resultado contrário ao encontrado na literatura, aumentando de montante para a jusante.

Em relação ao IET, teve-se um resultado positivo para influência da mineração, na qual em boa parte dos títulos ele diminui seu valor de montante para jusante. Enquanto que o IQA, apesar de possuir um bom resultado em quase todos os títulos, ele apresentou ter uma interferência negativa pela mineração. Seguindo a tendência negativa de alguns parâmetros analisados, como OD, Coliformes Termotolerantes, Sólidos Totais, DBO e Turbidez. Porém, como dito anteriormente, muitos desses parâmetros também são influenciados por outros tipos de uso e ocupação da bacia, o que podem levar ao caimento da qualidade do corpo hídrico.

Em relação ao estudo em si, conclui-se que o número de períodos analisados para o objetivo de influência da mineração em comparação com pontos de não extração de minério, deve ser mais aprofundado, já que haviam apenas 4 (quatro) amostras para cada ponto. Com isso, fica a indicação da necessidade de uma amostragem maior para este tipo de análise e com isso a aplicação de uma análise estatística além de apenas uma análise descritiva.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Atlas esgotos: despolição de bacias hidrográficas**. Atlas esgotos, 2017.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Panorama da qualidade das águas superficiais no Brasil / Agência Nacional de Águas, Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos**. Brasília: ANA, SPR, 2005.
- AKANKALI, J. A.; AMBROSE, S. I.; AKPAN, P. E. **Effects of sand mining activities on water quality of Okoro Nsit stream, Nsit Atai local government area, Akwa Ibom state, Nigeria**. International Journal of Development and Sustainability, v. 6, n. 7, p. 451-462, 2017. ISSN: 2186-8662. 2017.
- AMPONSAH-DACOSTA, F.; MATHADA, H. **Study of Sand Mining and Related Environmental Problems along the Nzhelele River in Limpopo Province of South Africa**. Mine Water and Circular Economy, Finland, Wolkersdorfer C, Sartz L, Sillanpää M, Häkkinen A (Editores). 2017.
- ASHRAF M. A.; MAAH M. J.; YUSOFF I.; WAJID, A.; MAHMOOD, K. **Sand mining effects, causes and concerns: A case study from Bestari Jaya, Selangor, Peninsular Malaysia**. Scientific Research and Essays, v. 6, n. 6, p. 1216-1231, 2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 9935: Agregados – terminologia**. Rio de Janeiro, 2011. 12 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 7211: Agregados para concreto – Requisitos**. Rio de Janeiro, 2022. 14p.
- BARRETO, M. L. **Mineração e Desenvolvimento Sustentável: Desafios para o Brasil**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2001.
- BAUMINAS. **Como a chuva impacta no tratamento e qualidade da água?** Gestão Técnica: Tratamento de Água. 23 fev. 2023. Disponível em: <https://bauminas.com.br/como-a-chuva-impacta-no-tratamento-e-qualidade-da-agua/>. Acesso em: 30 nov. 2023.
- BHATTACHARYA, R. K.; CHATTERJEE, N.; DOLUI G. **Consequences of sand mining on water quality and instream biota in alluvial stream: a case-specific study in South Bengal River, India**. Sustainable Water Resources Management, v. 5, p. 1815–1832, 2019.
- BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G. L.; MIERZWA, J. C.; BARROS, M. T. L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N. & EIGER, S. **Introdução à engenharia ambiental: o desafio do desenvolvimento sustentável**. 2 ed. Pearson Prentice Hall, São Paulo, 318p. 2005.

BRASIL. Agência Nacional de Mineração (ANM). **Sumário Mineral 2017**. Coordenação Geral Costa, M. M. D.; Medeiros, K. A. e Lima, T. M. V. 37. Brasília: ANM, 2019. ISSN 0101 2053

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução CONAMA nº 430 DE 13/05/2011**, 2011.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução CONAMA nº 357 de 17/03/2005**. 2005.

BROTTO, Ricardo D. **Avaliação Ambiental da Atividade de Mineração de Areia em Leito de Rio Por Meio de Draga Flutuante – Estudo de Caso da Bacia Hidrográfica do Rio Itajaí-Açu (SC)**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, 2007.

CANDIDO, L. O. **Avaliação do índice de qualidade das águas na área urbana da bacia hidrográfica do Rio Mourão, Paraná**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2015.

CARDIAL, M. **Fortes chuvas geram transtornos e afetam abastecimento de água em Alto Araguaia**. Assecom AIA. 15 dez. 2021. Disponível em: <https://altoaraguaia.mt.gov.br/noticia/fortes-chuvas-geram-transtornos-e-afetam-abastecimento-de-agua-em-alto-araguaia/2650>. Acesso em: 30 nov. 2023.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Águas superficiais. Variáveis de qualidade das águas**. São Paulo: 2014. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br>>. Acesso em: 28 jun. 2022.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Relatório de Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo 2019**. São Paulo: 2020. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br>>. Acesso em: 01 mar. 2023.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **O que é o CONAMA?** CONAMA, 2018. Disponível em: <https://conama.mma.gov.br/o-que-e-o-conama>. Acesso em: 09 de out. de 2023.

CENTRO NACIONAL DE MONITORAMENTO E ALERTAS DE DESASTRES NATURAIS (CEMADEN). **Pluviômetros Automáticos**. Disponível em: <http://www2.cemaden.gov.br/mapainterativo/#>. Acesso em: 15 de set. de 2023.

CHAVES, A. P.; WHITAKER, W.. **Manual de Agregados para Construção Civil**. Cap. 10 e 11. 2. ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2012.

CRISIGIOVANNI, E. L.; NASCIMENTO, E. A.; GODOY, R. F. B.; OLIVEIRA-FILHO, P. C.; VIDAL, C. M. S.; MARTINS, K. G. **Inadequate riparian zone use directly decreases water quality of a low-order urban stream in southern Brazil**. Rev. Ambient. Água, Taubaté, v. 15, n. 2, e. 2451, p. 1–11, 2020.

DAMÁSIO, B. F. *Psicometria.online. Teste t de Student*. 2021. Disponível em: <https://psicometriaonline.com.br/teste-t-de-student/>. Acesso em: 01 nov. de 2023.

DOMINGUES, Antônio F.; BOSON, Patrícia H. G.; ALÍPAZ, Suzana. **A gestão dos Recursos Hídricos e a Mineração**. ANA - Agência Nacional de Águas, IBRAM - Instituto Brasileiro de Mineração, Brasília: ANA, 2006.

ESTEVES, F.A. **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2 ed, 1998. 574p.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO CEARÁ - FIEC. **Atlas da mineração do Ceará**. São Paulo: Câmara Brasileira do Livro, 2022.

FERREIRA, G. C.; DAITX, E. C. **A mineração de areia industrial na Região Sul do Brasil**. Revista Escola de Minas: Mineração, Ouro Preto, v. 56, n. 1, p. 59-65, 2003.

GARCIA, Valéria A.; MODOLO, Valéria A., LAGÔA, Ana Maria M. A.; NOMURA, Edson S.; SÁES, Luis A. **Características do Resíduo de Mineração de Areia como Componente de Substratos para a Produção de Mudanças de Pupunheira (*Bactris Gasipaes Kunth*)**. Revista Árvore, Viçosa-MG, v. 35, n. 3, Edição Especial, p.595-604, 2011.

GGES. Geologia Geotecnia Engenharia Sondagem Ltda. **VI PBA – Plano Básico Ambiental. Monitoramento da atividade mineradora de areia e cascalho na bacia hidrográfica do rio Itapocu - SC**. Plano Básico Ambiental, 2018.

HASANI, Q.; PRATIWI, N. T. M.; WARDIATNO, Y.; EFFENDI, H.; YULIANTO, H.; YUSUF, M. W.; CAESARIO, R.; FARLINA. **Assessment of water quality of the ex-sand mining sites in Pasir Sakti Sub- District, East Lampung for tilápia**. Journal of Degraded and Mining Lands Management, v. 8, n. 4, ISSN: 2339-076X, p.3007-3014, 2021.

HOLLER, K. R. **Ferramentas de gestão dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do Rio Itapocu**. Relatório de Estágio Supervisionado para o Curso de Engenharia Florestal. Universidade Regional de Blumenau. 45 p. 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Pesquisa Anual da Indústria da Construção 2020**. Rio de Janeiro, 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Sinopse do Senso Demográfico 2010**, Rio de Janeiro, p. 1-261, 2011. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv49230.pdf>. Acesso em: 9 jul. 2022.

INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE DE SANTA CATARINA (IMA)(Santa Catarina). Instrução Normativa Nº 07, de fevereiro de 2020. **Atividades de Mineração**, [S. l.], p. 1-42, 2020.

KRESOJEVIC, M.; VAKANJAC, V. R.; TRIFKOVIC, D.; NIKOLIC, J.; VAKANJAC, B.; POLOMCIC, D.; BAJIC, D. **The Effect of Gravel and Sand Mining on Groundwater**

and SurfaceWater Regimes - A Case Study of the Velika Morava River, Serbia. Water, v. 15, n. 2654, 2023.

LAMPARELLI, M. C. **Grau de trofia em corpos d'água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento.** São Paulo: USP/ Departamento de Ecologia., 2004. 235 f. Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, 2004.

LEINZ, V.; AMARAL, S. E. **Geologia Geral.** São Paulo, 8ª ed. 1980.

LEKOMO, Y. K.; EKENGOUE, C. M.; DOUOLA, A.; LELE, R. F.; SUH, G. C.; OBIRI, S.; DONGMO, A. K. **Assessing impacts of sand mining on water quality in Toutsang locality and design of waste water purification system.** Cleaner Engineering and Technology, v. 2, n. 100045, 2021.

MECHI, A.; SANCHES, D. L. **Impactos ambientais da mineração no Estado de São Paulo.** Estudos avançados, v. 24, n. 68. São Paulo, 2010. Disponível em <http://www.scielo.br/pdf/ea/v24n68/16.pdf>. Acessado em 22/05/2018.

MIOT, H. A. **Avaliação da normalidade dos dados em estudos clínicos e experimentais.** Jornal Vascular Brasileiro [online]. v. 16, n. 2, p. 88-91. 2017

NABEGU, A. B. **Effect of Sand mining on Ground Water in Kano River Catchment.** Journal of Environment and Earth Science, v. 3, n. 2, 2013.

NASARE L. I.; OPOKU S. A.; AMPONSAH, A.; TOM-DERY, D.; ASANTE, W. J.; BAATUUWIE, B. N. **Effect of sand mining on riparian landcover transformation in Dallung-Kukou catchment of the White Volta basin, Ghana.** Heliyon, v. 9, e. 18428, 2023.

NOGUEIRA, G. R. F. **A extração de areia em cursos d'água e seus impactos: proposição de uma matriz de interação.** Trabalho Final de Curso (Título de Engenheiro Ambiental e Sanitarista) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2016.

ORGANIZATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **Eutrophication of water: monitoring, assessment and control.** Paris: OECD, 154p. 1982. Disponível em: <http://lakes.chebucto.org/TPMODELS/OECD/OECD1982.pdf>. Acesso em: 02 mar. 2023.

PACHECO, B. **Entenda como as fortes chuvas afetam o abastecimento de água.** BRK AMBIENTAL: Notícias. 06 jun. 2022. Disponível em: <https://brkambiental.com.br/alagoas/murici/entenda-como-as-fortes-chuvas-afetam-o-abastecimento-de-agua>. Acesso em: 30 nov. 2023.

PEREIRA, J. C. V.; RODRIGUES, J. C.; HEPP, D. V.; MAYER, L.; SANTOS, R. F.; ZEH, K. K.; OLIVEIRA, T. M. N.; HOLLER, K. R. **Análise espacial e temporal de parâmetros de qualidade da água em sub-bacias afluentes ao rio Itapocu (SC).** Revista Mineira de Recursos Hídricos, Belo Horizonte, v. 2, n. 1, 2021.

PIYADASA, R. U. K. **River sand mining and associated environmental problems in Sri Lanka.** Proceedings of the Workshop held at Hyderabad, n. 349, India, 2009.

RENTIER, E.S. ; CAMMERAAT, L.H. **The environmental impacts of river sand mining**. Science of the Total Environment, v. 838, part. 1, n. 155877, 2022.

SANTA CATARINA (Brasil). **Lei nº 17.354**. Dispõe sobre a criação do Instituto do Meio Ambiente do Estado de Santa Catarina (IMA), extingue a Fundação do Meio Ambiente (FATMA) e estabelece outras providências, Florianópolis, 20 dez. 2017.

SANTA CATARINA (Brasil). Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável (SDE). Conselho Estadual do Meio Ambiente (CONSEMA). **Resolução CONSEMA Nº 181, de 02/08/2021**. Estabelece as diretrizes para os padrões de lançamento de efluentes.

SANTOS, D. N.; SAAD, A. R.; STEVAUX, J. C. **Mineração de Areia em Canais Fluviais de Grandes Rios Tropicais: Análise na Extração de Areia NoAlto Curso do Rio Paraná entre os Municípios de Marilena e Guaíra (PR)**. Espacios. Vol. 36, n. 13, p. 17 – 30, 2015.

SAVIOUR, M. N.; STALIN, P. **Soil and Sand Mining: Causes, Consequences and Management**. IOSR Journal of Pharmacy , ISSN: 2250-3013, v. 2, p. 01-06, 2012.

SECRETARIA DE ESTADO DO DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO SUSTENTÁVEL DE SANTA CATARINA (SDS). **Plano Estadual de Recursos Hídricos de Santa Catarina (PERH/SC)**. Florianópolis, 2018.

SEPE, J.; SALVADOR, N. N. B. **Impactos da Mineração e Conflitos pelo Uso da Água com as Atividades Agrícolas de Pequeno Porte**. [S.l.]. [2018]. Disponível em: https://www.uniara.com.br/legado/nupedor/nupedor_2018/5/6_Josie_Sepe.pdf. Acessado em: 14/08/2023.

SHARIP, Z; ZAKI, A. T. A. **The effects of season and sand mining activities on thermal regime and water quality in a large shallow tropical lake**. Environ Monit Assess, v. 186, p.4959–4969, 2014.

SILVA, F. J. B. **Conflitos de uso em Área de Proteção Ambiental: água, mineração e agricultura**. Tese (Doutorado Interdisciplinar em Ciências Humanas) – Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, 2001.

SPERLING, M. VON. **Wastewater Characteristcs, Treatment and Disposal**. [s.l.] IWA, 2007.

STEINBACH, A. M. **Atlas da Bacia do Hidrográfica do rio Itapocu**. Jaraguá do Sul: AMVALI, 2015.

TANNO, L. C. et al. Recursos Minerais: Conceitos e Panorama de Produção e Consumo. In: TANNO, L. C.; SINTONI, A. (Coord.). **Mineração e município: bases para planejamento e gestão dos recursos minerais**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2003.

THOMAZ, S. M. **Considerações sobre monitoramento da qualidade da água em reservatórios**. In: Workshop sobre gestão de reservatórios hidrelétricos:

monitoramento e avaliação da qualidade ambiental das águas em reservatórios, 1998, Salto Grande, SP. Anais. São Paulo: CESP, 2000, p 13-14.

TIBIRIÇA, L. G. **A Cadeia Produtiva Mineral da Areia em Goiás**. Ateliê Geográfico, Goiânia – GO, v. 12, n. 1, p. 118–131, 2018.

TRISNANING, P. T.; ZAMRONI, A.; SUGARBO, O.; PRASETYA, H. N. E; SAGALA, S. T.; HARDIANSYAH, M. Y. **Quality of surface water due to sand mining activity: a case study from the Progo River, Daerah Istimewa Yogyakarta Province, Indonesia**. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science, v. 1098, n. 012031, 2022.

UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA (UNISUL). **Plano de recursos hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Itapocu**. Produto 3 – Etapa B. Tubarão, 2017.

VALVERDE, F. M. **Agregados para a Construção Civil**. Sumário Mineral Brasileiro, Brasília, 2006.

VIEIRA, E. G.; REZENDE, E. N. **Exploração Mineral de Areia e um Meio Ambiente Ecologicamente Equilibrado: É Possível?** Sustentabilidade em Debate, Brasília, v. 6, n. 2, p. 171-192. 2015.

WEN XIN, N. G.; PARK, E. **Shrinking Tonlé Sap and the recent intensification of sand mining in the Cambodian Mekong River**. Science of the Total Environment, v. 777, n. 146180, 2021.

YAO, J.; ZHANG, D.; LI, Y.; ZHANG, Q.; GAO, J. **Quantifying the hydrodynamic impacts of cumulative sand mining on a large river-connected floodplain lake: Poyang Lake**. Journal of Hydrology, v. 579, n.124156, 2019.

YEN, T. P.; ROHASLINEY, H. **Status of Water Quality Subject to Sand Mining in the Kelantan River, Kelantan**. Tropical Life Sciences Research, v. 24, n. 1, p. 19–34, 2013.

ANEXO A – Resultado das Análises

DATA DA COLETA : 29/07/2021 (INVERNO)

Parâmetros	pH in loco	Coliformes Termotolerantes	Demanda Bioquímica de Oxigênio	Fósforo Total	Oxigênio Dissolvido in loco	Temperatura (in loco)	Turbidez in loco	Clorofila a	Índice de Estado Trófico	Índice de Qualidade da Água	Nitrogênio Total	Óleos e Graxas Totais (In Loco)	Sólidos Totais	
Unidade	-	UFC/100mL	mg/L	mg/L	mg/L	°C	NTU	µg/L	-	-	mg/L	P/A	mg/L	
Conama nº 357 - Classe II	de 6,00 a 9,00	até 1.000,00	até 5,00	até 0,03	≥ 5,00	N.A	até 100,00	até 30,00	N.A	N.A	N.A	Ausente	N.A	
Pontos	1	7,01	250,00	2,36	<0,03	5,40	18,30	51,90	<0,10	53,20	65,00	<5,00	Ausente	66,00
	2	7,07	230,00	2,30	<0,03	5,20	18,60	48,70	<0,10	55,20	65,00	<5,00	Ausente	37,00
	3	7,06	240,00	4,36	<0,03	5,20	18,60	48,30	<0,10	55,30	63,00	<5,00	Ausente	38,00
	4	7,08	420,00	3,32	<0,03	5,40	18,90	49,10	<0,10	55,19	64,00	<5,00	Ausente	71,00
	5	7,06	2000,00	<2,00	<0,03	5,20	18,90	52,30	<0,10	55,20	59,00	<5,00	Ausente	160,00
	6	6,99	390,00	4,32	<0,03	4,90	18,20	51,30	<0,10	54,20	54,00	<5,00	Ausente	80,00
	7	7,03	350000,00	3,21	<0,03	5,40	18,40	50,10	<0,10	58,52	46,00	<5,00	Ausente	89,00
	8	6,94	12000,00	3,33	<0,03	4,90	18,60	47,10	<0,10	56,60	52,00	<5,00	Ausente	82,00
	9	6,97	3100,00	4,30	0,05	4,50	17,50	43,20	<0,10	51,78	52,00	<5,00	Ausente	97,00
	10	7,05	24000,00	4,70	<0,02	5,40	18,10	49,20	<0,10	56,40	47,00	<5,00	Ausente	178,00
	11	7,10	2400,00	4,32	<0,03	5,10	18,20	51,20	<0,10	55,68	56,00	<5,00	Ausente	122,00
	12	7,04	17000,00	3,20	<0,03	5,00	18,40	50,10	<0,10	54,36	52,00	<5,00	Ausente	117,00
	13	6,83	50000,00	<2,00	<0,03	5,40	14,90	60,70	<0,10	48,00	48,00	<5,00	Ausente	155,00
	14	7,03	210000,00	<2,00	<0,03	4,90	13,70	6,20	<0,10	56,30	47,00	<5,00	Ausente	124,00
	15	6,98	72000,00	<2,00	<0,03	5,40	12,30	46,20	<0,10	56,20	47,00	<5,00	Ausente	141,00
	16	7,06	55000,00	<2,00	<0,03	5,20	13,20	53,40	<0,10	55,62	47,00	<5,00	Ausente	127,00
	17	6,92	120000,00	<2,00	<0,03	4,80	14,70	56,70	<0,10	54,20	43,00	<5,00	Ausente	127,00
	18	7,01	96000,00	<2,00	<0,03	5,20	13,20	59,20	<0,10	56,30	46,00	<5,00	Ausente	156,00
	19	6,91	2800,00	<2,00	<0,03	5,20	14,20	52,70	<0,10	55,20	56,00	<5,00	Ausente	151,00
	20	6,91	44000,00	<2,00	<0,03	5,30	14,70	48,30	<0,10	55,20	49,00	<5,00	Ausente	108,00
	21	7,11	40000,00	<2,00	<0,03	5,20	13,50	56,10	<0,10	54,00	48,00	<5,00	Ausente	113,00
	22	6,94	2000,00	<2,00	<0,03	4,80	13,20	55,10	<0,10	52,30	56,00	<5,00	Ausente	85,00
	23	6,94	2500,00	<2,00	<0,03	5,10	14,20	49,20	<0,10	55,20	53,00	<5,00	Ausente	1813,00
	24	7,03	620,00	<2,00	0,10	5,70	14,70	52,90	<0,10	62,17	58,00	<5,00	Ausente	1928,00
	25	6,98	3000,00	<2,00	0,05	5,30	15,70	60,20	<0,10	60,07	52,00	<5,00	Ausente	2548,00
	26	6,94	7000,00	<2,00	0,08	5,10	16,40	56,30	<0,10	61,50	52,00	<5,00	Ausente	199,00
	27	6,97	560,00	<2,00	0,08	5,70	14,70	55,70	<0,10	61,50	57,00	<5,00	Ausente	876,00
	28	7,03	390,00	<2,00	<0,03	5,10	14,70	57,20	<0,10	55,20	57,00	<5,00	Ausente	2020,00
	29	7,11	4000,00	<2,00	0,06	4,90	13,40	67,10	<0,10	60,62	49,00	<5,00	Ausente	965,00
	30	7,33	170,00	<2,00	<0,03	5,30	14,70	67,40	<0,10	54,60	59,00	<5,00	Ausente	3056,00
	31	7,08	17000,00	<2,00	<0,03	4,20	14,80	59,40	<0,10	54,62	44,00	<5,00	Ausente	3888,00

Legenda: µg/L - Micrograma por Litro, UFC/100mL - Unidade Formadora de Colônia por 100 mL, mg/L - Miligrama por Litro, P/A - Presença ou Ausência, ppt - Partículas por trilhão, °C - Graus Celsius, UNT - Unidade Nefelométrica de Turbidez L.Q. - Limite de Quantificação, VMP - Valor Máximo Permitido, N.A. - Não Aplíavel

DATA DA COLETA : 13/12/2021 (VERÃO)

Parâmetros		pH in loco	Coliformes Termotolerantes	Demanda Bioquímica de Oxigênio	Fósforo Total	Oxigênio Dissolvido in loco	Temperatura (in loco)	Turbidez in loco	Clorofila a	Índice de Estado Trófico	Índice de Qualidade da Água	Nitrogênio Total	Óleos e Graxas Totais (In Loco)	Sólidos Totais
Unidade		-	UFC/100mL	mg/L	mg/L	mg/L	°C	NTU	µg/L	-	-	mg/L	P/A	mg/L
Conama nº 357 - Classe II		de 6,00 a 9,00	até 1.000,00	até 5,00	até 0,03	≥ 5,00	N.A	até 100,00	até 30,00	N.A	N.A	N.A	Ausente	N.A
Pontos	1	7,15	5200,00	3,18	<0,03	6,30	26,30	65,00	1,50	65,00	59,00	<5,00	Ausente	67,00
	2	7,18	35000,00	<2,00	<0,03	6,50	26,10	88,00	1,00	64,00	50,00	8,50	Ausente	33,00
	3	7,15	25000,00	<2,00	<0,03	6,54	26,70	42,00	0,50	62,50	56,00	6,00	Ausente	42,00
	4	7,10	14000,00	<2,00	<0,03	6,22	26,90	152,00	2,00	65,87	50,00	<5,00	Ausente	44,00
	5	7,11	20000,00	<2,00	<0,03	6,30	26,70	163,00	3,50	67,00	49,00	<5,00	Ausente	77,00
	6	7,16	88000,00	<2,00	0,06	6,10	26,70	129,00	3,00	69,00	42,00	10,00	Ausente	195,00
	7	7,22	22000,00	2,14	<0,03	6,90	26,10	167,00	<0,10	58,00	48,00	<5,00	Ausente	62,00
	8	7,14	17000,00	2,44	<0,03	6,10	27,60	142,00	3,50	67,00	48,00	<5,00	Ausente	62,00
	9	7,12	16000,00	2,50	<0,03	6,90	27,10	122,00	2,80	67,00	47,00	6,00	Ausente	59,00
	10	7,11	3300,00	3,04	<0,03	6,20	27,40	88,00	0,50	62,00	59,00	<5,00	Ausente	19,00
	11	7,10	1700,00	3,29	<0,03	6,50	27,30	101,00	1,00	64,00	55,00	<5,00	Ausente	80,00
	12	7,06	7000,00	3,00	<0,03	6,30	27,10	124,00	3,00	66,86	50,00	<5,00	Ausente	36,00
	13	7,21	4300,00	3,92	<0,03	6,11	27,60	96,00	0,20	60,00	57,00	<5,00	Ausente	56,00
	14	7,19	19000,00	2,70	<0,03	6,36	27,90	69,00	<0,10	58,00	54,00	6,50	Ausente	54,00
	15	7,08	6000,00	2,43	<0,03	6,37	28,60	73,00	<0,10	58,00	59,00	<5,00	Ausente	98,00
	16	7,13	4000,00	2,44	<0,03	6,25	28,30	82,00	<0,10	58,00	57,00	6,00	Ausente	93,00
	17	7,20	58000,00	2,72	<0,03	6,84	28,60	95,00	0,30	61,00	49,00	<5,00	Ausente	10,00
	18	7,11	90000,00	2,72	0,03	6,30	28,10	92,00	0,50	62,00	47,00	8,00	Ausente	117,00
	19	7,21	68000,00	2,14	<0,03	6,88	28,30	103,00	0,80	63,00	43,00	7,50	Ausente	133,00
	20	7,19	1700,00	<2,00	0,03	6,50	28,40	96,00	<0,10	58,00	60,00	6,00	Ausente	158,00
	21	7,18	2900,00	<2,00	<0,03	6,22	28,30	63,00	<0,10	58,00	64,00	<5,00	Ausente	129,00
	22	7,15	4400,00	3,10	<0,03	6,81	28,90	83,00	<0,10	58,00	56,00	<5,00	Ausente	406,00
	23	7,19	2600,00	2,05	<0,03	6,52	28,10	91,00	<0,10	58,00	61,00	<5,00	Ausente	126,00
	24	7,23	13000,00	2,43	<0,03	6,28	28,90	83,00	0,50	61,00	53,00	8,00	Ausente	87,00
	25	7,17	7000,00	2,40	<0,03	6,31	28,40	80,00	<0,10	58,00	58,00	<5,00	Ausente	86,00
	26	7,18	3500,00	2,68	<0,03	6,25	28,30	94,00	0,20	59,00	50,00	<5,00	Ausente	85,00
	27	7,20	13000,00	<2,00	<0,03	6,84	27,10	103,00	0,30	60,00	50,00	<5,00	Ausente	82,00
	28	7,16	14000,00	2,83	<0,03	6,22	28,60	86,00	0,50	61,00	52,00	7,50	Ausente	106,00
	29	7,13	4000,00	2,14	<0,03	6,20	28,10	77,00	<0,10	58,00	60,00	<5,00	Ausente	82,00
	30	7,16	2400,00	<2,00	<0,03	6,11	28,30	122,00	0,30	60,00	52,00	<5,00	Ausente	461,00
	31	7,16	660,00	<2,00	<0,03	6,33	28,90	94,00	<0,10	58,00	61,00	<5,00	Ausente	849,00

DATA DA COLETA : 30/06/2022 (INVERNO)

Parâmetros	pH in loco	Coliformes Termotolerantes	Demanda Bioquímica de Oxigênio	Fósforo Total	Oxigênio Dissolvido in loco	Temperatura (in loco)	Turbidez in loco	Clorofila a	Índice de Estado Trófico	Índice de Qualidade da Água	Nitrogênio Total	Óleos e Graxas Totais (In Loco)	Sólidos Totais	
Unidade	-	UFC/100mL	mg/L	mg/L	mg/L	°C	NTU	µg/L	-	-	mg/L	P/A	mg/L	
Conama nº 357 - Classe II	de 6,00 a 9,00	até 1.000,00	até 5,00	até 0,03	≥ 5,00	N.A	até 100,00	até 30,00	N.A	N.A	N.A	Ausente	N.A	
Pontos	1	8,01	100,00	<2,00	0,12	5,93	15,10	42,00	5,00	72,00	77,00	13,27	Ausente	<17,00
	2	7,93	7000,00	<2,00	0,04	6,02	15,20	33,00	5,00	69,00	57,00	15,13	Ausente	<17,00
	3	7,93	4100,00	<2,00	0,03	5,88	16,70	53,00	3,00	67,00	58,00	11,20	Ausente	<17,00
	4	7,91	8800,00	<2,00	<0,03	6,01	16,70	50,00	4,00	58,00	57,00	14,62	Ausente	57,00
	5	7,91	7300,00	<2,00	<0,03	5,91	16,10	61,00	3,00	67,00	56,00	10,33	Ausente	<17,00
	6	8,20	8000,00	<2,00	<0,03	5,63	15,25	52,00	<0,10	59,00	53,00	9,04	Ausente	80,00
	7	7,98	8800,00	<2,00	0,03	5,33	16,40	52,00	2,00	66,00	55,00	<0,10	Ausente	153,00
	8	8,03	10000,00	<2,00	<0,03	5,91	17,40	59,00	6,00	69,00	55,00	12,09	Ausente	<17,00
	9	7,96	9600,00	<2,00	<0,03	5,88	17,20	41,00	4,00	68,00	57,00	12,63	Ausente	<17,00
	10	7,96	<100	<2,00	<0,03	5,91	18,40	42,00	<0,10	59,00	71,00	17,23	Ausente	94,00
	11	8,04	4000,00	<2,00	0,07	5,88	18,10	50,00	3,00	69,00	57,00	5,63	Ausente	<17,00
	12	8,02	8000,00	<2,00	0,06	5,83	18,30	48,00	5,00	70,00	55,00	5,61	Ausente	22,00
	13	8,05	16000,00	<2,00	0,08	5,90	18,90	41,00	<0,10	61,00	54,00	14,12	Ausente	91,00
	14	8,06	7000,00	<2,00	<0,03	5,97	18,30	56,00	<0,10	59,00	56,00	17,35	Ausente	<17,00
	15	7,96	12000,00	<2,00	0,05	5,97	18,90	46,00	<0,10	60,00	53,00	9,55	Ausente	18,00
	16	8,11	8800,00	<2,00	0,23	6,07	18,50	39,00	7,00	75,00	54,00	23,41	Ausente	22,00
	17	7,92	12000,00	<2,00	0,14	5,99	18,90	48,00	3,00	72,00	53,00	4,71	Ausente	<17,00
	18	7,95	11000,00	<2,00	0,03	5,83	18,40	60,00	5,00	68,00	55,00	3,48	Ausente	97,00
	19	8,02	3500,00	<2,00	0,03	6,03	16,30	43,00	<0,10	59,00	61,00	<0,10	Ausente	<17,00
	20	6,88	4300,00	<2,00	0,30	5,88	18,10	59,00	1,00	71,00	53,00	5,38	Ausente	<17,00
	21	7,96	4800,00	<2,00	0,04	5,22	16,80	51,00	<0,10	59,00	57,00	<0,10	Ausente	108,00
	22	7,94	9200,00	<2,00	0,04	5,91	18,30	62,00	<0,10	59,00	57,00	<0,10	Ausente	97,00
	23	7,95	11000,00	<2,00	0,05	5,86	17,30	60,00	<0,10	60,00	56,00	<0,10	Ausente	103,00
	24	8,02	3900,00	<2,00	0,04	5,23	18,60	68,00	4,00	68,00	56,00	<0,10	Ausente	239,00
	25	7,92	7200,00	<2,00	0,06	6,01	18,30	53,00	6,00	71,00	56,00	5,87	Ausente	89,00
	26	7,93	5800,00	102,80	<0,03	5,83	18,10	63,00	2,00	66,00	59,00	<0,10	Ausente	106,00
	27	7,92	5600,00	60,70	0,09	5,81	18,40	58,00	1,00	68,00	39,00	<0,10	Ausente	99,00
	28	7,95	800,00	<2,00	0,04	5,82	18,10	67,00	<0,10	59,00	63,00	<0,10	Ausente	243,00
	29	7,92	4900,00	<2,00	0,10	5,92	18,60	77,00	<0,10	62,00	56,00	<0,10	Ausente	256,00
	30	7,93	7200,00	9,30	0,13	5,83	18,30	67,00	10,00	74,00	50,00	<0,10	Ausente	1975,00
	31	7,94	6800,00	96,35	0,03	5,81	18,10	60,00	4,00	68,00	39,00	0,12	Ausente	57,00

DATA DA COLETA : 06/03/2023 (VERÃO)

Parâmetros	pH in loco	Coliformes Termotolerantes	Demanda Bioquímica de Oxigênio	Fósforo Total	Oxigênio Dissolvido in loco	Temperatura (in loco)	Turbidez in loco	Clorofila a	Índice de Estado Trófico	Índice de Qualidade da Água	Nitrogênio Total	Óleos e Graxas Totais (In Loco)	Sólidos Totais	
Unidade	-	UFC/100mL	mg/L	mg/L	mg/L	°C	NTU	µg/L	-	-	mg/L	P/A	mg/L	
Conama nº 357 - Classe II	de 6,00 a 9,00	até 1.000,00	até 5,00	até 0,03	≥ 5,00	N.A	até 100,00	até 30,00	N.A	N.A	N.A	Ausente	N.A	
Pontos	1	6,49	3000,00	<2,00	<0,03	5,40	23,60	103,00	17,00	63,11	47,00	<10,00	Ausente	104,00
	2	6,45	960,00	<2,00	<0,03	4,90	23,40	94,30	22,00	64,23	54,00	<10,00	Ausente	176,00
	3	6,63	4000,00	<2,00	<0,03	5,70	23,40	13,10	19,00	63,59	59,00	<10,00	Ausente	88,00
	4	6,44	11000,00	<2,00	<0,03	5,50	23,20	85,50	18,00	63,36	49,00	<10	Ausente	160,00
	5	6,55	5000,00	<2,00	<0,03	5,50	23,10	79,30	15,00	62,57	51,00	<10,00	Ausente	258,00
	6	6,37	1000,00	<2,00	<0,03	5,70	23,60	39,60	15,00	62,57	60,00	<10,00	Ausente	176,00
	7	6,44	1000,00	<2,00	<0,03	5,40	23,30	29,10	25,00	64,78	61,00	<10,00	Ausente	112,00
	8	6,44	4000,00	<2,00	<0,03	4,90	23,00	26,90	23,00	64,42	55,00	<10,00	Ausente	68,00
	9	6,33	5000,00	<2,00	<0,03	4,90	23,20	93,90	19,00	63,59	47,00	<10,00	Ausente	392,00
	10	6,80	25000,00	<2,00	<0,03	3,90	23,30	144,00	19,00	63,59	37,00	<10,00	Ausente	288,00
	11	6,50	8000,00	<2,00	<0,03	4,80	22,70	110,00	21,00	64,02	41,00	<10,00	Ausente	88,00
	12	6,40	11000,00	<2,00	<0,03	5,00	22,90	96,30	21,00	64,02	47,00	10,00	Ausente	210,00
	13	6,37	4000,00	<2,00	<0,03	5,40	22,80	102,00	26,00	64,95	46,00	<10,00	Ausente	154,00
	14	6,49	28000,00	<2,00	<0,03	4,10	23,10	113,00	29,00	65,42	41,00	<10,00	Ausente	160,00
	15	7,97	1800,00	<2,00	<0,03	5,50	23,30	88,80	13,00	61,95	55,00	<10,00	Ausente	60,00
	16	8,79	1900,00	<2,00	<0,03	3,50	22,90	98,10	21,00	64,02	43,00	<10,00	Ausente	246,00
	17	5,93	120000,00	<2,00	<0,03	4,70	30,50	146,00	25,00	64,78	34,00	<10,00	Ausente	264,00
	18	5,84	19000,00	<2,00	<0,03	4,20	31,00	146,00	23,00	64,42	36,00	<10,00	Ausente	358,00
	19	5,82	140000,00	<2,00	<0,03	4,90	30,20	90,40	31,00	65,71	38,00	<10,00	Ausente	160,00
	20	5,60	17000,00	<2,00	<0,03	3,90	30,80	153,00	24,00	64,60	36,00	<10,00	Ausente	76,00
	21	5,79	10000,00	<2,00	<0,03	4,10	30,70	102,00	19,00	63,59	37,00	<10,00	Ausente	258,00
	22	5,62	11000,00	<2,00	<0,03	3,20	30,20	114,00	17,00	63,11	35,00	<10,00	Ausente	162,00
	23	5,82	13000,00	<2,00	<0,03	4,40	30,40	108,00	19,00	63,59	38,00	<10,00	Ausente	260,00
	24	5,69	5000,00	<2,00	<0,03	3,80	25,40	54,10	24,00	64,60	45,00	<10,00	Ausente	180,00
	25	6,08	1900,00	<2,00	<0,03	4,00	29,60	46,70	14,00	62,27	51,00	<10,00	Ausente	120,00
	26	5,69	9000,00	<2,00	<0,03	3,30	30,20	49,30	23,00	64,42	43,00	<10,00	Ausente	132,00
	27	7,86	15000,00	<2,00	<0,03	4,40	29,20	55,90	12,00	61,60	49,00	<10,00	Ausente	220,00
	28	6,64	5000,00	<2,00	<0,03	3,70	29,60	58,10	23,00	64,42	49,00	<10,00	Ausente	104,00
	29	5,70	3000,00	<2,00	<0,03	4,90	26,40	113,00	18,00	63,36	42,00	<10,00	Ausente	248,00
	30	5,76	3000,00	<2,00	<0,03	4,90	25,60	148,00	15,00	62,57	43,00	<10,00	Ausente	200,00
	31	5,79	13000,00	<2,00	<0,03	4,00	30,30	118,00	15,00	62,57	37,00	<10,00	Ausente	204,00