

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

THALINY ROZANA DAS CHAVES TOMAZINI

CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DA ÁGUA DO RIO LIGEIRO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PATO BRANCO

2023

THALINY ROZANA DAS CHAVES TOMAZINI

CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DA ÁGUA DO RIO LIGEIRO

CHEMICAL CHARACTERIZATION OF LIGEIRO RIVER WATER

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentada como requisito para obtenção do título
de Bacharel em Química Industrial da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador(a): Larissa Macedo Dos Santos Tonial

PATO BRANCO

2023



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

Esta licença permite download e compartilhamento do trabalho desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es), sem a possibilidade de alterá-lo ou utilizá-lo para fins comerciais. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Pato Branco
DAQUI Química



TERMO DE APROVAÇÃO

CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DA ÁGUA DO RIO LIGEIRO

por

THALINY ROZANA DAS CHAVES TOMAZINI

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado em 30 de Novembro de 2023 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Química. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Larissa Macedo dos Santos Tonial
Prof. Orientadora

Márcio Barreto Rodrigues
Membro titular

Tamires Pereira Rosa
Membro titular

Nota: O Documento original e assinado pela Banca Examinadora encontra-se no SEI processo 23064.056815/2023-07 e documento 3871671

Dedico este trabalho à minha família.

AGRADECIMENTO

Gostaria de expressar minha sincera gratidão a todas as pessoas que contribuíram para a realização deste trabalho. Em especial a minha família por ser meu pilar de apoio, por acreditarem no meu sonho, pela compreensão em todos os momentos, especialmente nos desafiadores em que precisei dedicar mais tempo a este trabalho.

Aos meus colegas e amigos de graduação, em especial à Gabriela, Luciano e Matheus, meu sincero agradecimento. Vocês não apenas me acolheram nesta caminhada, mas também foram essenciais para que eu chegasse até aqui. As discussões, apoio mútuo e amizade foram fundamentais para enfrentarmos desafios e celebrarmos conquistas juntos. Agradeço também ao Rodrigo por ter me ajudado durante as coletas, e aos conselhos.

Agradeço à minha orientadora, Prof. Dr. Larissa Macedo Dos Santos Tonial, pela dedicação, orientação e ensinamentos durante toda a pesquisa. Ao Prof.Dr. Marcio Barreto Rodrigues por sua ajuda e contribuições neste trabalho.

Agradeço a Central de Análises e ao Laboratório de Qualidade Agroindustrial (LAQUA) da UTFPR campus Pato Branco, pela realização das análises.

“Eu faço da dificuldade a minha motivação. A
volta por cima vem na continuação”

Charlie Brown JR.

RESUMO

TOMAZINI, Thaliny Chaves. Caracterização química da água do Rio Ligeiro. 55f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Química), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2023.

Este estudo teve como propósito analisar a presença de metais potencialmente tóxicos e alguns parâmetros físico-químicos na água do Rio Ligeiro, cuja bacia hidrográfica abrange as cidades de Bom Sucesso do Sul e Pato Branco, PR. As amostras foram coletadas em Pato Branco, abrangendo duas áreas distintas do rio: uma na região residencial e outra na zona industrial. Em cada área, foram realizadas cinco coletas, sendo que as amostras foram coletadas duas vezes em dias diferentes, sendo o primeiro no dia 15/09 e o segundo no dia 01/10. As análises concentraram-se na determinação das concentrações dos metais Alumínio (Al), Cobre (Cu), Ferro (Fe), Cromo (Cr), Níquel (Ni) e Zinco (Zn), além da avaliação de parâmetros físico-químicos como pH, temperatura, condutividade, sólidos dissolvidos totais, cloretos e nitrogênio total, as técnicas de coleta e análise de águas adotadas foram conforme ao "Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater", da American Public Health Association (APHA). Os resultados obtidos para cada parâmetro foram comparados com os limites máximos permitidos estabelecidos pela Resolução CONAMA Nº 357, datada de 17 de março de 2005, levando em consideração a classificação do rio. Todos os parâmetros físico-químicos analisados ficaram abaixo dos limites máximos permitidos, com exceção dos metais alumínio, cobre e níquel que apresentaram concentrações acima dos valores máximos permitidos estipulados pela regulamentação.

Palavras-chave: Rio Ligeiro; Qualidade da água; Metais tóxicos.

ABSTRACT

TOMAZINI, Thaliny Chaves. Chemical characterization of the Ligeiro River water. 55f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Química), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2023.

This study aimed to analyze the presence of potentially toxic metals and some physical-chemical parameters in the water of the Ligeiro River, whose river basin covers the cities of Bom Sucesso do Sul and Pato Branco, PR. The samples were collected in Pato Branco, covering two distinct areas of the river: one in the residential region and the other in the industrial area. In each area, five collections were carried out, and the samples were collected twice on different days, the first on 09/15 and the second on 10/01. The analyzes focused on determining the concentrations of the metals Aluminum (Al), Copper (Cu), Iron (Fe), Chromium (Cr), Nickel (Ni) and Zinc (Zn), in addition to evaluating physicochemical parameters such as pH, temperature, conductivity, total dissolved solids, chlorides and total nitrogen, the water collection and analysis techniques adopted were in accordance with the "Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater", of the American Public Health Association (APHA). The results obtained for each parameter were compared with the maximum permitted limits established by CONAMA Resolution No. 357, dated March 17, 2005, taking into account the river classification. All physical-chemical parameters analyzed were below the maximum permitted limits. However, the metals aluminum, copper and nickel presented concentrations above the maximum permitted values stipulated by regulation.

Keywords: Rio Ligeiro; Water quality; Toxic metals.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa da bacia hidrográfica do Rio Ligeiro.....	18
Figura 2- Pontos de coleta das amostras destacados	20
Figura 3 - Fluxograma das coletas das amostras.....	20
Figura 4- Imagem medindo o pH no local da coleta	21
Figura 5 - Amostra armazenadas e identificadas em garrafas PET.....	22
Figura 6 - Métodos utilizados para os parâmetros físico-químicos.....	23
Figura 7 - Imagem mostrando a coloração verde claro após a digestão, e a coloração do ponto de viragem azul	24
Figura 8 - Amostra com corante Eriocromo Cianina R.....	25
Figura 9 - Ponto de viragem laranja rosado.....	25
Figura 10 - Condutivímetro.....	26
Figura 11 - Gráfico dos valores obtidos para potencial hidrogeniônico.....	29
Figura 12 - Gráfico dos valores obtidos para turbidez.....	30
Figura 13 - Gráfico dos valores obtidos para SDT.....	31
Figura 14 - Valores obtidos para a condutividade.....	32
Figura 15 - Gráfico dos valores obtidos para cloretos	33
Figura 16 - Gráfico dos valores obtidos para nitrogênio total	34
Figura 17 - Resultados obtidos da concentração de cobre	37
Figura 18 - Resultados obtidos da concentração de ferro na amostras.....	38
Figura 19 - Gráfico dos valores obtidos para níquel.....	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Coordenadas geográficas dos pontos de coleta das amostras	20
Tabela 2 - Comprimento de onda usado para cada elemento	27
Tabela 3 - Resultados das análises físico-química	29
Tabela 4 - Resultados dos elementos químicos nas águas do Rio Ligeiro (mg/L)	36

LISTA DE SÍMBOLOS

Al	Alumínio
Cu	Cobre
Cr	Cromo
Ni	Níquel
Fe	Ferro
Zn	Zinco

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS	14
2.1 GERAL	14
2.2 ESPECÍFICOS	14
3 REFERENCIAL TEÓRICO	15
3.1 CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA POR METAIS	15
3.2 PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA	16
3.2.1 Parâmetros físicos	16
3.2.2 Parâmetros químicos	16
3.3 RIO LIGEIRO	17
4 MATERIAL E MÉTODOS	20
4.1 PONTOS DE COLETA	20
4.2 COLETA DAS AMOSTRAS	21
4.3 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA	23
4.4 NITROGÊNIO TOTAL	23
4.5 ALUMÍNIO	24
4.6 CLORETOS	25
4.7 SDT E CONDUTIVIDADE	26
4.8 TURBIDEZ	27
4.9 DETERMINAÇÃO DOS METAIS Cu, Cr, Fe, Ni e Zn	27
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	28
5.1 ANÁLISE DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICO	30
5.1.1 Potencial hidrogeniônico (pH)	30
5.1.2 Turbidez	31
5.1.3 SDT e Condutividade	32
5.1.4 Cloretos	33
5.1.5 Nitrogênio total	34
5.2 ANÁLISE DOS METAIS	37
5.2.1 Alumínio	37
5.2.2 Cobre	37
5.2.3 Ferro	38
5.2.4 Cromo	39
5.2.5 Níquel	40
5.2.6 Zinco	41
6 CONCLUSÃO	42
7 REFERÊNCIAS	43
APÊNDICE A - Imagens dos locais de coleta das amostras	44

1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural fundamental para a vida, porém, o seu uso tornou-se uma das principais preocupações ambientais. Quando a água é empregada pela sociedade, ela passa a ser considerada um recurso hídrico, e, conseqüentemente, sua qualidade passa a influenciar diretamente em suas atividades (Tundisi, 2014).

Para investigar a qualidade da água de um rio são levados em consideração características físicas, químicas e biológicas, esses são parâmetros importantes os quais garantem a potabilidade ou não da água (Stein, 2012).

Diversos elementos desempenham um papel crucial na manutenção da qualidade da água, incluindo o crescimento populacional, a expansão industrial, o estabelecimento de residências nas proximidades de rios, a disposição inadequada de resíduos domésticos e a ausência de tratamento de efluentes. Esses fatores, em conjunto, resultaram na diminuição da qualidade da água, tornando-a imprópria, e em alguns casos, até mesmo perigosa para o consumo humano (Pereira *et al.*, 2014).

Entre as potenciais fontes poluidoras, destaca-se a indústria, a qual se não realizado de maneira correta o resíduo produzido pode vir a poluir os rios e águas subterrâneas. Dentre os diversos poluentes de preocupação emergente, um dos mais preocupantes são os metais, uma vez que em muitos processos industriais são usados e gerados, destaque aqui para as ligas metálicas empregadas em construções, nestas podem ser encontrados são Al, Cu, Fe, Ni, Cr e Zn. Esses metais podem ser tóxicos para o meio ambiente e também para os seres humanos quando vão para a natureza de forma antropogênica.

A Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) N° 357/2005 dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

O objetivo deste trabalho foi determinar a ocorrência ou não, e os níveis de elementos metálicos no Rio Ligeiro, a partir da análise de amostras coletadas em 10 pontos para a partir dos resultados inferir se atividades humanas impactam na qualidade dessa água, e se encontram-se dentro dos valores máximos permitidos pela resolução CONAMA.

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

Quantificar os teores de Al, Cu, Fe, Ni, Cr e Zn, na água do Rio Ligeiro, tanto em áreas industriais quanto residenciais. Além disso, comparar com os limites estabelecidos pela legislação, bem como a avaliar outros parâmetros relacionados à qualidade da água.

2.2 ESPECÍFICOS

- Quantificar os teores de Al, Cu, Fe, Ni, Cr e Zn nas águas do rio ligeiro a partir da análise de amostras coletadas em 10 pontos distintos;
- Determinar a turbidez, temperatura, condutividade, pH, nitrogênio total, cloretos, SDT das amostras coletadas;
- Inferir sobre a qualidade destes com base na resolução CONAMA Nº 357;
- Comparar os valores em função da data e ponto de coleta (área industrial e área residencial);

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA POR METAIS

A poluição das águas doces é um problema ambiental que a sociedade enfrenta há muitos anos, uma vez que estas são águas de fácil contaminação pois são frequentemente usadas para descartes de efluentes. Entretanto a descontaminação é um processo complexo que leva tempo, estudo e muitas vezes não é viável pelo alto custo (Harsha *et al.*, 2023; Townsend, 2006).

A contaminação ocorre quando suas propriedades físico-químicas e microbiológicas são alteradas. A poluição da água promove alterações nas propriedades, gerando impacto ambiental (Serpa, 2002). Com o crescimento das atividades industriais e o consumo de produtos, que em sua composição possuem metais potencialmente tóxicos, promovem um aumento de resíduos os quais muitas vezes acabam sendo descartados no meio ambiente (Pereira *et al.*, 2014).

O setor industrial é atualmente responsável por uma série de compostos, incluindo sintéticos e metais tóxicos, por exemplo o alumínio que destaca-se devido a sua toxicidade. Segundo Nie (2018), o alumínio está ligado ao transtorno mental, como o Alzheimer e outras escleroses. Em geral, metais podem causar efeitos adversos a longo prazo na saúde humana. Em concentrações elevadas, esses metais têm o potencial de prejudicar o funcionamento de órgãos vitais, como cérebro, pulmões, rins, fígado e outros. A exposição crônica a metais pode estar associada ao desenvolvimento de condições de saúde, como a doença de Parkinson e distrofia muscular (Turdiyeva e Lee, 2023).

Os metais podem ocorrer em corpos aquáticos de forma natural, pelos processos geoquímicos e intemperismos de rochas, ou de forma antropogênica. Na água os metais podem estar de diferentes formas, como íons livres ou complexados à matéria orgânica, tendo um impacto na saúde humana e no ecossistema (Melo *et al.*, 2012 ; Ribeiro *et al.*, 2012). Contudo, a maior preocupação é a ingestão de água e pescados contaminados por metais, pois são bioacumulação e podem causar intoxicação e prejudicar a saúde (Watthier *et al.*, 2008 Cheevaporn *et al.*, 1995).

Para estabelecer os limites desses elementos, a Resolução CONAMA N° 357/2005, traz os valores máximos permitidos para diversos elementos dentro da classe em que o rio se enquadra.

3.2 PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA

A qualidade da água é uma pauta cada vez mais discutida principalmente quando se trata de recursos hídricos. A qualidade da água vai além da cor, odor e sabor, apesar de serem aspectos sensoriais humanos existem outros parâmetros que estão relacionados a falta de saneamento básico, emissão de efluentes industriais, assoreamento e habitação nas margens de rios, favorecem para a diminuição da qualidade e a autodepuração dos rios (Watthier *et al.*, 2008; Ribeiro *et al.*, 2012).

Neste tópico serão abordadas características físico-químicas da água, as quais são parâmetros mencionados pela legislação para verificação da qualidade da água de um rio.

3.2.1 Parâmetros físicos

Turbidez: A turbidez é a capacidade da água de dispersar a luz solar e é expressa em NTU (Nephelometric Turbidity Units). Ela está diretamente relacionada à presença de sólidos em suspensão, que impedem a passagem da luz e reduzem a fotossíntese das plantas aquáticas (Tavares, 2005).

Condutividade elétrica: é a medida da capacidade da água em conduzir corrente elétrica e é expressa em micro Siemens ($\mu\text{S cm}^{-1}$). Existe uma relação proporcional entre a condutividade e a quantidade de sais dissolvidos na água, tornando possível estimar a concentração de sais presentes na amostra (Hypólito *et al.*, 2009; Macedo, 2000).

Temperatura: a temperatura da água exerce influência em vários parâmetros físico-químicos. Ela desempenha um papel importante na ecologia aquática, uma vez que os organismos aquáticos possuem faixas de tolerância térmica específicas que afetam seu crescimento, migração e a incubação dos ovos (Cetesb, 2011).

3.2.2 Parâmetros químicos

Cloretos: os íons Cl^- encontrados em águas superficiais, geralmente resultam de descargas de esgoto doméstico e industrial. Quando presentes em excesso, esses íons podem conferir à água um sabor desagradável, descrito como "salgado". Além disso, o acúmulo de cloretos em água pode provocar a corrosão de canalizações metálicas no sistema de tratamento, e incrustações em caldeiras e outros componentes industriais, o que pode causar sérios problemas de manutenção e operação. Portanto, o controle dos níveis de íons cloreto na água é importante para garantir a qualidade da água e a integridade dos sistemas de distribuição e tratamento (Fernandes, 2008).

Sólidos dissolvidos totais (SDT): são sais inorgânicos como cálcio, magnésio, potássio, sódio, bicarbonatos, cloretos e sulfatos, podendo conter também quantidades de matéria orgânica. Níveis elevados de SDT podem afetar o sabor da água e contribuir para a formação de calcário e corrosão, sendo principalmente problemática em caldeiras e sistemas de água de refrigeração (Herawati *et al.*, 2023).

Potencial hidrogeniônico (pH): influencia na solubilidade de algumas substâncias, podendo até definir o grau de toxicidade e precipitar elementos tóxicos com alguns metais. A faixa de pH recomendada para a proteção à vida é de 6,0 a 9,0 (Libânio, 2005; Cetesb, 2011).

Nitrogênio: a presença de nitrogênio na forma de nitritos, nitratos e amoniacal, são compostos resultantes de esgotos domésticos e industriais. O nitrogênio está ligado ao crescimento excessivo de algas, portanto deve ser controlado (Mota, 1995).

3.3 RIO LIGEIRO

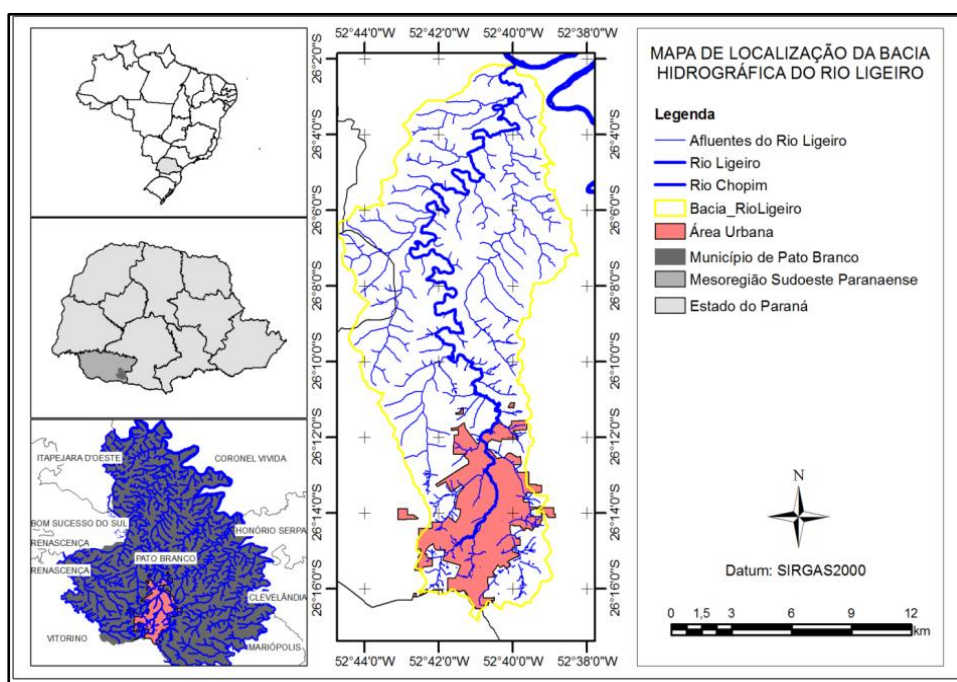
A bacia hidrográfica do Rio Ligeiro está localizada entre os paralelos $26^{\circ}01'24''$ e $26^{\circ}16'51''$ de latitude Sul e os meridianos $52^{\circ}45'11''$ e $52^{\circ}38'09''$ de longitude Oeste, abrangendo as regiões dos municípios de Bom Sucesso do Sul e Pato Branco. O Rio Ligeiro tem uma extensão de 59,06 km e uma área de drenagem que abrange 17.333,35 hectares. Dessa área de drenagem, 695,87 hectares (cerca de 4%) estão localizados no município de Bom Sucesso do Sul, enquanto o restante pertence ao município de Pato Branco (Luz *et al.*, 2019).

De acordo com estudos de Luz *et al.* em 2019, sobre o monitoramento da água e a avaliação da capacidade de autodepuração do Rio Ligeiro o classificaram como um rio de Classe 3. A classificação de rios em diferentes classes é uma prática comum

para avaliar a qualidade da água e a partir disso, estado de degradação, sendo a Classe 4 geralmente associada a rios com níveis de poluição mais elevados e menor capacidade de autodepuração.

O Rio Ligeiro apresenta variações em diferentes partes do seu curso, especialmente na área urbana da cidade. Essas variações incluem trechos canalizados e áreas ainda não canalizadas, muitas vezes desprovidas de vegetação ciliar, a qual tem a função de preservar este rio. O desenvolvimento de áreas industriais e residenciais ao longo das margens do rio é um fator que impacta diretamente na gestão da qualidade da água e na capacidade de autodepuração do ecossistema, dificultando o processo natural de purificação do rio e tornando essas áreas mais suscetíveis à manipulação ambiental. A figura 1 mostra com detalhes a localização do rio ligeiro no espaço geográfico, e seus principais afluentes, Arroio Ligeiro, localizado no mapa à direita, Córrego Penso, Rio Passo da Pedra e Arroio Gramado, ambos à esquerda (Tomazoni, 2009).

Figura 1 - Mapa da bacia hidrográfica do Rio Ligeiro



Fonte: (Luz *et al.*, 2017)

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 PONTOS DE COLETA

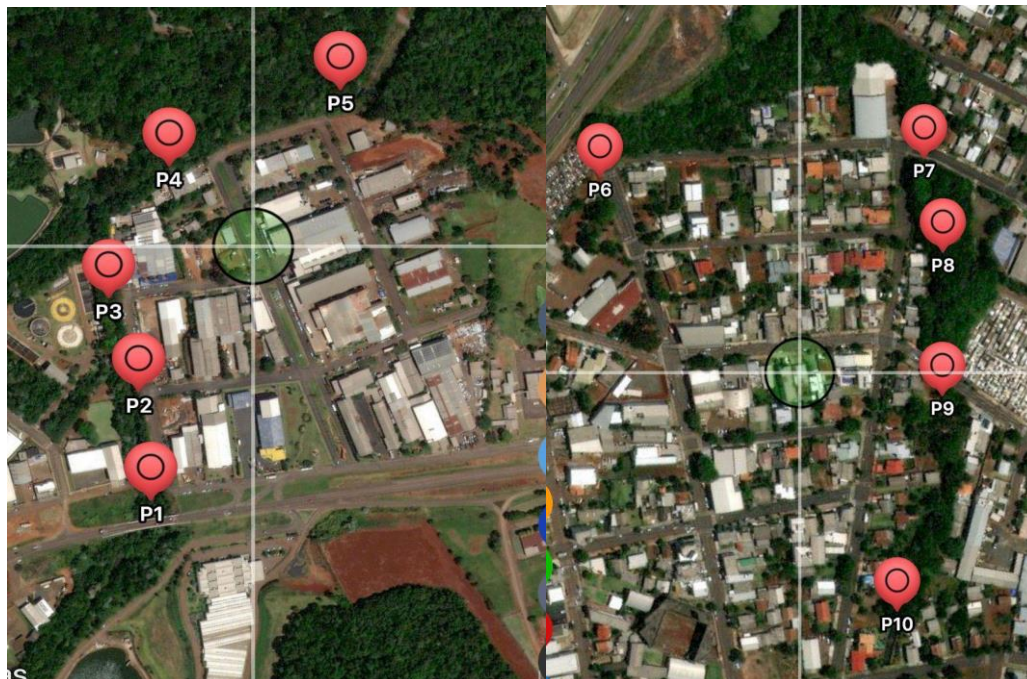
Os pontos de coleta foram definidos com base na localização, extensão, acessibilidade e potencial contaminação. Uma avaliação prévia determinou 10 pontos de coleta no perímetro urbano do rio. Os pontos 1, 2, 3, 4 e 5 localizados no Parque das Indústrias, onde há uma concentração de diversas fábricas, incluindo metalúrgicas, fábricas de PVC, fábricas de equipamentos agrícolas, entre outras. Os pontos 6, 7, 8, 9 e 10 estão localizados no bairro residencial Bortot onde o rio passa atrás de algumas residências. Na Tabela 1 são apresentadas as coordenadas geográficas dos 10 pontos, e na Figura 2 os pontos de coleta destacados no mapa.

Pontos de coleta	Latitude	Longitude
1	-26.202641	-52.678814
2	-26.201859	-52.679749
3	-26.201313	-52.680721
4	-26.199877	-52.681229
5	-26.198154	-52.680386
6	-26.217010	-52.680454
7	-26.215673	-52.678139
8	-26.216223	-52.677608
9	-26.217167	-52.677017
10	-26.218756	-52.676456

Tabela 1- Coordenadas geográficas dos pontos de coleta das amostras

Fonte: autoria própria (2023)

Figura 2- Pontos de coleta das amostras destacados

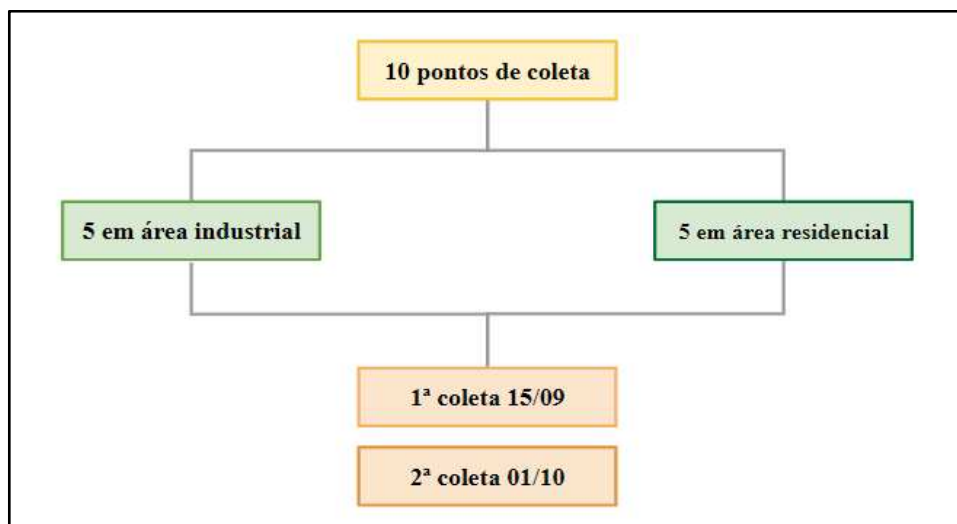


Fonte: autoria própria (2023).

4.2 COLETA DAS AMOSTRAS

As amostras foram coletadas de forma manual com o auxílio de um frasco coletor de PVC, e armazenadas em garrafa plástica de 300 mL. As amostras foram coletadas nos dias 15/09 e 01/10, respectivamente D1 e D2, a Figura 3 representa o fluxograma das coletas realizadas.

Figura 3 - Fluxograma das coletas das amostras.



Fonte: autoria própria (2023)

Na área de coleta, também foram registradas as condições locais, incluindo a aparência da água, o cheiro, bem como as medições da temperatura da água e do pH, como mostrado na Figura 4. Após a coleta, as amostras foram identificadas e encaminhadas ao laboratório de análise, onde foram armazenadas sob refrigeração até análise.

Figura 4- Imagem medindo o pH no local da coleta



Fonte: autoria própria (2023)

Um dos cuidados na coleta das amostras foi a retirada de partículas grandes, detritos e folhas, além disso, foi assegurado que fosse coletado um volume adequado para atender às demandas das análises e, se necessário, permitir repetições de análises no laboratório.

Figura 5 - Amostras armazenadas e identificadas em garrafas PET



Fonte: autoria própria

4.3 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA

A determinação do Al, N total, cloretos, turbidez, sólidos dissolvidos totais e condutividade, foram realizadas conforme metodologia descrita pela “Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater”, da American Public Health Association (APHA), Figura 6. As análises foram realizadas no Laboratório de Qualidade Agroindustrial de Águas e Alimentos (LAQUA) na UTFPR campus de Pato Branco.

A quantificação de Cu, Cr, Fe, Ni e Zn foi realizada com o emprego de um espectrômetro de absorção atômica com chama na Central de Análises na UTFPR campus de Pato Branco.

Figura 6 - Métodos utilizados para os parâmetros físico-químicos.

PARÂMETROS ANALISADOS	MÉTODO DE ANÁLISE	METODOLOGIA
pH	Método potenciométrico	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA, 21 ed., 2005.
SDT	Método condutivímetro	
Condutividade	Método condutivímetro	
Turbidez	Método nefelométrico	
Cloretos	Método de Mohr	
Nitrogênio total	Método Kjeldahl	
Alumínio	Metodo colorimetrico	

Fonte: autoria própria (2023).

4.4 NITROGÊNIO TOTAL

Para a digestão da amostra empregou-se a solução digestora (K_2SO_4 , Cu_2SO_4 e H_2SO_4). Assim foi adicionado 50 mL da amostra no tubo de digestão e 15 mL da solução digestora. Inicialmente elevou-se a temperatura até 100 °C até evaporar a H_2O , elevou novamente a temperatura até 350 °C para a digestão completa, até que a solução obter coloração verde claro, deixando por mais 30 minutos. Caso toda

solução digestora fosse consumida adicionou-se mais 10 mL até completa digestão. O branco foi tratado da mesma forma que as amostras.

O tubo com a amostra já digerida foi conectado ao destilador de N, e adicionou-se 50 mL de NaOH a 40%, e destilado de 6 a 10 mL por minutos. O destilado foi coletado em Erlenmeyer de 300 mL contendo 10 mL de ácido bórico 2%. Após destilação a amostra foi titulada com ácido sulfúrico 1 M, até o ponto de viragem azul como na Figura 7.

Figura 7 - Imagem mostrando a coloração verde claro após a digestão, e a coloração do ponto de viragem azul



Fonte: autoria própria

4.5 ALUMÍNIO

O método de análise é baseado na reação entre o Al e a Eriocromo Cianina-R, o qual forma um composto avermelhado. A intensidade da cor desenvolvida depende da concentração do alumínio, tempo de reação, temperatura e pH.

Para esta determinação transferiu-se 25 mL de amostra para um Erlenmeyer, adicionou-se 2 gotas de alaranjado de metila e titulou-se com H_2SO_4 0,01M até que a

solução mudasse de laranja para rosa. Transferiu-se 25 mL de amostra para um balão de 50 mL adicionado H_2SO_4 0,01M gasto no primeiro passo, 1 mL de ácido ascórbico e 10 mL da solução tampão, 5 mL da solução de eriocromocianina, agitou-se e completou o volume. Aguardou-se 10 minutos e realizou a leitura em 535 nm empregando um espectrofotômetro. Foi construída uma curva de calibração usando 0,0; 0,1; 0,2; 0,4; 0,8; 1,0 mg L^{-1} de solução estoque da solução padrão de Al.

Figura 8 - Amostra com corante Eriocromo Cianina R



Fonte: autoria própria

4.6 CLORETOS

Foi transferido 100 mL de amostra para um Erlenmeyer de 250 mL, e adicionou-se 1 mL da solução de cromato de potássio e titulado com nitrato de prata 0,0141 M até o ponto de viragem laranja rosado (Figura 9). Para garantir a análise, foi preparado um branco com água destilada e realizado os mesmos procedimentos.

Figura 9 - Ponto de viragem laranja rosado

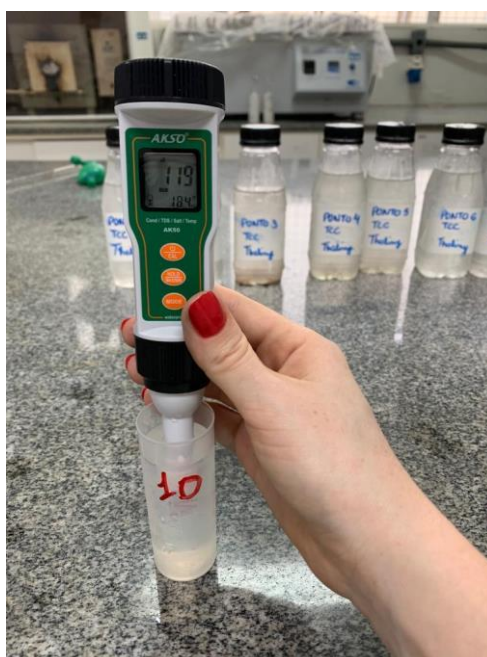


Fonte: autoria própria

4.7 SDT E CONDUTIVIDADE

Para a quantidade de SDT e condutividade foi utilizado um condutivímetro previamente calibrado. A cada amostra o eletrodo foi lavado com água destilada e removido o excesso de água com papel. As leituras foram realizadas após estabilização do eletrodo (Figura 10).

Figura 10 - Condutivímetro



Fonte: autoria própria

4.8 TURBIDEZ

Para a determinação do grau de turbidez foi utilizado o turbidímetro, o qual foi calibrado em 0, 20, 100, 800 NTU (Nephelometric Turbidity Units). A amostra foi colocada na cubeta limpa, e inserida no equipamento para a leitura.

4.9 DETERMINAÇÃO DOS METAIS Cu, Cr, Fe, Ni e Zn

Para a quantificação dos teores de Cu, Cr, Fe, Ni e Zn foi empregado um espectrômetro de absorção atômica com chama (FAAS). As leituras foram realizadas nos comprimentos de onda (λ) descritos na Tabela 2 . A curva de calibração empregada foi de 0,1 ; 0,5 ; 1,0 ; 5,0 ; 10,0 ; 15,0 ; 20,0 mg L⁻¹.

Tabela 2 - Comprimento de onda usado para cada elemento

Elemento	Comprimento de onda (nm)
Ferro	248,33
Cobre	324,74
Cromo	357,87
Níquel	232,0
Zinco	213,86

Fonte: Autoria própria (2023)

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados das análises físico-química são apresentados na tabela 3, e na tabela 4 os resultados referente aos metais.

Pontos de coletas/ datas D1 D2*	pH	SDT (mg L ⁻¹)	Condutividade ($\mu\text{s cm}^{-1}$)	Cloretos (mg.L ⁻¹)	Turbidez (NTU)	N Total (mg L ⁻¹)
P1 D1	7,5	105,0	155,0	34,0	21,5	0,0
P1 D2	7,3	74,0	113,0	9,0	0,0	0,0
P2 D1	7,5	65,0	99,0	9,0	1,11	0,0
P2 D2	7,1	75,0	112,0	10,0	0,0	0,0
P3 D1	7,3	61,0	90,0	5,0	4,58	0,0
P3 D2	7,0	68,0	105,0	8,0	12,97	0,0
P4 D1	7,2	125,0	184,0	19,0	0,68	4,28
P4 D2	7,0	180,0	270,0	30,0	12,83	4,28
P5 D1	7,1	120,0	185,0	20,0	4,33	4,28
P5 D2	7,0	174,0	265,0	32,0	14,33	4,28
P6 D1	7,2	66,0	94,0	6,0	0,0	0,0
P6 D2	7,0	62,0	90,0	7,0	0,0	0,0
P7 D1	6,9	71,0	116,0	10,0	0,86	0,0
P7 D2	7,0	75,0	118,0	10,0	0,0	0,0
P8 D1	6,9	81,0	118,0	8,0	3,10	0,0
P8 D2	7,0	88,0	120,0	9,0	0,0	0,0
P9 D1	6,6	77,0	118,0	9,0	1,79	0,0
P9 D2	7,0	75,0	115,0	9,0	0,71	0,0
P10 D1	6,9	80,0	112,0	9,0	6,06	0,0
P10 D2	6,9	80,0	120,0	11,0	0,0	0,0
Média D1	7,11	85,1	127,1	12,9	4,40	0,856
Média D2	7,03	95,1	142,8	13,5	4,08	0,856
Desvio padrão D1	0,27	22,03	33,4	8,50	6,00	1,71
Desvio padrão D2	0,10	41,47	62,92	8,82	6,10	1,71
Coef. variação D1	0,038	0,259	0,263	0,659	1,36	2,00
Coef. variação D2	0,014	0,436	0,440	0,653	1,50	2,00
Limites CONAMA nº 357/2005*	6,0 a 9,0	500	–	250	100	–

Tabela 3 - Resultados das análises físico-químicas

*P simboliza o ponto e os números de 1 a 10 a localização dos mesmos conforme descrito na Tabela 1; D simboliza a data da coleta, sendo D1 as amostras coletadas no dia 15/09 e D2 referente às amostras coletadas no dia 01/10.

5.1 ANÁLISE DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICO

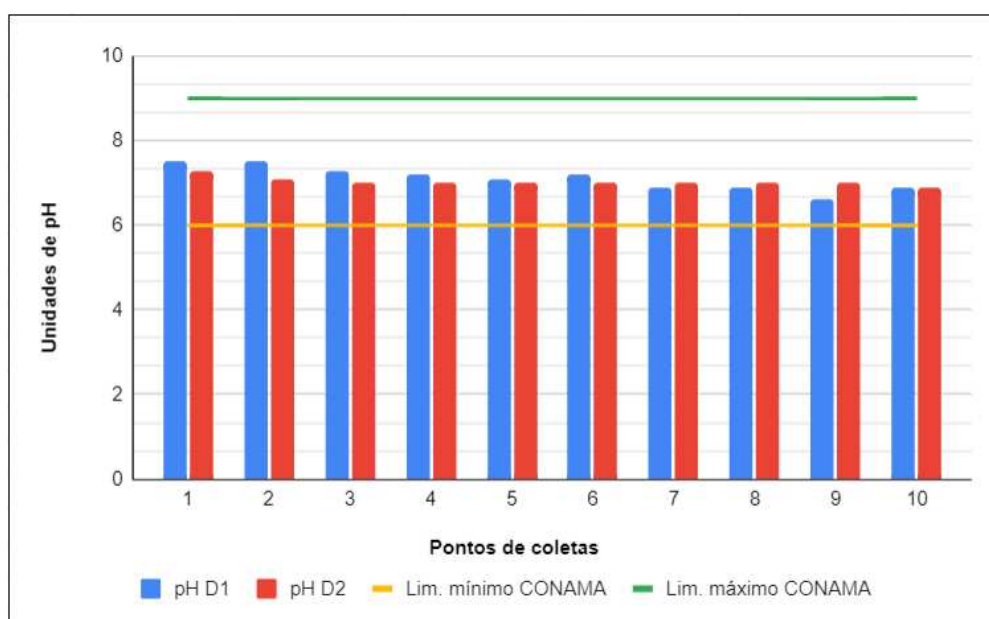
5.1.1 Potencial hidrogeniônico (pH)

Os valores de pH variaram de 6,6 a 7,5 (Tabela 3), permanecendo deste modo dentro dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 a qual determina que a faixa segura de pH para águas é entre 6,0 e 9,0.

Pouca ou quase nenhuma variação foi observada entre os dias de coleta para todos os pontos de coleta. Contudo, uma tendência de decréscimo de pH foi observado entre os pontos de coleta da área industrial (1 a 5) e área residencial (6 a 10). Resultados similares foram observados por Luz et al. (2017), os quais encontraram valores de pH na faixa de 6,3 a 7,3 em estudo de avaliação da qualidade da água na bacia do Rio Ligeiro.

Conforme apontado por Libânio (2005), o pH desempenha um papel crucial na solubilidade de diversas substâncias, incluindo metais. A variação do pH pode influenciar se esses metais permanecerão solúveis na água ou se precipitaram. Além disso, um pH muito ácido ou alcalino pode comprometer o sabor da água e até causar corrosão ou incrustação nas tubulações, corrosão e incrustações.

Figura 11 - Gráfico dos valores obtidos para potencial hidrogeniônico



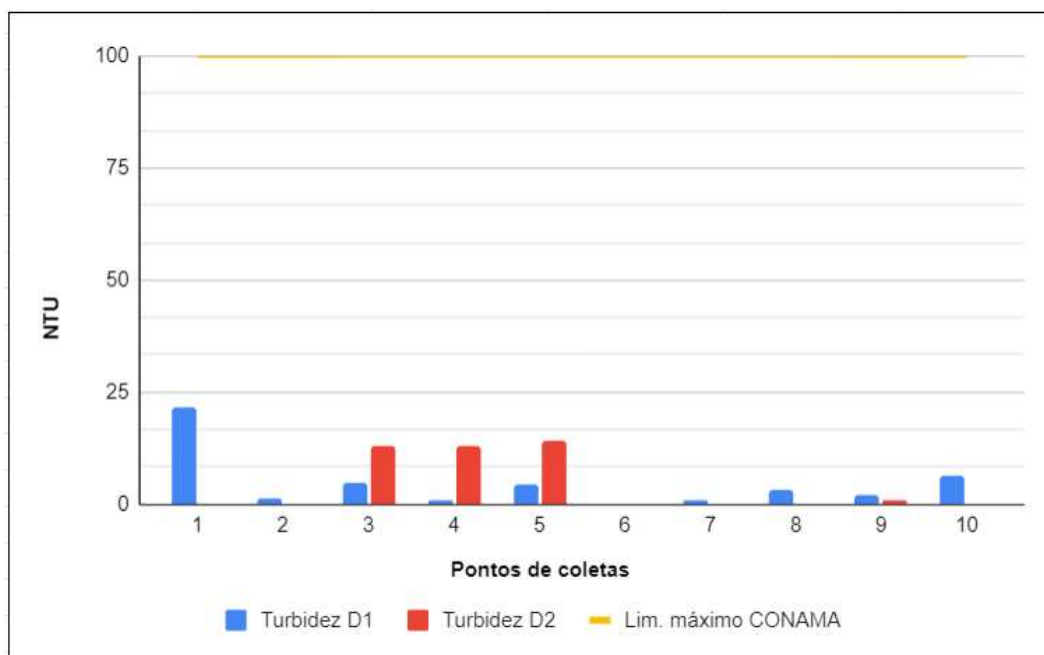
Fonte: autoria própria (2023)

5.1.2 Turbidez

De acordo com a Resolução do CONAMA nº 357/2005, o limite para turbidez é de 100 NTU. A amostra coletada no dia 15/09 no ponto 1 apresentou o maior valor de turbidez 21,5 NTU (Figura 12). Esse resultado é provavelmente devido ao fato de que no momento da coleta, a amostra continha uma quantidade significativa de partículas de terra, o que ocorreu devido à dificuldade de acesso ao local. Contudo, os valores obtidos nos 10 pontos de coleta não excederam os limites estabelecidos por essa resolução, permanecendo significativamente abaixo do limite. Isso indica que a água coletada manteve níveis de turbidez dentro das diretrizes estabelecidas para esta classe.

Além disso, a turbidez pode ser influenciada pela ocorrência de chuvas. Nos dias antes da coleta realizada dia 15/09 (D1) houve uma grande precipitação. Essa chuva pode ter contribuído para o aumento da turbidez, já que pode carregar sedimentos e partículas do solo para o rio. De acordo com Libânio (2005) a turbidez pode ser causada por descarte de esgoto doméstico, industrial ou atividade agrícola.

Figura 12 - Gráfico dos valores obtidos para turbidez



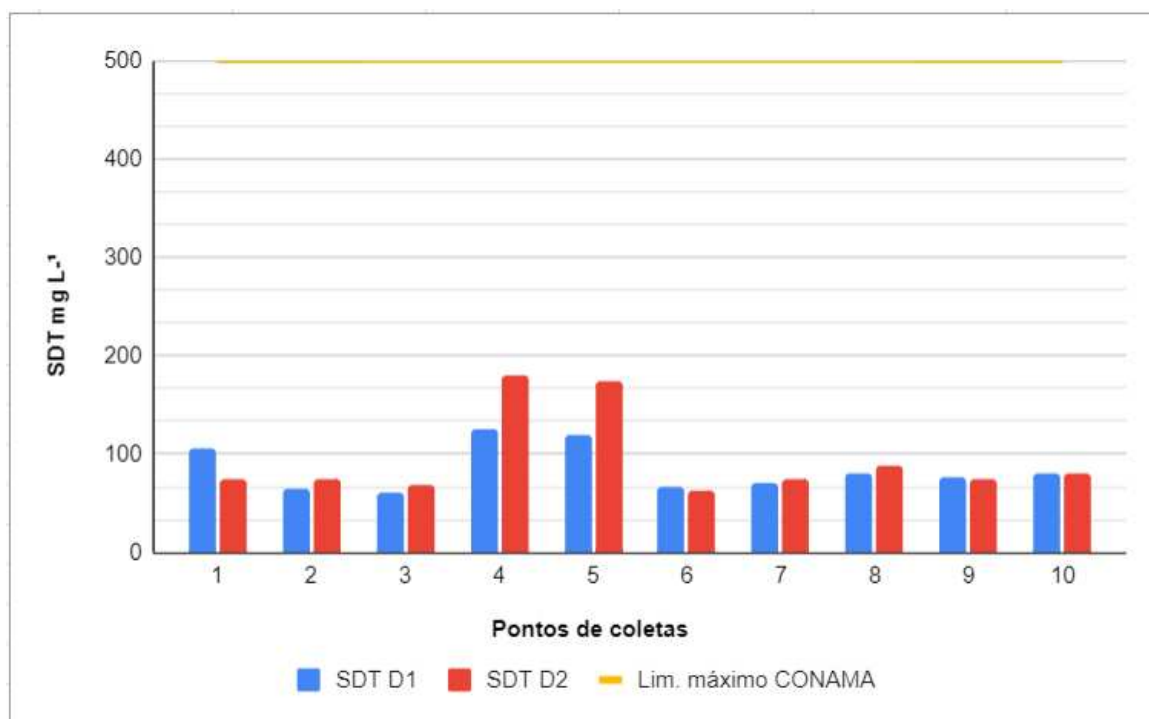
Fonte: autoria própria (2023)

5.1.3 SDT e Condutividade

A condutividade elétrica da água e a concentração de SDT estão diretamente relacionados, quando um aumenta o outro também aumenta, esse comportamento pode ser observado nas Figuras 13 e 14 e na Tabela 3.

De modo geral os valores de SDT variaram entre 61 e 174 mg L⁻¹, todos abaixo do limite estabelecido pela Resolução do CONAMA nº 357/2005, que é de 500 mg L⁻¹. Para a maioria dos pontos, exceto os 1, 4, e 5, não ocorreu variação significativa em função do dia de coleta. Nos pontos 4 e 5 observou-se um aumento significativo para SDT na segunda coleta.

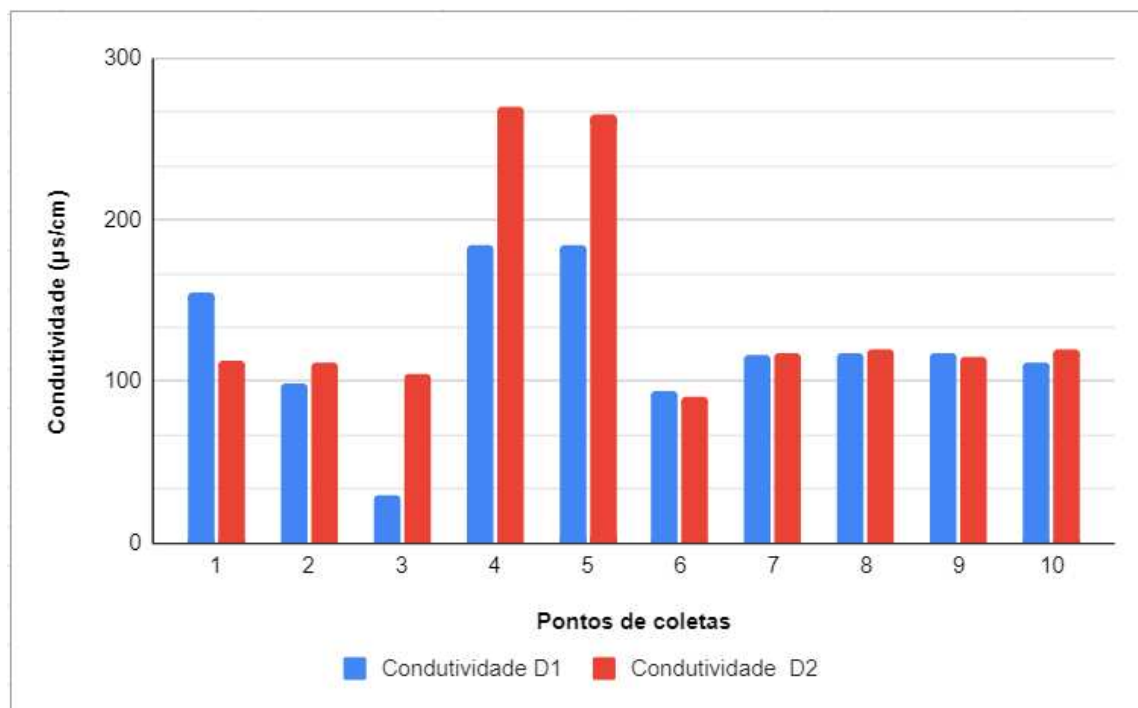
Figura 13 - Gráfico dos valores obtidos para SDT



Fonte: autoria própria (2023)

Os valores de condutividade elétrica variaram de 90 a 270 $\mu\text{s cm}^{-1}$, sendo os maiores valores de condutividade observados nas amostras 4 e 5, consequência do aumento de sólidos dissolvidos na amostra. A Resolução do CONAMA nº 357/2005, não apresenta valores limites para este parâmetro.

Figura 14 - Valores obtidos para a condutividade



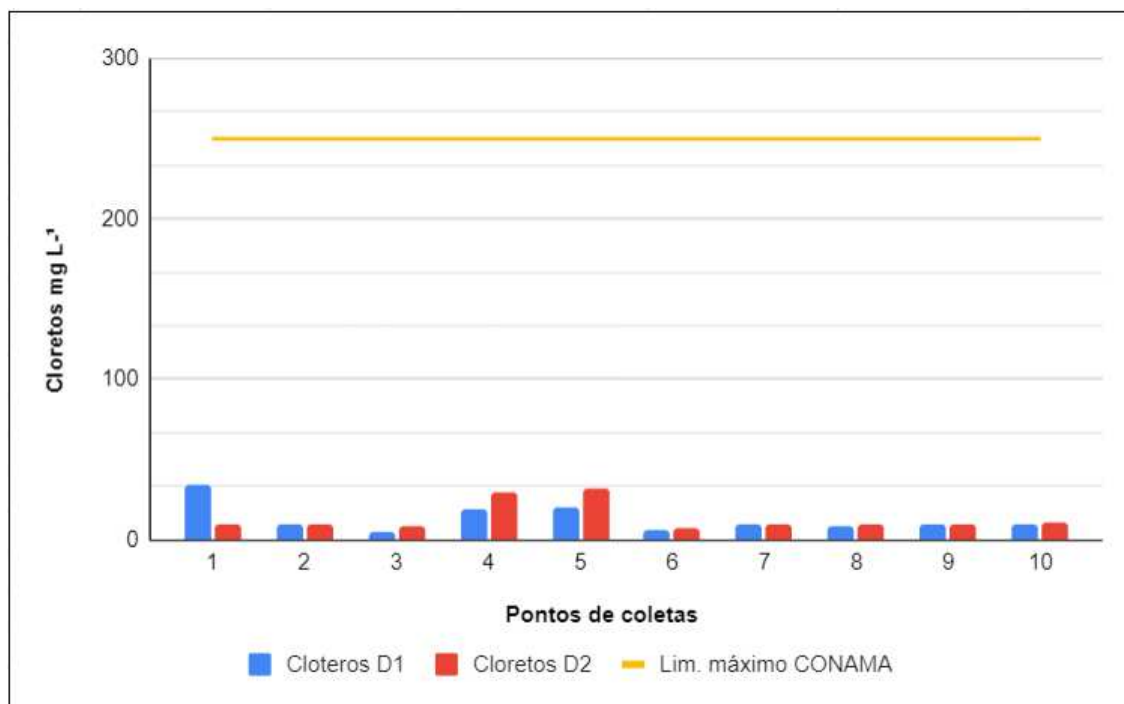
Fonte: autoria própria (2023)

5.1.4 Cloretos

Segundo a Cetesb (2010), o íon cloreto (Cl^-) presente em águas subterrâneas tem origem na percolação da água através de solos e rochas. Entretanto, o cloreto encontrado em águas superficiais é geralmente proveniente de descargas de esgotos sanitários, o que pode contribuir para a presença desse íon nas águas superficiais. Os maiores valores de cloreto foram observados nos pontos 1, 4 e 5 como pode ser observado na Tabela 3 e Figura 15. Entretanto, esses níveis não ultrapassam os valores estabelecidos pela Resolução CONAMA N° 357/2005, a qual permite um valor máximo de 250 mg L^{-1} . Contudo, estes valores podem ser indícios de descarte inadequado ao longo do rio.

A partir do ponto 6, pontos que representam a área residencial do Rio Ligeiro, o valores ficaram baixos e se mantiveram constantes. Resultado similar ao observado por Pizato (2011), que avaliou a qualidade da água do Rio Ligeiro e encontrou valores de cloretos na faixa de $5,0$ a $11,0 \text{ mg L}^{-1}$.

Figura 15 - Gráfico dos valores obtidos para cloretos



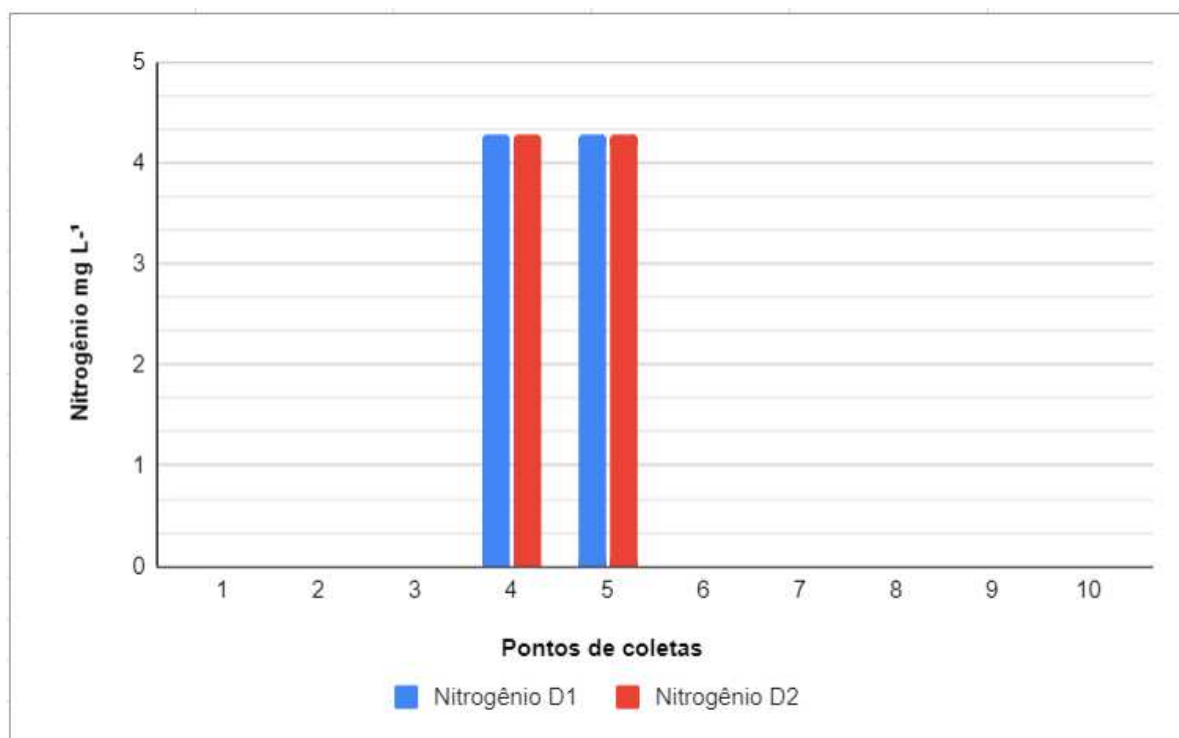
Fonte: autoria própria (2023)

5.1.5 Nitrogênio total

O nitrogênio é um nutriente essencial para as plantas, e na água, desempenha um papel no crescimento das algas. No entanto, quando há excesso de N na água, pode ocorrer o crescimento excessivo de algas, e causar um fenômeno conhecido como eutrofização. Esse aumento descontrolado de algas pode levar a sérios problemas nos ecossistemas aquáticos, incluindo a diminuição dos níveis de oxigênio na água, prejudicando a vida aquática.

Os resultados obtidos de N total neste estudo incluem valores de N amoniacal e N orgânico, com variações entre 0 a 4,28 mg L⁻¹. A Figura 16 mostra que apenas nos pontos 4 e 5 foram registradas concentrações de N. Além disso, a estabilidade desses valores ao longo dos dois dias de coleta pode ser um indicativo de que neste ponto pode haver lançamento de despejos industriais, doméstico e uso de fertilizantes. A Resolução 357/2005 apresenta valores limites para N total, apenas de N amoniacal de 13,3 mg L⁻¹.

Figura 16 - Gráfico dos valores obtidos para nitrogênio total



Fonte: autoria própria (2023)

Tabela 4 - Resultados dos elementos químicos nas águas do Rio Ligeiro (mg L⁻¹).

Pontos de coletas/ Datas D1 D2*	Al	Cu	Cr	Fe	Ni	Zn
P1 D1	0,310	n.d	n.d	1,839	n.d	n.d
P1 D2	n.d	0,004	n.d	0,833	3,494	n.d
P2 D1	n.d	0,025	n.d	1,538	0,351	n.d
P2 D2	n.d	0,014	n.d	0,777	2,136	n.d
P3 D1	n.d	0,020	n.d	1,268	0,334	n.d
P3 D2	n.d	0,037	n.d	1,030	2,035	n.d
P4 D1	n.d	0,012	n.d	1,336	0,831	n.d
P4 D2	n.d	0,040	n.d	1,338	3,793	n.d
P5 D1	n.d	0,015	n.d	1,521	0,060	n.d
P5 D2	n.d	0,029	n.d	1,392	3,290	n.d
P6 D1	n.d	0,004	n.d	1,735	0,447	0,006
P6 D2	n.d	0,019	n.d	2,447	2,516	n.d
P7 D1	n.d	0,025	n.d	2,067	0,220	0,004
P7 D2	n.d	0,048	n.d	1,405	4,248	n.d
P8 D1	n.d	0,021	n.d	1,067	0,188	0,013
P8 D2	n.d	0,012	n.d	2,044	5,037	n.d
P9 D1	n.d	0,012	n.d	0,350	0,538	0,010
P9 D2	n.d	0,041	n.d	0,874	3,538	n.d
P10 D1	n.d	0,021	n.d	1,814	0,079	0,026
P10 D2	n.d	0,036	n.d	2,307	3,032	0,005
Média D1	0,031	0,015	0,0	1,454	0,305	0,005
Média D2	0,0	0,028	0,0	1,445	3,312	0,0005
Desvio padrão D1	0,093	0,008	0,0	0,465	0,240	0,008
Desvio padrão D2	0,0	0,014	0,0	0,589	0,888	0,001
Coef. variação D1	3,0	0,533	0,0	0,312	0,787	1,6
Coef. variação D2	0,0	0,500	0,0	0,408	0,268	2,0
Limites conama n° 357/2005*	0,2	0,013	0,05	5,0	0,025	5,0

*P simboliza o ponto e os números de 1 a 10 a localização dos mesmos conforme descrito na Tabela 1; D simboliza a data da coleta, sendo D1 as amostras coletadas no dia 15/09 e D2 referente às amostras coletadas no dia 01/10; n.d = não detectado.

5.2 ANÁLISE DOS METAIS

5.2.1 Alumínio

As concentrações de Al estão mostradas na Tabela 4. Pode-se observar que apenas o ponto 1, coletado no dia 15/09 D1, apresentou concentração de alumínio detectável. Nos demais pontos de coleta, a concentração ficou abaixo do limite de detecção. Conforme estabelecido pela Resolução CONAMA N° 357/2005, o limite máximo permitido de alumínio é de 0,2 mg L⁻¹. No ponto 1, foi identificada uma concentração de 0,310 mg L⁻¹, ultrapassando, portanto, o limite de tolerância estipulado pela resolução.

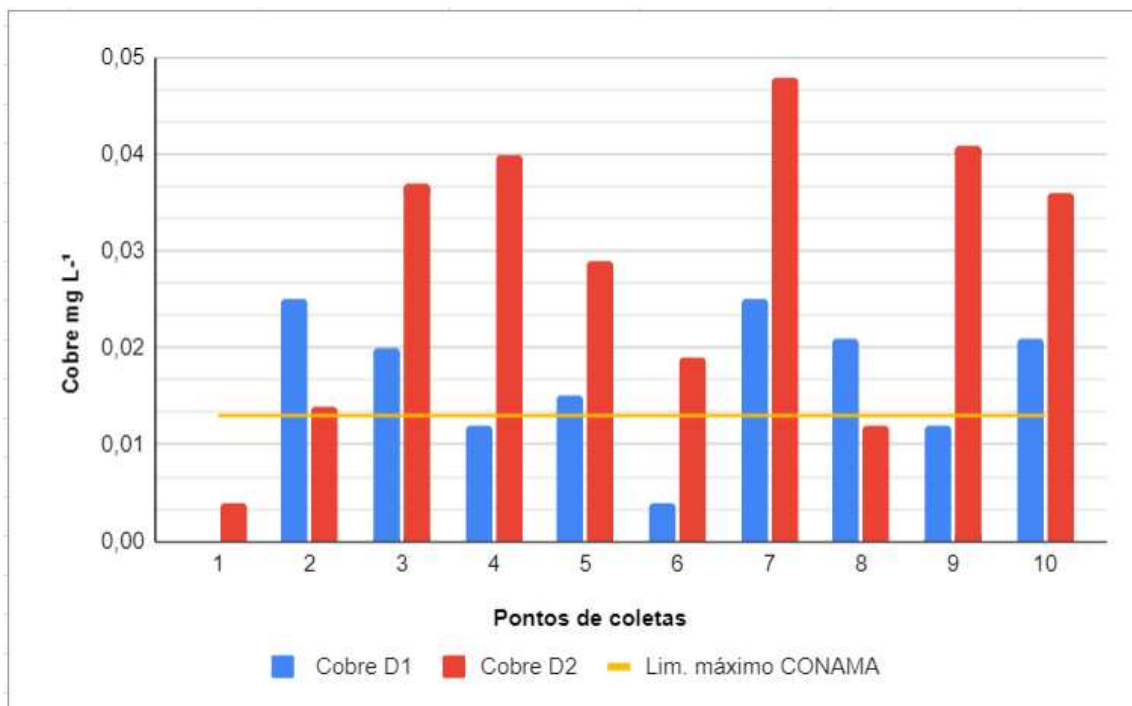
No estudo conduzido por Miranda et al. (2009), os quais avaliaram a qualidade do recurso hídrico na Amazônia, foram encontrados valores semelhantes de Al no Rio Murucupi, atingindo a concentração de 0,356 mg L⁻¹. O alumínio é empregado no processo de tratamento de água. Na proximidade do Rio Ligeiro, existe uma estação de tratamento de esgoto na área industrial, o que pode afetar a presença de Al na água do rio.

5.2.2 Cobre

A Resolução CONAMA N° 357/2005, estabelece um valor máximo de Cu dissolvido de 0,013 mg L⁻¹. Os valores obtidos para o cobre estão presentes na Tabela 4 e comparados com os dias de coleta na Figura 17, nos pontos P2, P3, P5, P7, P8 e P10 da primeira coleta apresentaram valores acima do permitido. Enquanto no segundo dia coleta os pontos P2, P3, P4, P5, P6, P7, P9 e P10 estavam acima do limite estabelecido. Apenas no ponto 1 do dia 15/09 D1 não foi detectado a presença de cobre na amostra.

Na pesquisa de Ribeiro *et al* (2012) onde avaliou o índice de contaminação de metais na água do Rio São Francisco, encontrou concentrações de cobre de 0,023 e 0,019 mg L⁻¹, ou seja, acima do limite permitido. Segundo a Cetesb, concentrações de Cu acima de 0,5 mg L⁻¹ são letais para peixes, enquanto concentrações acima de 1,0 mg L⁻¹ podem ser letais para microrganismos.

Figura 17 - Resultados obtidos da concentração de cobre

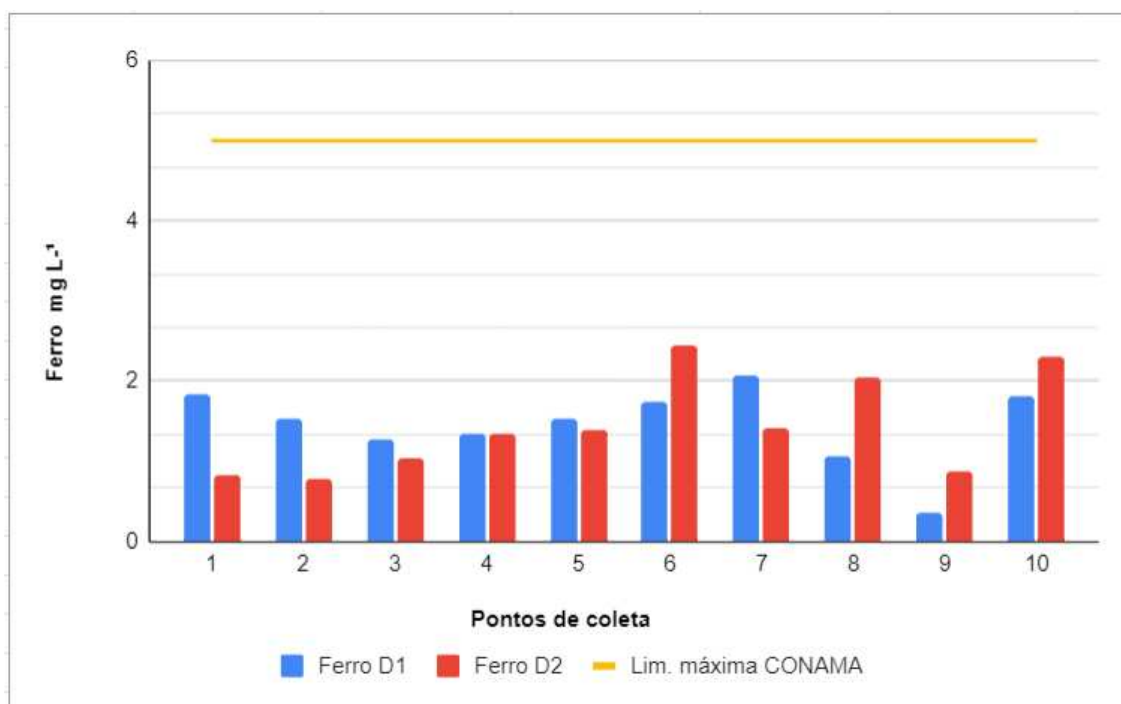


Fonte: autoria própria (2023)

5.2.3 Ferro

A Resolução CONAMA N° 357/2005 estabelece um limite máximo de 5,0 mg L⁻¹ para o Fe dissolvido. No entanto, a técnica utilizada (FAAS) para detectar e quantificar o ferro na amostra de água fornece um valor total do elemento. Todos os valores obtidos para o Fe estavam abaixo do limite estabelecido pela resolução CONAMA N° 357/2005, conforme evidenciado na Tabela 4 e na Figura 18. Na pesquisa conduzida por Fonseca e Lima (2018), que avaliou o impacto do efluente de uma empresa do setor metalúrgico na água do Rio Pinho (MG), foram obtidos valores de 0,840 e 1,300 mg L⁻¹ para a concentração de Fe. Esses valores se assemelham ao que foi identificado neste estudo. De acordo com a Cetesb (2009), os níveis de ferro podem aumentar durante estações chuvosas. Além disso, a presença de ferro em águas superficiais pode ser atribuída a contribuições de efluentes industriais, especialmente de indústrias metalúrgicas envolvidas na remoção da camada oxidada de peças.

Figura 18 - Resultados obtidos da concentração de ferro na amostra.



Fonte: autoria própria (2023)

5.2.4 Cromo

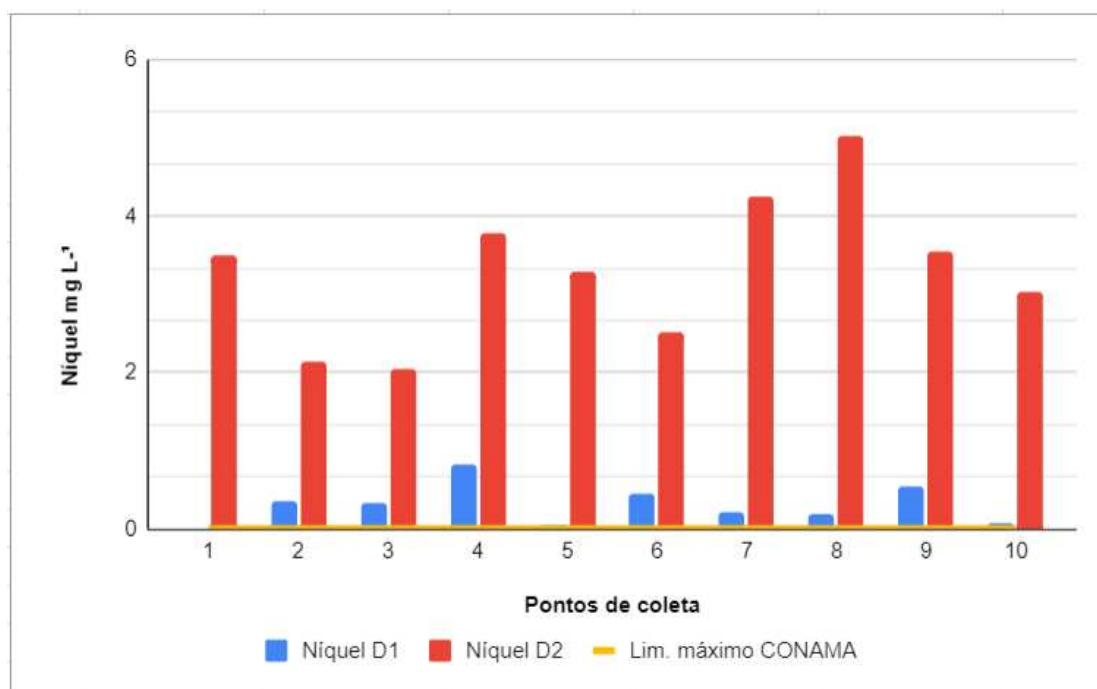
O Cr é amplamente utilizado em ligas metálicas e pode ser encontrado em muitas águas superficiais em concentrações que variam entre 1 e 10 $\mu\text{g L}^{-1}$. Na forma hexavalente, o Cr pode ser tóxico e cancerígeno. De acordo com a Resolução CONAMA nº 357/2005, o valor máximo permitido para o cromo é de 0,05 mg L^{-1} . Os resultados obtidos na pesquisa indicam que não foi possível detectar o cromo nas amostras como mostra na Tabela 4. A técnica FAAS não foi adequada para estabelecer as concentrações, pois os valores ficaram abaixo no limite de detecção da técnica, portanto não é possível afirmar se este elemento está de conformidade com a resolução.

5.2.5 Níquel

Segundo a Cetesb (2009) o níquel encontrado em águas superficiais pode chegar a 0,1 mg L^{-1} , em água potável normalmente é menor que 0,02 mg L^{-1} . Os valores obtidos para Ni em todos os pontos de coleta ficaram acima do limite máximo permitido pela Resolução CONAMA nº 357/2005, que é de 0,025 mg L^{-1} . A Figura 19 mostra a discrepância nas

amostras do segundo dia de coleta em comparação com as do primeiro dia, sugere uma variação significativa nos níveis de níquel entre os dois dias. Apenas no ponto 1 do dia D1 não foram detectados valores para o níquel, na área residencial tiveram pontos com maior concentração de Ni do que na área industrial. Essa diferença pode ser atribuída a diversos fatores, como variações nas condições meteorológicas, influência de atividades antrópicas ou características sazonais do ambiente aquático.

Figura 19 - Gráfico dos valores obtidos para níquel



Fonte: autoria própria (2023)

5.2.6 Zinco

Segundo a Cetesb (2009), é comum encontrar concentrações de Zn abaixo de 0,01 mg L⁻¹ em águas superficiais e numa faixa de 0,01 a 0,04 mg L⁻¹ em águas subterrâneas. O Zn tem ampla aplicação na fabricação de ligas, na galvanização do aço e em produtos como protetor solar e desodorantes, entre outros. Os resultados das amostras revelaram baixos níveis de concentração de Zn. Nos pontos 1 a 5, que representam a área industrial, a técnica de análise não conseguiu detectar a presença desse metal. No entanto, em todos os pontos de 6 a 10 coletados no primeiro dia (D1), o Zn foi identificado, embora em

concentrações reduzidas. Todas as amostras se mantiveram abaixo do limite máximo estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005, que permite até 5,0 mg L⁻¹ de zinco na água.

6 CONCLUSÃO

Os parâmetros físico-químicos avaliados pelas metodologias descritas pela "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater" da American Public

Health Association (APHA), permaneceram dentro dos limites estipulados pela Resolução CONAMA N° 357, de 17 de março de 2005, demonstrando conformidade com as normativas estabelecidas. Ao comparar os resultados obtidos nas áreas industrial e residencial, observou-se que não apresentaram diferenças significativas, inclusive os maiores valores para Cu, Fe, Ni, e Zn foram na área residencial.

As análises dos metais foram conduzidas por meio da (FAAS). No entanto, para os elementos Cr e Zn, a técnica não se mostrou adequada para determinar as concentrações, uma vez que os valores estavam abaixo do limite de detecção. Nesses casos, considera-se o emprego de uma técnica mais sensível, como a ICP-OES, poderia ser uma alternativa viável. Os metais Al, Cu e Ni registraram concentrações superiores aos limites estabelecidos pela resolução. Tanto o Cu quanto o Zn demonstraram valores acima dos limites tanto na área industrial quanto na residencial.

Essas alterações podem estar associadas às atividades antrópicas, pois há indústrias próximas ao rio, assim como residências em suas margens. Além disso, em alguns trechos do rio, a ausência de vegetação pode permitir o acesso direto à água, o que pode contribuir para essas alterações observadas nos níveis de metais.

7 REFERÊNCIAS

APHA/AWWA/WPCF. Standard methods for the examination of water and wastewater. 16th edition Washington, American Public Health Association, American Water Works Association, Water Pollution Control Federation, 1985 p.1268.

CETESB. Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade das Águas e dos Sedimentos e Metodologias Analíticas de Amostragem. São Paulo, 2009.

CONAMA. 2005. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução 357 de março de 2005. Disponível em: www.mma.gov.br/conama acesso em: 22/11/2023.

E.V. Ribeiro *et al.* Metais pesados e qualidade da água do Rio São Francisco no segmento entre Três Marias e Pirapora - MG: índice de contaminação. Geonomos, 20(1), 49-63, 2012.

FERNANDES, Fabiana L. Carvão de Endocarpo de Coco da Baía Ativado Quimicamente com ZnCl₂ e Fisicamente com Vapor d' Água: Produção, Caracterização, Modificações Químicas e Aplicação na Adsorção de Íon Cloreto. 116 f. Tese de Doutorado - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2008.

FONSECA, IZABEL CRISTINA; LIMA, LUANA BÁRBARA DE ALMEIDA. Avaliação do impacto do lançamento de efluentes de uma empresa do setor metalúrgico sobre a qualidade da água do rio Pinho – Santos Dumont (MG). 41 f. Monografia de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental). Faculdade Doctum, Juiz de Fora, 2018.

HERAWATI, Netty *et al.* Removal of total dissolved solids from oil-field-produced water using ceramic adsorbents integrated with reverse osmosis. Published: Elsevier Ltd, p. 360 - 365, 2023.

HYPÓLITO R. *et al.* Método para amostragem e detecção de íons em águas da zona não saturada. 2009.

LUZ, Ezequias; TOMAZONI, Julio Caetano; POKRYWIECKI, Ticiane Sauer. Avaliação da situação atual da qualidade da água da bacia hidrográfica do Rio Ligeiro, Pato Branco PR, 2017.

LUZ, Ezequias. Monitoramento da Qualidade da Água da Bacia Hidrográfica do Rio Ligeiro no Município de Pato Branco – PR. 2018. 157 f. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Civil), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2018.

LUZ, Ezequias; TOMAZONI, Julio Caetano; POKRYWIECKI, Ticiane Sauer. Monitoramento da qualidade da água e avaliação da capacidade de autodepuração do Rio Ligeiro no município de Pato Branco - PR. Geociências, v. 38, n. 3, p. 755 - 768, 2019.

LIBÂNIO, Marcelo. Fundamentos de qualidade e tratamento de água. Campinas, SP: Editora Átomo, 2005. 444p.

MACEDO JAB. Biólmes bacterianos: uma preocupação da indústria farmacêutica. *Fármacos e Medicamentos*. 2000.

MIRANDA, R. G.; PEREIRA, S. F. P.; ALVES, D. T. V.; OLIVEIRA, G. R. F. Qualidade dos recursos hídricos da Amazônia - Rio Tapajós: avaliação de caso em relação aos elementos químicos e parâmetros físico-químicos. *Ambi-Agua, Taubaté*, v. 4, n. 2, p. 75-92, 2009.

NIE, Jisheng. Exposure to aluminum in daily life and Alzheimer's disease. In: *Neurotoxicity of Aluminum*. Springer, Singapore, 2018. p. 99-111.

PIZATO, Everton. Avaliação da qualidade da água do rio Ligeiro por meio de análises físico-químicas e microbiológicas. 2011. 58f. Trabalho de conclusão de Curso (Bacharelado em Química), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2011.

PEREIRA, F. V. *et al.* Remoção de metais de águas superficiais usando carvão vegetal de açáí (*euterpe oleracea mart.*). 13.2014.397-401, 2014.

STEIN, R.T. Caracterização e avaliação do sistema de tratamento de efluentes de uma indústria alimentícia, visando o reuso. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) Lajeado: Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Centro Universitário UNIVATES, 2012.

TUNDISI, J. G. Recursos Hídricos no Brasil: uma síntese. In: *Recursos hídricos no Brasil: problemas, desafios e estratégias para o futuro*. José Galizia Tundisi (coordenador). Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 2014. p. 4-7.

TURDIYEVA, Karina; LEE, Woojin b. Comparative analysis and human health risk assessment of contamination with heavy metals of Central Asian river. 2023.

TAVARES, A. R. 2005. Monitoramento da qualidade das águas do rio Paraíba do Sul e diagnóstico de conservação. Dissertação de Mestrado, Instituto Tecnológico de Aeronáutica-ITA, São José dos Campos, São Paulo. 176 p.

WATTHIER, Elizabeth Koltz *et al.* Caracterização e avaliação do índice de qualidade da água da jusante do Rio Ligeiro - Pato branco PR. *Synergismus scientifica UTFPR*, Pato Branco , 2008

ANEXO

APÊNDICE A - Imagens dos locais de coleta das amostras

ANEXO A1 Primeiro ponto de coleta na área industrial



Fonte: Autoria própria.

ANEXO A2 Segundo ponto de coleta na área industrial



Fonte: Autoria própria.

ANEXO A3 Terceiro ponto de coleta na área industrial



Fonte: Autoria própria.

ANEXO A4 Quarto ponto de coleta na área industrial



Fonte: Autoria própria.

ANEXO A5 Quinto ponto de coleta na área industrial



Fonte: Autoria própria.

ANEXO A6 Sexta coleta na área residencial



Fonte: Autoria própria.

ANEXO A7 Sétima coleta na área residencial



Fonte: Aatoria própria.

ANEXO A8 Oitava coleta na área residencial



Fonte: Autoria própria.

ANEXO A9 Nona coleta na área residencial



Fonte: Autoria própria.

ANEXO A10 Décima coleta na área residencial



Fonte: Autoria própria.