UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
BACHARELADO EM QUÍMICA

AIMÊ GIOVANA MIRANDA VILARINDO

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO VERMELHO, MUNICÍPIO DE RONDONÓPOLIS-MT

CUIABÁ-MT
2022

AIMÊ GIOVANA MIRANDA VILARINDO

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO VERMELHO, MUNICÍPIO DE RONDONÓPOLIS-MT

Monografia apresentada junto ao curso de Bacharelado em Química da Universidade Federal de Mato Grosso como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel.

Orientadora: Profa. Dra. Adriana de Paula Cardoso Siqueira

Co-orientadora: Profa. Dra. Eliana Freire Gaspar de Carvalho Dores

CUIABÁ-MT

2022

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
BACHARELADO EM QUÍMICA

FOLHA DE APROVAÇÃO

AIMÊ GIOVANA MIRANDA VILARINDO

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO VERMELHO, MUNICÍPIO DE RONDONÓPOLIS-MT

Monografia apresentada junto ao curso de Bacharelado em Química da Universidade Federal de Mato Grosso como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel.

Aprovado em: de Julho de 2022.

Banca Examinadora

_____
Profa. Dra Marilza Castilho Terezo
Universidade Federal de Mato Grosso

_____
Prof. Dr. Ítalo Curvelo dos Anjos
Universidade Federal de Mato Grosso

_____
Profa. Dra. Adriana de P. C. Siqueira
Universidade Federal de Mato Grosso

_____
Profa. Dra. Eliana F. G. de C. Dores
Universidade Federal de Mato Grosso

DEDICATÓRIA

A Deus, aos meus pais, a minha avó, aos familiares e amigos.

AGRADECIMENTOS

Ao Senhor Deus das Causas Impossíveis que meu proporcionou paciência, força, coragem e fé durante toda a caminhada até a realização desse sonho.

Aos meus pais Adauto e Maria pelo amor incondicional, apoio, confiança e sustento em todos os quesitos.

A minha avó Dona Sula pelo genuíno amor e orgulho de vó, e pelos biscoitos que sempre adoçam minha vida.

Ao meu irmão Raul pela empatia com as minhas causas e necessidades.

A todos os meus familiares pelo incentivo e compreensão das minhas ausências.

As minhas amigas Flávia e Gabriela pela união nos altos e baixos da nossa graduação, pela motivação e companheirismo.

A uma amiga muito especial da faculdade, Lorena (princesa), pelas conversas, risadas e apoio.

A minha amiga Brenda, carinhosamente a chamo de “meu xuxu”, pelas orações, pela motivação, pelos conselhos e por me aguentar nos momentos estressantes.

A minha orientadora Professora Dra. Adriana de Paula Cardoso Siqueira pela excelente orientação, por estar junta nos perrengues do projeto, por todo auxílio e suporte, pela paciência, compreensão e pelos cafézinhos ao longo da jornada.

A Co-Orientadora Professora Dra. Eliana Freire Gaspar de Carvalho Dores pelas brilhantes contribuições.

Aos meus professores de graduação que foram essenciais.

A Universidade Federal de Mato Grosso pela oportunidade oferecida.

E a todos que de alguma forma contribuíram para a realização e sucesso deste trabalho.

Meu muito obrigada!

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo analisar, de forma espacial e temporal, a qualidade de água do Rio Vermelho em um ponto a montante e a jusante da cidade de Rondonópolis no estado de Mato Grosso por meio da avaliação dos parâmetros físicos e químicos tais como pH, oxigênio dissolvido, turbidez, condutividade elétrica, temperatura e as concentrações dos ânions fluoreto, cloreto, nitrato, nitrito, brometo, fosfato, sulfato e comparar os resultados com os valores permitidos da Resolução CONAMA 357/2005. A cromatagrofia iônica foi a técnica utilizada para as análises dos íons. Na avaliação dos parâmetros apenas a turbidez apresentou diferença temporal significativa, acima do valor máximo permitido pelo CONAMA 357/2005. A condutividade elétrica e a temperatura, na avaliação temporal, apresentaram valores maiores no período da chuva, no entanto, abaixo dos valores estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005, o oxigênio dissolvido apresentou concentrações abaixo do limite estabelecido pela resolução no mesmo período. Quanto aos valores de concentrações obtidos para os ânions, no ponto a jusante foram maiores em relação a montante, entretanto, os mesmos se encontram abaixo dos permitidos pela resolução, o que pode ser devido a proximidade do Rio Vermelho com a cidade de Rondonópolis-MT, sendo as atividades antrópicas e o acelerado processo de urbanização os fatores que mais contribuem para este resultado.

Palavras chaves: Rio Vermelho, Rondonópolis, cromatografia, ânions.

ABSTRACT

The present work aimed to analyze, in a spatial and temporal way, the water quality of the Red River at an upstream and downstream point of the city of Rondonópolis in the state of Mato Grosso through the evaluation of physical and chemical parameters such as pH, dissolved oxygen, turbidity, electrical conductivity, temperature and concentrations of fluoride, chloride, nitrate, nitrite, bromide, phosphate, sulfate anions and compare the results with the permitted values of CONAMA Resolution 357/2005. Ionic chromatography was the technique used for the analysis of ions. In the evaluation of the parameters, only the turbidity presented a significant temporal difference, above the maximum value allowed by CONAMA 357/2005. The electrical conductivity and temperature, in the temporal evaluation, presented higher values in the rainy period, however, below the values established by CONAMA Resolution 357/2005, dissolved oxygen presented concentrations below the limit established by the resolution in the same period. As for the concentration values obtained for the anions, at the downstream point they were higher in relation to the upstream, however, they are below those allowed by the resolution, which may be due to the proximity of Red River to the city of Rondonópolis-MT, with human activities and the accelerated urbanization process being the factors that most contribute to this result.

Keywords: Red River, Rondonópolis, chromatography, anions.

LISTA DE ABREVIAÇÕES

CBHs - Comitês de Bacias Hidrográficas

Cehidro - Conselho Estadual de Recursos Hídricos

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

CI - Cromatografia Iônica

Cl^- - Cloreto

CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente

DRP - Desvio Padrão Relativo

F^- - Fluoreto

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IC - Íon Cromatography

ICP- OES - Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry

IQA - Índice de Qualidade das Águas

LD - Limite de Detecção

LDI - Limite de Detecção Instrumental

LQ - Limite de Quantificação

LQI - Limite de Quantificação Instrumental

NO_2^- - Nitrito

NO_3^- - Nitrato

OD - Oxigênio Dissolvido

pH - Potencial Hidrogeniônico

PO_4^{3-} - Fosfato

S - Latitude

SEDEC - Secretaria de Estado de Desenvolvimento Econômico

SEMA – Secretaria de Estado de Meio Ambiente

SO_4^{2-} - Sulfato

UFRRJ - Universidade Federal Rural do Rio de Janneiro

W – Longitude

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Detalhe da área de estudo na qual RV-1 é o ponto a montante e RV-2 o ponto a jusante. 29
Figura 2. Cromatógrafo iônico 930 Compact IC Flex com amostrador automático 863 Compact Autosampler da Metrohm. 31
Figura 3. Cromatograma de uma solução mista de padrão de concentração 1,00 mg L^{-1}. 33
Figura 4. Curva analítica para avaliação da linearidade instrumental dos padrões no intervalo de 0,02 a 1,50 mg L^{-1}. 34
Figura 5. Gráfico box-plot da distribuição espacial em (a) e temporal em (b) de pH. 36
Figura 6. Gráfico box-plot da distribuição espacial em (a) e temporal em (b) de OD. 37
Figura 7. Gráfico box-plot da distribuição espacial em (a) e temporal em (b) de temperatura. 38
Figura 8. Gráfico box-plot da distribuição espacial em (a) e temporal em (b) de condutividade elétrica. 39
Figura 9. Gráfico box-plot da distribuição espacial em (a) e temporal em (b) de turbidez. 40
Figura 10. Gráfico box-plot da distribuição espacial em (a) e temporal em (b) de fluoreto. 41
Figura 11. Gráfico box-plot da distribuição espacial (a) e temporal (b) de cloreto. ... 41
Figura 12. Gráfico box-plot da distribuição espacial em (a) e temporal em (b) de nitrito. 42
Figura 13. Gráfico box-plot da distribuição espacial em (a) e temporal em (b) de nitrato. 43
Figura 14. Gráfico box-plot da distribuição espacial em (a) temporal em (b) de fosfato. 44
Figura 15. Gráfico box-plot da distribuição espacial em (a) e temporal em (b) de sulfato. 44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Pontos amostrais e coordenadas geográficas 28
Tabela 2. Parâmetros cromatográficos do método de análise. 31
Tabela 3. Equaçao da reta para a curva analítica e r^2 da curva para todos os ânions analisados. 34
Tabela 4. Desvio padrão relativo (DPR) dos íons nos três níveis de concentração. . 35
Tabela 5. Limite de detecção e quantificação instrumental para os ânions. 35
Tabela 6. Propriedades físicas e químicas das amostras de água coletadas no Rio Vermelho nos pontos RV-1 e RV-2. 36

SUMÁRIO

RESUMO v

ABSTRACT vi

LISTA DE ABREVIAÇÕES vii

LISTA DE FIGURAS viii

1 INTRODUÇÃO 11

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 13

2.1 Rondonópolis-MT e o Rio Vermelho 13
2.2 Água e fatores que afetam sua qualidade 14
2.2.1 Urbanização 15
2.2.2 Agropecuária e Agricultura 15
2.3 Poluição 16
2.4 Políticas e Ações para Conservação e Monitoramento de Água no Brasil 17
2.5 Parâmetros da Qualidade da Água 18
2.5.1 Potencial Hidrogeniônico (pH) 19
2.5.2 Oxigênio Dissolvido (OD) 19
2.5.3 Turbidez 20
2.5.4 Condutividade Elétrica 20
2.5.5 Temperatura 20
2.5.6 Fluoreto 21
2.5.7 Cloreto 21
2.5.8 Nitrito 21
2.5.9 Brometo 22
2.5.10 Nitrato 22
2.5.11 Fosfato 22
2.5.12 Sulfato 23
2.6 Cromatografia Iônica 23
2.7 Validação de Métodos Analíticos 24
2.7.1 Lineraridade 24
2.7.2 Precisão 25
2.7.3 Limite de detecção 25
2.7.4 Limite de quantificação 26

3 OBJETIVO 27

3.1 Objetivo geral 27
3.2 Objetivos específicos 27

4 MATERIAL E MÉTODOS 28

4.1 Área de Estudo 28
4.2 Pontos de Amostragem 28
4.3 Coleta 29
4.4 Limpeza das vidrarias e frascos 30
4.5 Padrões e reagentes empregados na Cromatografia Iônica 30
4.6 Equipamento e condições cromatográficas 30
4.7 Curva de Calibração 32
4.8 Parâmetros instrumentais 32
4.9 Análise de Dados 32

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO 33

5.1 Avaliação dos parâmetros instrumentais 33
5.2 Determinação das propriedades físicas e químicas 35
5.2.1 pH 36
5.2.2 Oxigênio Dissolvido 37
5.2.3 Temperatura 38
5.2.4 Condutividade Elétrica 39
5.2.5 Turbidez 39
5.2.7 Fluoreto 40
5.2.6 Cloreto 41
5.2.8 Nitrito 42
5.2.9 Brometo 42
5.2.10 Nitrato 43
5.2.11 Fosfato 43
5.2.12 Sulfato 44

6 CONCLUSÃO 45

1 INTRODUÇÃO

Os rios, lagos e represas são as principais fontes de um dos recursos naturais esseciais para vida, a água. Os rios são uns dos recursos hídricos mais importantes, sendo fundamentais para a manutenção da vida, por meio do abastecimento humano, dessedentação animal, irrigação, atividades industriais, processos e fornecimento de energia elétrica, entre outros (OLIVEIRA, 2016; PAN *et al*., 2022). O ser humano apresenta dependência deste recurso em quantidade e qualidade. Dessa forma, é imprescindível garantir a qualidade da água dos rios, e o que indica essa qualidade é a finalidade de seu uso, e a atividade humana pode interferir e restringir sua utilização (PINHEIRO *et al*., 2013).

A qualidade da água superficial está relacionada a alguns fatores, dentre eles, crescimento populacional, mau uso do solo, fatores como poluição doméstica e industrial, descarga de esgoto e condições climáticas que podem contribuir com a degradação dos corpos d´água e causar impactos no ciclo hidrológico (LIMA *et al*., 2015; JAIN *et al*., 2021; GIRARDI *et al*., 2019; PINHEIRO *et al*., 2013).

As atividades agrícolas também comprometem a qualidade da água, uma vez que os principais poluentes compostos por pesticidas e nutrientes desembocam nos rios provocando a eutrofização dos corpos d'água (RAMÍREZ-MORALES *et al*., 2021).

O desenvolvimento urbano, quando não tem um planejamento ambiental, contribui na deterioração da qualidade da água como o aumento do consumo, ocupação das áreas de inundação natural e aumento da carga de resíduos sólidos. A descarga de esgotos e efluentes diretamente nos rios é uma prática comum, pois, o esperado é que a matéria orgânica se dilua na água juntamente com o oxigênio dissolvido presente e facilite o processo de decomposição. Entretanto, as águas superficiais têm volumes limitados e se o lançamento for desenfreado e desordenado não haverá a diluição e a matéria orgânica se encontrará em maior quantidade. (OLIVEIRA, 2016).

O uso, ocupação e manejo inadequados do solo implicam em problemas de erosão e assoreamento gerando prejuízos sobre os recursos hídricos, assim como perdas significativas de solo, matéria orgânica, nutrientes, biodiversidade e a água (SOUZA, LOVERDE-OLIVEIRA e ALVES, 2018). A combinação entre clima e fatores geológicos e a geologia local prejudicam na qualidade e quantidade da água

superficial, pois, bactérias, esporos, sedimentos, cinzas, matéria sólida em geral são conduzidos através de precipitações (DIAS e MATOS, 2017).

Visto que são inúmeros os fatores que podem prejudicar a qualidade da água dos rios, realizar o monitoramento avaliando as concentrações de ânions e dos principais parâmetros físicos e químicos indicadores de poluição tais como pH, oxigênio dissolvido, turbidez, condutividade elétrica e temperatura desses rios torna-se de extrema importância pois, permite avaliar as alterações que ocorrem nos recursos hídricos superficiais ocasionados por urbanização, fatores de deterioração ao longo do tempo e espaço (REBOUÇAS *et al.*, 2006).

Portanto, o presente trabalho tem como objetivo monitorar, por um período de 21 meses, a qualidade da água do Rio Vermelho e comparar os resultados obtidos com os valores máximos permitidos para as águas superficiais estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005, visto que, a urbanização pode ser um dos principais fatores que prejudicam a qualidade da água deste rio. Este monitoramento foi realizado por meio da avaliação de parâmetros físicos e químicos durante o período de estudo em dois pontos sendo um a montante e outro a jusante da cidade de Rondonópolis.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Rondonópolis-MT e o Rio Vermelho

A cidade de Rondonópolis, no Mato Grosso, foi originada às margens do Rio Vermelho, no fim do século XIX. O rio, além de oferecer suprimentos básicos, era a única forma de acesso à cidade. À medida que o desenvolvimento e a expansão urbana foram acontecendo, o vínculo da cidade com o rio foi se perdendo, “dando as costas” para o mesmo. A cidade de Rondonópolis se caracteriza por apresentar um acelerado crescimento urbano de seu espaço e de sua população. O processo de crescimento acelerado da cidade está vinculado aos vários períodos econômicos pelos quais passou o município, através, principalmente, da expansão da fronteira agrícola, baseada na pecuária extensiva e na monocultura da soja (MEDEIROS, 2017).

O Rio Vermelho é afluente do Rio Cuiabá e um dos principais afluentes do Pantanal Matogrossense, pertencendo a bacia hidrográfica do Rio Paraguai. A zona urbana é banhada pelo Rio Vermelho e pelo córrego Arareau que é um dos principais afluentes do Rio Vermelho (MEDEIROS, 2017). Sendo um rio de quinta ordem com extensão de 122,5 km (SOUZA e SIQUEIRA, 2016). O Rio Vermelho nasce do encontro do Rio Paraíso e Rio Poxoréo, e deságua no Rio São Lourenço. Está localizado em dois municípios sendo: Poxoréo-MT (15º50’14” S 54º50’21” W) estando a uma altitude de 360 metros e Rondonópolis-MT (16º28’15” S e 54º38’08” W) a uma altitude de 227 metros. A sub-bacia do Rio Vermelho situa-se em região de Cerrado, e possui clima tropical úmido. Sua coloração avermelhada é devido ao tipo de solo, rico em ferro (MEDEIROS, 2017; SOUZA e LOVERDE-OLIVEIRA, 2014). A vegetação predominante são os aguapés e os capões de mato que envolvem baías (IBGE, 2017). Classificado segundo a Resolução do CONAMA 357/2005, como rio de classe 2, pode ser destinado ao abastecimento humano após tratamento, irrigação, proteção das comunidades aquáticas e aquicultura e à atividade de pesca.

No estudo de SOUZA e LOVERDE-OLIVEIRA (2014), sobre a qualidade da água do Rio Vermelho no período de cheia no ano de 2014, os autores observaram que quando há a ocorrência de chuvas fortes há também elevação nos valores de

turbidez, cor, coliformes fecais, dentre outros parâmetros, quando comparados com os valores da Resolução CONAMA 357/2005. O Índice de Qualidade de Água (IQA) foi realizado e apontou uma classificação para a água do Rio Vermelho como RUIM, indicando exploração do solo e lançamento de esgotos domésticos como fontes principais de poluição e que a região urbana do município de Rondonópolis próxima ao rio pode ser a fonte de contaminação das águas do Rio Vermelho.

Segundo os dados obtidos pelo relatório de monitoramento de qualidade de água do Mato Grosso (SEMA, 2021) o Rio Vermelho ao longo do período de estudo entre 2015 e 2017 apresentou valores altos de sólidos totais, nitrogênio total, fósforo total, coliformes totais e E. coli dentro do perímetro urbano. Durante este período essa estação foi classificada no IQA como RUIM demonstrando a influência do processo de urbanização sobre a qualidade de água do Rio Vermelho. Já no período de 2018-2019 houve uma melhora no IQA passando para uma classificação REGULAR, ou seja, esses resultados apontaram para uma melhora nos padrões de qualidade de água.

2.2 Água e fatores que afetam sua qualidade

A água é um recurso natural, essencial e abundante, cobrindo cerca de 70% da superfície do nosso planeta. No entanto, mesmo que encontrada em grande quantidade, apenas 3% desse recurso é de água doce, e além disso, não se apresenta distribuída de maneira uniforme. Pode ser encontrada em rios, lagos, reservatórios, águas subterrâneas, açudes e represas. (GOMES, 2011)

De acordo com TUCCI, HESPANHOL e NETTO (2001), no Brasil os recursos hídricos superficiais representam 50% da quantidade total da América do Sul, e em escala mundial representam 11%. A irrigação agrícola, o abastecimento de água potável (urbano e rural), o transporte e diluição de esgotos e a geração de energia hidroelétrica são os principais consumidores dos recursos hídricos. E em relação não só ao Brasil, como também ao mundo, o maior consumo de água é voltado para a agricultura usando cerca de 67% (BICUDO, TUNDISI e SCHEUENSTUHL, 2010; GOMES, 2011).

Existem diversos fatores que podem influenciar na qualidade da água tais como processo de urbanização quando ocorre de forma desordenada e sem planejamento,

o uso territorial e ocupação do solo, produção agropecuária dentre outras (REIS et. al. 2016).

2.2.1 Urbanização

BICUDO, TUNDISI e SCHEUENSTUHL (2010) mencionam a urbanização como um processo que ocorre de forma espontânea, mediante ao desenvolvimento socioeconômico que resulta na transformação de uma economia rural para uma economia em áreas urbanas. A urbanização tem influência não só, no aumento da velocidade da água e na produção de sedimentos e dos resíduos sólidos que escoam para drenagem, como também, no aumento de áreas impermeáveis e a canalização, trazendo consequencias de cheias e precipitações.

Na cidade de Rondonópolis, localizada no estado de Mato Grosso, o crescimento acelerado (uso e ocupação urbana) é o maior impasse em relação a preservação dos córregos e rios. Principalmente em zona urbana, pois, não há rede de esgoto eficiente, bem como rede d'água, drenagem e pavimentação (SOUZA e LOVERDE-OLIVEIRA, 2014). Segundo SOUZA (2015), Rondonópolis-MT é uma cidade que devido ao rápido crescimento populacional e o uso e ocupação de áreas sem manejo adequado do solo vem sofrendo grande transformação, como erosão, diminuição da biodiversidade e descaracterização do leito dos rios.

2.2.2 Agropecuária e Agricultura

Conforme o Governo do Estado de Mato Grosso, por meio da Secretaria de Estado de Desenvolvimento Econômico (SEDEC, 2022), Mato Grosso representa atualmente mais de 17% da produção agrícola nacional, e a cada ano o Estado ganha mais destaque, é também líder da produção agropecuária. E a utilização de agrotóxicos compromete a qualidade da água dos rios e lagos. Na região do Pantanal por exemplo, o Rio Paraguai há décadas apresenta contaminação pelo mercúrio e pelo uso de agrotóxicos na agricultura (GOMES, 2011).

A redução da vegetação nativa, incluindo as matas ciliares, para a expansão das atividades da agricultura, urbanização e pastagens, ocasiona uma série de problemas ambientais, dentre elas a extinção da fauna e da vegetação, alterações climáticas locais, trazendo como consequência erosão dos solos, provocando o

assoreamento dos cursos d'água (OLIVEIRA, 2016). Conforme SOUZA e LOVERDE-OLIVEIRA (2014), na região sudeste de Mato Grosso a ocupação do solo para a agropecuária reduziu a cobertura vegetal das matas nativas do cerrado, tais como as áreas de nascentes e matas ciliares, e o processo de modernização da agricultura inclui, de uma maneira preocupante, o uso de agrotóxicos nas lavouras que atingem diretamente os recursos hídricos.

2.3 Poluição

O artigo 3° da Lei 6.938, de 1981, define a poluição como sendo:

> A degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente:
> a) prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população;
> b) criem condições adversas às atividades sociais e econômicas;
> c) afetem desfavoravelmente a biota;
> d) afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente;
> e) lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos;

A água e a saúde humana se relacionam, pois, a água pode servir como veículo de agentes microbianos, principalmente devido a contaminação fecal, ou infecções como leptospirose, serve também como veículo de agentes tóxicos naturais ou de contaminantes químicos, reservatório de vetores de doença (mosquitos, caramujos) e podem causar impactos físicos diretos ou indiretos, por exemplo, inundações em áreas povoadas, danos à infra-estrutura de saúde, dentre outros (BICUDO *et al*., 2010).

TUCCI, HESPANHOL e NETTO (2001), discorrem sobre as principais cargas de poluição às águas interiores, e as dividem em pontuais ou difusas, onde as cargas de poluição pontuais são originárias de efluentes industriais e esgotos, já as difusas são originárias de escoamento urbano e rural. As cargas podem ser orgânicas, proveniente de restos e dejetos humanos e de animais e na matéria orgânica vegetal, ou podem ser inorgânicas, derivadas do uso de pesticidas, efluentes industriais e lavagem pelo escoamento de superfícies contaminadas.

2.4 Políticas e Ações para Conservação e Monitoramento de Água no Brasil

No Brasil existem leis e normas para proteção de recursos naturais. Nesse sentido, quanto a Lei 6.938 (BRASIL,1981) o artigo 2° ressalta que:

> A Política Nacional do Meio Ambiente tem por objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no País, condições ao desenvolvimento sócioeconômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana, atendidos os seguintes princípios:
>
> I- ação governamental na manutenção do equilíbrio ecológico, considerando o meio ambiente como um patrimônio público a ser necessariamente assegurado e protegido, tendo em vista o uso coletivo;
> II- racionalização do uso do solo, do subsolo, da água e do ar;
> III- planejamento e fiscalização do uso dos recursos ambientais;
> IV- proteção dos ecossistemas, com a preservação de áreas representativas;
> V- controle e zoneamento das atividades potencial ou efetivamente poluidoras;
> VI- incentivos ao estudo e à pesquisa de tecnologias orientadas para o uso racional e a proteção dos recursos ambientais;
> VII- acompanhamento do estado da qualidade ambiental;
> VIII- proteção de áreas ameaçadas de degradação;
> IX- educação ambiental a todos os níveis do ensino, inclusive a educação da comunidade, objetivando capacitá-la para participação ativa na defesa do meio ambiente.

Criada pela lei 6.938/81 o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), é o órgão consultivo e deliberativo do Sistema Nacional do Meio Ambiente, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente. O órgão estuda, assessora e propõe políticas governamentais para exploração e preservação do meio ambiente e os recursos naturais.

A Resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005, é a que classifica os corpos de água, estabelecendo condições e padrões de lançamento de efluentes. Ao que se refere aos lançamentos de efluentes, o artigo 24° da resolução ressalta:

> Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nos corpos de água, após o devido tratamento e desde que obedeçam às condições, padrões e exigências dispostos nesta Resolução e em outras normas aplicáveis.

O órgão ambiental pode exigir a melhor tecnologia disponível para o tratamento dos efluentes e acrescentar outras condições e padrões.

O Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos é constituído por um conjunto de mecanismos jurídico-administrativos, composto por leis e instituições, pelo CONAMA, Agência Nacional de Águas, Conselhos de Recursos Hídricos dos Estados e do Distrito Federal, pelos Comitês de Bacia Hidrográfica, pelos órgãos dos poderes públicos federais, estaduais, do Distrito Federal e municipais e pelas Agências de Água. O Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos é constituído também por um conjunto de instrumentos e ferramentas de gestão que tem por finalidade possibilitar a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos, são elas: Planos de Recursos Hídricos, Enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água, Sistema de Informações sobre os Recursos Hídricos, Outorga dos direitos de uso de recursos hídricos e Cobrança pelo uso de recursos hídricos (BURITI e BARBOSA, 2014).

No estado de Mato Grosso, a Secretaria de Estado e Meio Ambiente, em parceria com outros órgãos públicos federais, estaduais e municipais e o terceiro setor, vem desenvolvendo políticas públicas voltadas à conservação da água. Entre as ações estão o fomento e apoio aos Comitês de Bacias Hidrográficas (CBHs), atuando na regionalização da gestão de água; implementação do instrumento de outorga na área do licenciamento; monitoramento dos rios; confecção de planos de bacias e a criação do Conselho Estadual de Recursos Hídricos (Cehidro).

2.5 Parâmetros da Qualidade da Água

De acordo com a legislação, a definição da qualidade da água faz referência ao tipo de uso ao qual se destina, e estipula os padrões de qualidade na Resolução do CONAMA 357/2005. Os parâmetros são definidos em limites aceitáveis das substâncias presentes no corpo hídrico (PIRATOBA *et al*., 2017). No caso específico do Rio Vermelho, para avaliar a qualidade da água, as análises físicas e químicas, normatizadas pela Resolução CONAMA 357/2005, são fundamentais.

Dentre os parâmetros utilizados para a caracterização física e química estão o pH, turbidez, oxigênio dissolvido, temperatura, condutividade elétrica e a concentração dos ânions fluoreto, cloreto, nitrito, brometo, nitrato, fosfato e sulfato. Esses parâmetros são utilizados para caracterizar a qualidade da água onde são avaliados matéria orgânica, força iônica, gases dissolvidos, nutrientes, sólidos em suspensão, dentre outros. Embora a condutividade elétrica não conste na Resolução

CONAMA 357/2005, é um parâmetro importante que auxilia na compreensão dos resultados pois, é considerado um indicativo indireto de poluição (NOGUEIRA, COSTA e PEREIRA, 2015).

2.5.1 Potencial Hidrogeniônico (pH)

O potencial hidrogeniônico, representa a quantidade de H_3O^+ presente na água, ou seja, a concentração do íon hidrônio. Suas fontes naturais são: dissolução de gases, absorção de gases da atmosfera (CO_2, SO_3, por exemplo), oxidação da matéria orgânica e fotossíntese. Despejos domésticos e industriais são as fontes antropogênicas desse parâmetro.

A variação da concentração de H_3O^+, depende das relações entre matéria orgânica, seres vivos, rocha, ar e água. E a acidez da água pode estar associada também com a decomposição da matéria orgânica presente no curso d'água e proliferação de algas. Por outro lado, baixos valores podem indicar a presença de efluentes industriais (SOUZA e LOVERDE-OLIVEIRA, 2014; VON SPERLING, 1996).

2.5.2 Oxigênio Dissolvido (OD)

O OD é um indicador primário da qualidade da água, é o principal parâmetro de caracterização dos efeitos da poluição das águas por despejos orgânicos, sua concentração é determinada em $mg.L^{-1}$ e é resultante de diversos processos e suas interações. Possui grande influência nos ecossistemas aquáticos e para os organismos que vivem na presença de oxigênio, ou seja, aeróbios. Nos seus processos respiratórios as bactérias fazem uso do oxigênio para a decomposição da matéria orgânica, assim há uma redução da concentração no meio. Quando seus valores se mostram abaixo do permitido, a utilização da água para abastecimento doméstico, por exemplo, pode ser restringida bem como a saúde do ecossistema aquático, gerando consequencias como a morte de diversos seres aquáticos e até a geração de maus odores (condições anaeróbicas) (JANZEN, SCHULZ e LAMON, 2008; VON SPERLING, 1996).

As fontes podem ser de origem natural, sendo elas por meio da dissolução do oxigênio atmosférico e produção pelos organismos fotossintéticos, introdução de aeração artificial e produção pelos organismos fotossintéticos em corpos d'água eutrofizados como as origens antropogênicas, conforme descrito por VON SPERLING (1996).

2.5.3 Turbidez

A turbidez e os sólidos suspensos apresentam significados semelhantes em termos de qualidade de água. Referem-se à concentração de partículas suspensas presentes na massa líquida e sua unidade é Unidade Nefelométrica de Turbidez (UNT). A turbidez indica a dificuldade de um feixe de luz passar através da água que é proporcional a presença de partículas em suspensão (LIBÂNIO, 2010). Já os sólidos representam todas as impurezas presente na coluna d'água com exceção dos gases dissolvidos. Concentrações elevadas de sólidos em suspensão reduzem a passagem de luminosidade, afetam organismos bentônicos e desequilibram as cadeias tróficas (TAVARES, 2005).

A turbidez é um dos principais fatores físicos da água que são afetados pelo excesso de sedimentos e tal fato pode influenciar o consumo de gases como o o oxigênio dissolvido e o gás carbônico (MALHEIROS *et al*., 2012).

2.5.4 Condutividade Elétrica

A condutividade elétrica é a capacidade que a água apresenta de conduzir corrente elétrica, esse parâmetro também está relacionado com a presença de substâncias dissolvidas que se dissociam em ânions e cátions e sua unidade de medida é $\mu S.s^{-1}$. De acordo com LIBÂNIO (2010) e RIBEIRO *et al*. (2022), a condutividade elétrica é um indicador que permite verificar a influência direta e indireta das atividades desenvolvidas nas bacias sobre os recursos hídricos como lançamento de efluentes domésticos e industriais logo, é um parâmetro importante para controlar e determinar o estado e a qualidade da água.

A condutividade elétrica, embora não apresente limite máximo aceitavel pela legislação do Brasil, ainda é um parâmetro indicador tanto de contaminação no meio aquático por efluentes domésticos como por assoreamento acelerado de rios por destruição da mata ciliar (NOGUEIRA, COSTA e PEREIRA 2015).

2.5.5 Temperatura

Mediante um artigo disponibilizado pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), a temperatura exerce maior influência nas atividades biológicas e no crescimento. Sua unidade de medida é graus Celsius (°C). Também governa os

tipos de organismos que podem viver ali: peixes, insetos, zooplâncton, fitoplâncton e outras espécies aquáticas.

A temperatura se relaciona com o oxigênio dissolvido e com o efeito da contaminação. Quando há aumento na temperatura aumenta também a taxa metabólica dos organismos, ocasionando consumo de oxigênio devido aos maiores gastos energéticos. Em consequencia, maior sensibilidade aos efeitos dos poluentes (CETESB, 2022).

As variações de temperatura fazem parte do regime climático normal e os corpos d´água naturais apresentam variações sazonais e diurnas. A temperatura é um parâmetro que pode ser influenciada por diversos fatores como latitude, longitude, estação do ano, período do dia, vazão e pela profundidade. A elevação da temperatura de um corpo d´água pode ser provocado por despejos industriais e usinas termoelétricas (CETESB, 2022).

2.5.6 Fluoreto

O íon fluoreto (F^-) é um constituinte normal da água, a concentração é dependente da quantidade de precipitações recebidas na região que causam a lixiviação de depósitos naturais. Na água forma complexos com alumínio e seu transporte e transformação são influenciados pelo pH, dureza e presença de materiais de troca iônica como argila. É proveniente de queima de carvão, produção de fertilizantes a partir de rochas fosfáticas e processos industriais (CETESB, 2022). Sua concentração é dada em $mg.L^{-1}$.

2.5.7 Cloreto

O íon cloreto (Cl^-) é um dos principais ânions inorgânicos presentes em águas naturais e residuais. A presença do cloreto em corpos d´água nos fornece informações sobre a mineralização ou indícios de poluição como esgotos domésticos, efluentes industriais, uso de fertilizantes inorgânicos, lixiviação de aterro sanitário, dentre outros (ZÜGE e BARATTO VENDRAME, 2020; CORTEZ A. V., 2018). Sua concentração é dada em $mg.L^{-1}$.

2.5.8 Nitrito

O nitrito (NO_2^-) é um estado de oxidação intermediário do nitrogênio, pela oxidação da amônia e redução do nitrato, essa forma intermediária é devido à sua instabilidade na presença de oxigênio. Esses processos de oxirredução podem acontecer em sistema de distribuição de águas em águas naturais, e em estação de tratamento também. É um parâmetro importante na verificação da qualidade da água, sua presença pode indicar a ocorrência de processos biológicos ativos influenciados por poluição orgânica (FONSECA, 2017; GADELHA *et al*., 2005) e sua concentração é dada em $mg.L^{-1}$. Esse íon pode ser encontrado na água como resultado do processo de decomposição biológica, por meio da ação de bactérias ou outros microrganismos sobre o nitrogênio amoniacal, pode também ser advindo de ativos inibidores de corrosão em instalações industriais (GADELHA *et al*., 2005).

2.5.9 Brometo

Geralmente, na natureza o brometo (Br^-) pode ser encontrado junto ao cloreto tendo em vista que suas propriedades se assemelham, entretanto se apresenta em menor quantidade. Sua concentração é dada em $mg.L^{-1}$. Sua ocorrência pode ser devido a lançamento de esgostos industriais nos mananciais (DOVIDAUSKAS *et al*., 2017).

2.5.10 Nitrato

O nitrato (NO_3^-) é um parâmetro indicador de depósitos naturais ou de poluição remota ou mais antiga, por ser um produto de substâncias nitrogenadas que são decorrentes da oxidação da amônia a nitrato tendo como estágio intermediário o nitrito (ABREU e CUNHA, 2017). Sua concentração é dada em $mg.L^{-1}$.

Excesso de nitrato em águas superficiais leva à eutrofização dos mananciais, ou seja, enriquecimento da água em nutrientes, e favorece a proliferação exagerada de algas e plantas aquáticas. Além disso, redução da penetração de luz na água, redução da disponibilidade de oxigênio e consequentemente a morte de peixes e organismos. A elevação dos teores pode indicar a presença de moléculas sintéticas de defensivos agrícolas (RESENDE, 2002).

2.5.11 Fosfato

O fosfato (PO_4^{3-}) é o principal constituinte do fósforo para uso em fertilizantes junto com o nitrogênio e o potássio, utilizado também para o crescimento das plantas bem como na indústria de detergentes e inseticidas. O fosfato pode ser o principal responsável pelo processo de eutrofização, devido ao acentuado crescimento de algas proveniente do excesso de nutrientes, o que pode ocasionar a diminuição do oxigênio dissolvido na água (BARP, 2019). Sua concentração é dada em $mg.L^{-1}$.

2.5.12 Sulfato

O sulfato (SO_4^{2-}) é um dos íons mais abundantes na natureza, nas águas superficiais surge por meio das descargas de esgotos domésticos e efluentes industriais. As concentrações de sulfato em águas naturais podem exceder em áreas próximas a descargas industriais ou em regiões áridas onde sulfatos minerais, como o gesso, estão presentes (RIEHL *et al*., 2013). Sua concentração é dada em $mg.L^{-1}$.

2.6 Cromatografia Iônica

Dentre as diferentes formas de determinar o analito, qualitativamente e quantitativamente, está inserida a cromatografia.

A Cromatografia de Íons (CI) ou do inglês, Ion Chromatography (IC), é utilizada para determinar espécies químicas eletricamente carregadas, podendo ser cátions, ânions, íons de metais alcalinos, amônio, magnésio, cálcio, estrôncio e outros metais. O método permite separar e medir baixas concentrações de até 8 ou 10 ânions diferentes em uma única corrida cromatográfica (FRITZ, 87; EITH et al., 2007).

A cromatografia iônica é baseada em equilíbrios de troca entre íons de uma solução, transportados pela fase móvel (eluente), e de uma substância sólida contendo grupos funcionais, muito insolúvel e de alto peso molecular (fase estacionária). Os íons ficam retidos como resultados das forças eletrostáticas. Na cromatografia para análise de cátions o mais comum a se utilizar é coluna que apresenta os grupos de ácido sulfônico, desse modo, os íons de carga positiva são transportados pela fase móvel através da coluna e interagem com os grupos de ácido sulfônico presentes na coluna de separação. De semelhante modo ocorre na cromatografia para análise de ânions, os íons de carga negativa transportados pela fase móvel interagem com os grupos funcionais presentes na fase estacionária (coluna), usualmente grupos de amônio quaternário (EITH et al., 2007).

Muitas substâncias naturais e artificiais apresentam propriedades trocadoras de íons. Trocadores de íons normalmente consistem de substâncias no estado sólido na superfície das quais são fixados grupos iônicos trocadores. Por causa da condição de eletroneutralidade, há sempre um contra-íon de carga oposta nas proximidades do grupo funcional. O contra-íon geralmente se origina da fase móvel e é, portanto, também conhecido como íon do eluente (EITH et al., 2007).

Algumas vantagens de se utilizar a técnica são pelas separações quantitativas, determinação de analitos em baixas concentrações, sensibilidade, seletividade, tempo de análise curto, pequenos volumes de amostra e por ter uma técnica experimental simples. Na indústria farmacêutica é utilizada na purificação de penicilina e outros antibióticos, retirada de arsênio do suco de maçã etc. Em produtos orgânicos para eliminação de impurezas comuns em álcoois, aldeídos, açúcares e ácidos orgânicos e outras aplicações como aplicações médicas, sistemas coloidais etc (ABRÃO, 2014).

2.7 Validação de Métodos Analíticos

A validação analítica é uma avaliação sistemática que tem como objetivo de confirmar que os métodos são apropriados para o uso pretendido, ou seja, garantir a confiabilidade dos resultados obtidos. A validação do método seguiu as recomendações da ANVISA (2017) e do INMETRO pelo DOQ-CGCRE-008 (2020).

Os parâmetros avaliados para determinação dos ânions em água superficial foram linearidade, precisão, limite de detecção e limite de quantificação.

2.7.1 Lineraridade

A lineraridade mede o quanto um gráfico da curva de calibração segue uma linha reta, ou seja, consiste em fornecer proporcionalidade entre a resposta instrumental e a concentração do analito em um determinado intervalo. Um dos critérios para testar a linearidade é que a interseção com o eixo y da curva de calibração (após subtrair a resposta do branco para cada padrão) deve estar próxima de 0. (HARRIS, 2008), assim como, a linearidade pode ser avaliada pelo método visual e/ou pela avaliação do coeficiente de correlação. Um coeficiente de correlação maior que 0,99 é frequentemente usado como evidência de linearidade (DOQ-CGCRE-008, 2018).

2.7.2 Precisão

A precisão é a avaliação da proximidade dos resultados obtidos em uma série de medidas realizadas em condições determinadas. A precisão pode ser obtida nos níveis de repetibilidade - mesmas condições e um curto intervalo de tempo, precisão intermediária - diferentes dias ou diferentes analistas, por exemplo e reprodutibilidade - que atesta a precisão em ensaios interlaboratoriais. A precisão deve ser demostrada pela dispersão dos resultados, calculando-se o desvio padrão relativo (DPR) da série de medições conforme a equação (1) (VALDERRAMA, 2009; SOUSA, 2016; HAGE e CARR, 2013).

$$DPR = \frac{s}{x}\, x\, 100 \qquad Eq.(1)$$

Onde**:**
s = desvio padrão
x = concentração média determinada

2.7.3 Limite de detecção

O valor mais alto ou mais baixo de analito que pode ser detectado por um método analítico é descrito utilizando-se um limite de detecção (LD). O limite superior de detecção é a maior quantidade de analito que pode ser medida por um método com confiança, enquanto o limite inferior de dectecção se refere à menor quantidade de analito que pode ser medida com confiança (HAGE e CARR, 2013).

Existem diversos modos de se calcular o limite de detecção tais como, percepção visual, relação sinal/ruído, estimativa a partir da curva analítica, dentre outros. O cálculo do limite de detecção utilizado nesse trabalho se deu por meio dos parâmetros da curva analítica e pela percepção visual ((RIBANI *et al*., 2004; BRASIL, 2017). O cálculo de LD foi realizado segundo a equação 2:

$$LD = \frac{3{,}3\, s}{b} \qquad Eq.(2)$$

Onde:
s = desvio padrão
b = coeficiente angular

2.7.4 Limite de quantificação

O limite de quantificação (LQ) representa a menor concentração do analito na amostra que pode ser quantitativamente determinada com precisão e exatidão aceitáveis. Na prática, corresponde ao padrão de calibração de menor valor (excluindo o branco) (DOQ-CGRE-8-05). Existem diversas formas de calcular o LQ dentre elas, percepção visual, relação sinal/ruído, estimativa a partir da curva analítica, dentre outros. O cálculo do limite de quantificação utilizado nesse trabalho se deu por meio dos parâmetros da curva analítica e pela percepção visual. O cálculo de LQ pode ser estimado pela equação 3:

$$LQ = \frac{10\ s}{b} \qquad Eq.(3)$$

Onde:

s = desvio padrão
b = coeficiente angular

3 OBJETIVO

3.1 Objetivo geral

Avaliar a qualidade da água do Rio Vermelho, em um ponto a montante e a jusante, localizado no município de Rondonópolis, no período de outubro de 2019 a junho de 2021

3.2 Objetivos específicos

- Determinar os parâmetros físicos e químicos da água, tais como pH, OD, turbidez, condutividade elétrica, temperatura e avaliar as variações espaciais e temporais;
- Determinar as concentrações dos ânions F^-, Cl^-, NO_2^-, Br^-, NO_3^-, PO_4^{3-} e SO_4^{2-} por cromatografia iônica;
- Avaliar a linearidade, precisão, LD e LQ do método de cromatografia iônica;
- Comparar os resultados obtidos com os valores permitidos da Resolução CONAMA 357/2005;
- Correlacionar os resultados obtidos com o processo da urbanização.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Área de Estudo

O estudo foi realizado na bacia hidrográfica do Rio Vermelho localizado em Rondonópolis (Latitude S 16° 28´ 17´´ Sul e Longitude W 54° 38´14´´ Oeste) situado a 218 km da capital do Estado de Mato Grosso, possui área de 4.800,914 km^2 e uma população de 195.476 habitantes no último censo de 2010 e uma população estimada de 239.613 habitantes em 2021 (IBGE, 2021).

4.2 Pontos de Amostragem

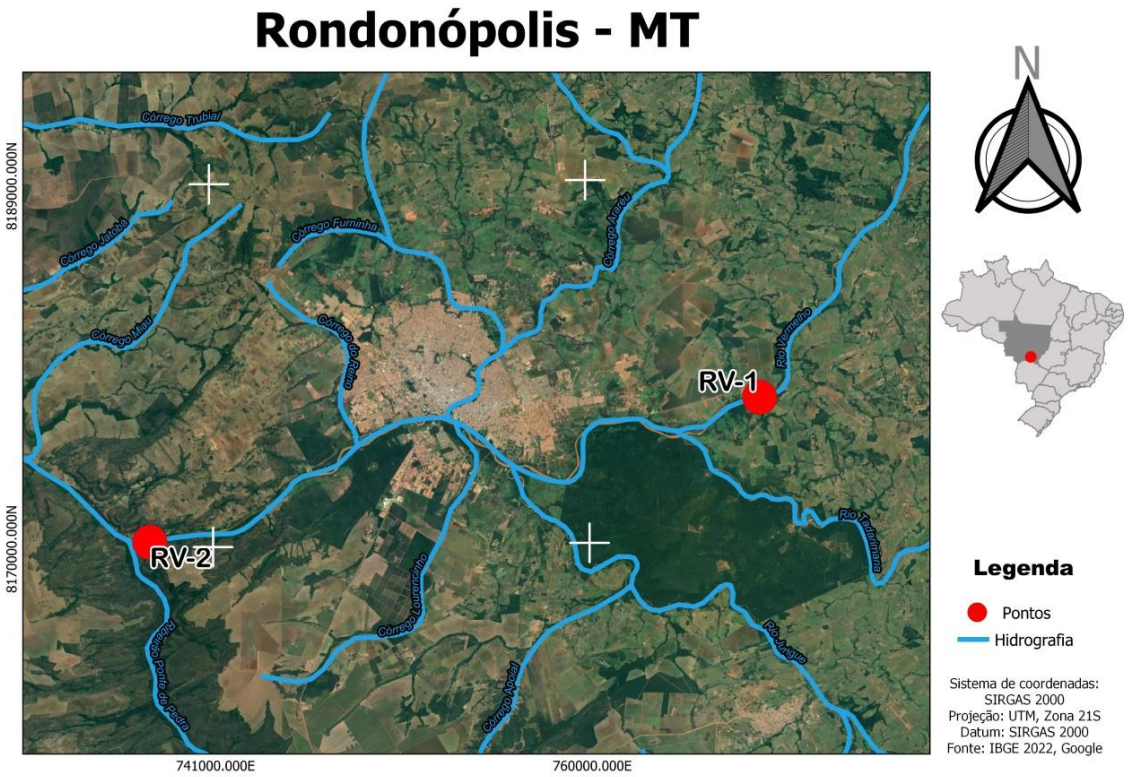
Os dois pontos amostrais do Rio Vermelho são chamados de RV-1 e RV-2 e suas coordenadas geográfica estão dispostas na Tabela 1. Os pontos amostrais estão situados a montante e a jusante da zona urbana da cidade de Rondonópolis. A Figura 1 apresenta o detalhe da área de estudo na qual as coletas foram realizadas na qual, RV-1 (montante) e RV-2 (jusante) são os dois pontos amostrais e entre eles está localizado a área urbana da cidade de Rondonópolis.

Tabela 1. Pontos amostrais e coordenadas geográficas

Ponto	**Coordenadas geográficas**
RV-1	S 16°28'8,05" W 54°29'0,55"
RV-2	S16°32'15,00"W 54°46'18,17"

Fonte: Da Autora

Figura 1. Detalhe da área de estudo na qual RV-1 é o ponto a montante e RV-2 o ponto a jusante.



Fonte: Da Autora

4.3 Coleta

As coletas de água foram realizadas de forma mensal no período de outubro de 2019 a junho de 2021, totalizando 21 campanhas e 42 amostras. As coletas de água foram feitas em garrafas de polietileno com capacidade de 250 mL pela equipe de coleta do projeto *"**Multiscale water quality monitoring in the São Lourenço river basin (Nº 4.042.012)".*** Em campo, foram realizadas medidas das variáveis pH, condutividade elétrica e oxigênio dissolvido utilizando uma sonda multiparamétrica, a turbidez foi medida pelo turbidímetro e a temperatura da água com um termômetro.

Todas as amostras de água foram armazenadas em caixa térmica com gelo até a chegada ao laboratório, cerca de 15 horas após a coleta pois, as amostras eram transportadas via transportadora de Rondonópolis a Cuiabá.

Os procedimentos de amostragem, armazenamento e preservação das amostras seguiram as orientações do guia nacional de coleta e preservação de amostras (CETESB, 2011).

4.4 Limpeza das vidrarias e frascos

Todos os materiais utilizados foram previamente lavados com detergente Extran Alcalino (Merckc) a 2% (v/v) onde permaneceram cerca de 4 horas. Posteriomente, foram enxaguados com água corrente e após esse processo foram lavados com pequenas porções de água destilada, acetona, água ultrapura e água ultrapura aquecida, visando a total eliminação de íons das vidrarias e assim minimizando possíveis erros na análise. Por fim, foram secos a temperatura ambiente (25 $\pm$ 3ºC).

4.5 Padrões e reagentes empregados na Cromatografia Iônica

Para o preparo de padrões estoque foram utilizados padrões analíticos de pureza superior a 98% dos padrões de fluoreto, cloreto, nitrato, nitrito, brometo e sulfato (SpecSol) e de fosfato (Sigma-Aldrich). Foram preparadas uma solução estoque de nitrito de concentração 10 mg L^{-1} e uma solução mista dos demais padrões de concentração de 10 mg L^{-1}.

A solução do eluente foi preparada utilizando o Na_2CO_3 e $NaHCO_3$ de concentrações $3{,}6x10^{-3}$ mol L^{-1} e $1{,}0x10^{-3}$ mol L^{-1}, respectivamente, e acetona UHPLC a 2%. A solução regenerante utilizada foi H_2SO_4 a 100 mmol L^{-1}.

4.6 Equipamento e condições cromatográficas

O equipamento utilizado para análise dos ânions é um cromatógrafo iônico 930 Compact IC Flex equipado com detector de condutividade, com amostrador automático modelo 863 Compact Autosampler da Metrohm, Figura 2.

Figura 2. Cromatógrafo iônico 930 Compact IC Flex com amostrador automático 863 Compact Autosampler da Metrohm.

Fonte: Da Autora

A técnica de cromatografia iônica permitiu determinar a concentração dos íons F^-, Cl^-, Br^-, SO_4^{2-}, PO_4^{-3}, NO_3^- e NO_2^- em amostras de água superficial do Rio Vermelho. O software utilizado é o MAgIC Net na versão 3.1, os parâmetros cromatográficos estão descritos na Tabela 2.

Tabela 2. Parâmetros cromatográficos do método de análise.

Coluna	Metrosep A Supp 5 – 150/4.0
Pré-coluna	Metrosep A Supp 16 guard/ 4.0
Coluna de guarda	Metrosep RP 2 Guard/3,6
Fluxo	0,700 $mL.min^{-1}$
Tempo de Corrida	35 minutos
Condutividade	1,20 $\mu S.cm^{-1}$
Eluente	Na_2CO_3, $NaHCO_3$ e Acetona
Supressor Químico	H_2SO_4
Temperatura	35 °C
Pressão	10 MPa
Integração	Manual
Volume de injeção	100µL

Fonte:Da Autora

4.7 Curva de Calibração

Para a construção da curva de calibração por padronização externa foram preparadas soluções padrão em 7 níveis de concentração, a fim de diminuir o erro no processo. As soluções padrão foram preparadas a partir de uma solução de 10 mg L^{-1} de nitrito, preparado na hora de realizar as análises devido à instabilidade do íon nitrito e uma solução estoque na mesma concentração para os demais íons: brometo, cloreto, fosfato, fluoreto, nitrato e sulfato. Os níveis de concentração escolhidos foram: 0,02; 0,03; 0,05; 0,10; 0,50; 1,00 e 1,50 mg L^{-1}.

4.8 Parâmetros instrumentais

A linearidade instrumental foi avaliada por meio do coeficiente de correlação linear (r^2) entre a resposta instrumental (área do pico cromatográfico) e a concentração dos analitos no intervalo de 0,02 a 1,50 mg L^{-1} assim como, pelo exame visual das curvas analíticas.

A precisão instrumental, expressa em termos de desvio padrão relativo (DPR), foi avaliada por meio de nove injeções sucessivas da solução de todos os padrões analíticos (misto) em três níveis de concentração sendo elas, 0,05; 1,00 e 1,50 mg L^{-1}.

Os limites de detecção e quantificação instrumental (LDI e LQI, respectivamente) foram obtidos a partir dos parâmetros da curva analítica, ou seja, por meio da razão entre o desvio padrão da resposta instrumental e o coeficiente angular da curva analítica no intervalo de 0,01 a 0,15 mg L^{-1}.

4.9 Análise de Dados

Foram calculados a mediana e o desvio padrão de todas as variáveis para os pontos RV-1 e RV-2. Foi realizada uma avaliação espacial (comparando os pontos) e temporal (período de chuva e estiagem) desses parâmetros, para a avaliação temporal os meses de abril a setembro foram considerados como período de estiagem e de outubro a março como período de chuva.

O teste estatístico utilizado é de Mann-Whitney, é indicado para comparação de dois grupos não pareados para se verificar se pertencem ou não à mesma

população e cujos requisitos para aplicação do teste t de Student não foram cumpridos. O teste de Mann-Whitney (U) testa a igualdade das medianas. Os valores de U calculados pelo teste avaliam o grau de entrelaçamento dos dados dos dois grupos após a ordenação. A maior separação dos dados em conjunto indica que as amostras são distintas, rejeitando-se a hipótese de igualdade das medianas.

Esse teste visa verificar a existência de diferenças significativas temporal e espacial das propriedades físicas e químicas analisadas.

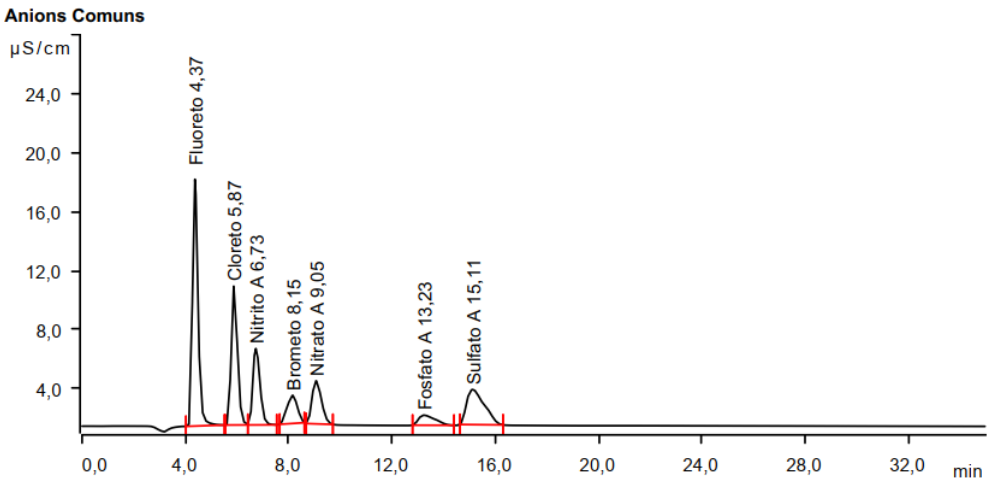
Para visualizar e comparar os resultados desses parâmetros de forma temporal e espacial foram construídos gráficos de distribuição box-plot contendo barras de erro.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Avaliação dos parâmetros instrumentais

As condições cromatográficas utilizadas na quantificação dos íons por cromatografia iônica possibilitaram a eluição dos sete ânions em um período de 16 minutos. A Figura 3 apresenta um cromatograma de uma solução com todos os padrões em uma concentração 1,00 mg L^{-1} onde é possível observar a separação total dos íons e o tempo de retenção que cada um deles apresenta.

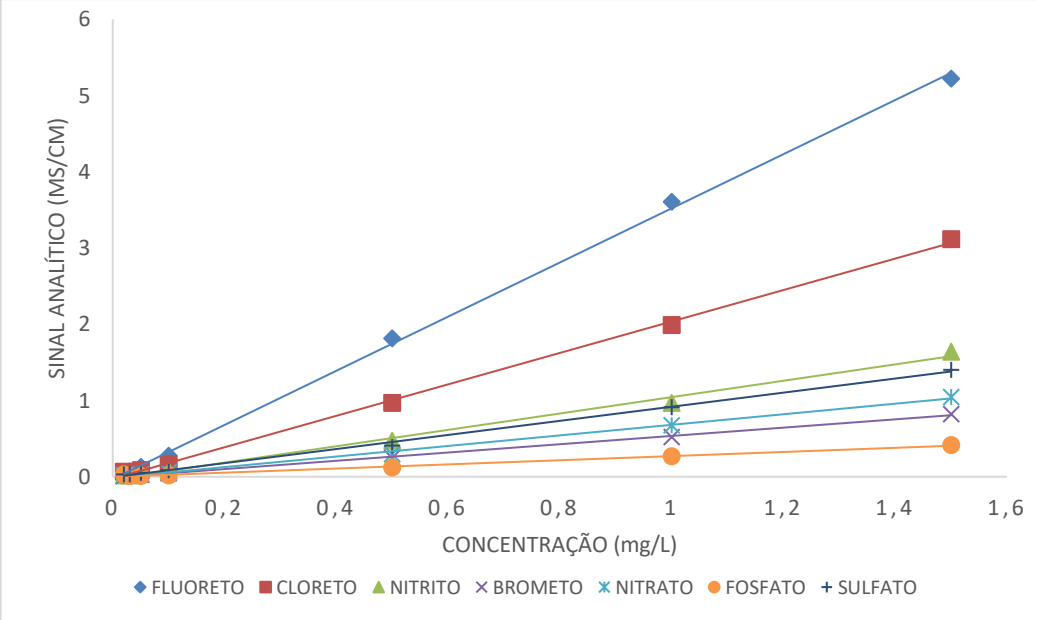
Figura 3. Cromatograma de uma solução mista de padrão de concentração 1,00 mg L^{-1}.



Fonte: Software MagIC Net versão 3.1

O exame visual das curvas analíticas dos padrões (Figura 4) e o valor de r^2 superior a 0,99 indicaram uma elevada correlação linear, na faixa de trabalho de 0,02 a 1,50 mg L^{-1}, entre a concentração dos analitos e a resposta instrumental. A Tabela 3 apresenta a equação da reta para cada um dos ânions assim como o valor de r^2.

Figura 4. Curva analítica para avaliação da linearidade instrumental dos padrões no intervalo de 0,02 a 1,50 mg L^{-1}.



Fonte: Excel

Tabela 3. Equaçao da reta para a curva analítica e r^2 da curva para todos os ânions analisados.

ANALITO	Equação da curva de calibração	r^2
Fluoreto	Y = 3,5511x – 0,0310	0,9992
Cloreto	Y = 2,0618x – 0,0258	0,9990
Nitrito	Y = 1,0735x – 0,0297	0,9952
Brometo	Y = 0,5438x – 0,0086	0,9987
Nitrato	Y = 0,693x – 0,01220	0,9981
Fosfato	Y = 0,2715x – 0,0009	0,9932
Sulfato	Y = 0,9245x – 0,0064	0,9983

Fonte: Da Autora

A precisão foi calculada avaliando-se o desvio padrão relativo (DPR) em três níveis de concentração e os valores calculados demostram boa precisão do método. Os valores de DPR estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Desvio padrão relativo (DPR) dos íons nos três níveis de concentração.

	0,05 mg L^{-1}	1,00 mg L^{-1}	1,50 mg L^{-1}
Fluoreto	2,19 %	1,89 %	1,47 %
Cloreto	3,21 %	1,05 %	2,27 %
Nitrito	1,34 %	1,53 %	1,31 %
Brometo	1,70 %	1,62%	1,90 %
Nitrato	2,84 %	1,18 %	2,26 %
Fosfato	1,88 %	1,99 %	1,52 %
Sulfato	1,96 %	2,39 %	2,46 %

Fonte: Da Autora

Os valores de LDI e LQI calculados pelos parâmetros da curva analítica no intervalo de 0,01 a 0,15 mg L^{-1} estão descritos na Tabela 5.

Tabela 5. Limite de detecção e quantificação instrumental para os ânions.

ANALITO	LDI (mg L^{-1})	LQI (mg L^{-1})
Fluoreto	0,0013	0,0043
Cloreto	0,0076	0,0254
Nitrito	0,0023	0,0077
Brometo	0,0009	0,0031
Nitrato	0,0025	0,0085
Fosfato	0,0064	0,0212
Sulfato	0,0044	0,0147

Fonte: Da Autora

5.2 Determinação das propriedades físicas e químicas

As propriedades fisicas e químicas que avaliam a qualidade da água superficial do Rio Vermelho foram comparadas aos padrões de qualidade de água para o rio de Classe 2, segundo a Resolução CONAMA 357/2005. O brometo, fosfato, temperatura e condutividade elétrica fazem parte das propriedades analisadas, porém não tem limites estabelecidos nesta resolução. Os resultados estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 6. Propriedades físicas e químicas das amostras de água coletadas no Rio Vermelho nos pontos RV-1 e RV-2.

		RV-1	RV-2	VMP
Parâmetros	**Un.**	**Med.**	**Med.**	**CONAMA 357/05**
pH		6,9	6,8	6,0 – 9,0
OD	mg L^{-1}	6,5	6,4	≥ 5,0
Temperatura	°C	30,6	29,4	-
Condutividade	µS s^{-1}	29,9	41,5	-
Turbidez	UNT	101	167	100
Cl^-	mg L^{-1}	0,44	1,22	250
NO_3^-	mg L^{-1}	0,79	1,56	10
F^-	mg L^{-1}	0,035	0,038	1,4
NO_2^-	mg L^{-1}	0,0019	0,0026	1,0
PO_4^{3-}	mg L^{-1}	0,0017	0,0032	-
SO_4^{2-}	mg L^{-1}	0,78	1,94	250
Br^-	mg L^{-1}	-	-	-

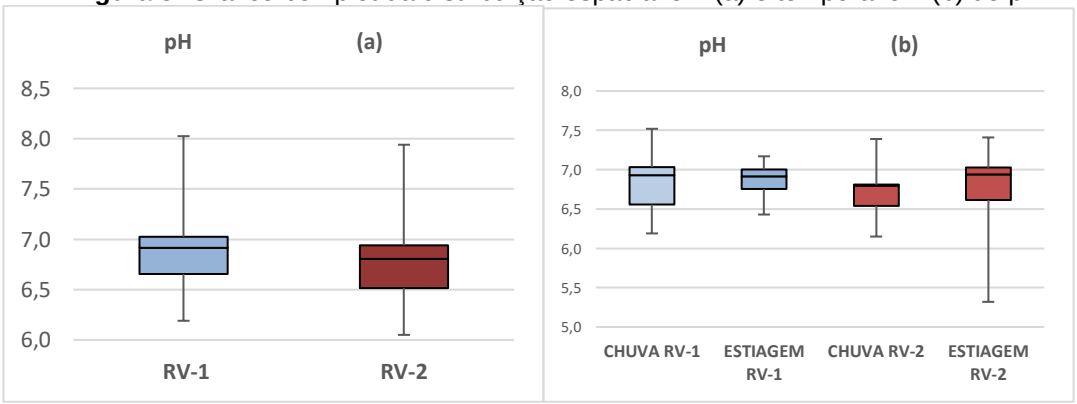
Un. – unidade; Med. – mediana; VMP – valor máximo permitido.

Fonte: VMP - Resolução CONAMA 357/05.

5.2.1 pH

Os valores de pH estão em conformidade com a resolução, apresentaram valores acima de 6,0 para todas as amostras analisadas com exceção de uma amostra no mês de agosto de 2020 no ponto RV-2 que apresentou valor de pH de 5,3. Os resultados obtidos são considerados satisfatórios pois, a maioria das amostras apresentou valores aceitáveis segundo a Resolução CONAMA 357/2005, como pode ser observado na Figura 5.

Figura 5. Gráfico box-plot da distribuição espacial em (a) e temporal em (b) de pH.



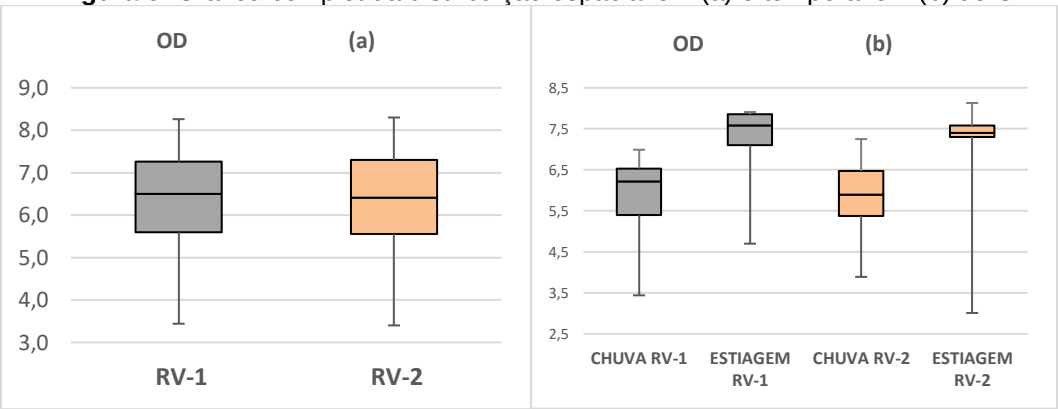
Fonte: Da Autora

A variação de pH depende das relações entre matéria orgânica, seres vivos, rocha, ar e água. Logo, o valor de pH de 5,3 considerado pH ácido, pode estar associada também com a decomposição da matéria orgânica presente no curso d'água (SOUZA e LOVERDE-OLIVEIRA, 2014). O teste de Mann-Whitney mostrou que não houve variação significativa (p>0,05) espacial e nem temporal.

5.2.2 Oxigênio Dissolvido

De acordo com a resolução CONAMA 357/2005, o OD não pode ser inferior a 5,0 mg L^{-1}. Nos meses de janeiro a abril de 2021 os valores de OD estiveram abaixo do estabelecido pela resolução. A Figura 6 apresenta o gráfico box-plot temporal e espacial para o OD.

Figura 6. Gráfico box-plot da distribuição espacial em (a) e temporal em (b) de OD.



Fonte: Da Autora

A não conformidade desse parâmetro, observado no gráfico da Figura 6, pode estar associada tanto a influências naturais quanto a despejos de matéria orgânica de origem sanitária e/ou florestal (ABREU e CUNHA, 2017).

No período de chuva, os valores de concentração de OD abaixo do permitido pela Resolução CONAMA 357/2005 (< 5 mg L^{-1}) foram observados em ambos os pontos, corroborando os resultados obtidos por SOUZA e LOVERDE-OLIVEIRA (2014). Tal fato pode ocorrer, possivelmente em decorrência do transporte de materias dissolvidos e particulados durante eventos de precipitação, uma vez que sofre com processos de ações antrópicas, erosões e poluições próximo às margens e no período de chuva a matéria orgânica é levada para o rio provocando a diminuição do OD

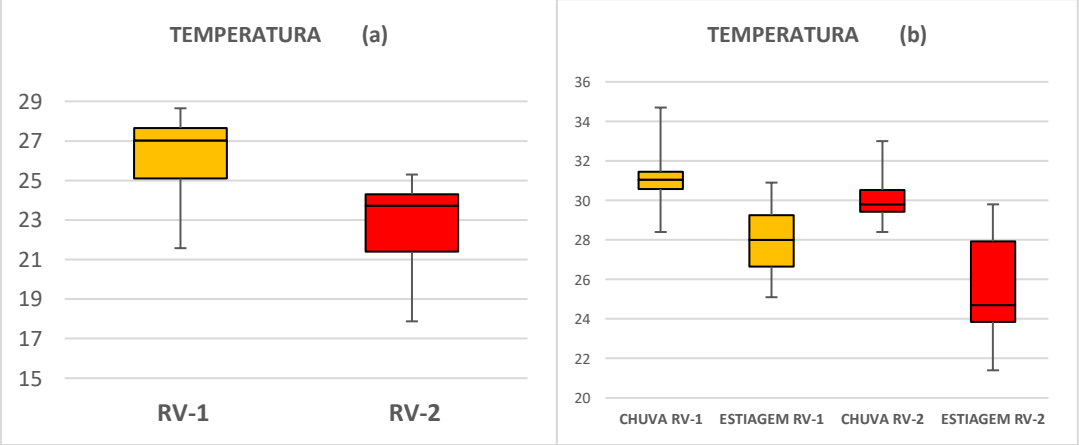
(PAULA e SILVA, 2017; PIRATOBA *et al*., 2017). O teste de Mann-Whitney mostrou que não houve variação significativa (p>0,05) espacial e nem temporal.

5.2.3 Temperatura

Em relação a temperatura não houve variação significativa entre os períodos e nem entre os pontos. No ponto RV-1 é possivel observar que a temperatura apresentou valores maiores em relação ao ponto RV-2, o que pode ser explicado devido a cobertura vegetal dos pontos de coleta, que pode ser consultada por meio das coordenadas dispostas na tabela 1. O ponto de coleta RV-1 é distante da margem do Rio Vermelho não havendo cobertura vegetal em seu entorno, dessa forma há uma maior incidência solar na água e pode provocar o aumento da temperatura. O ponto de coleta RV-2 é localizado próximo a margem do Rio, ou seja, é um ponto que possui muita cobertura vegetal em seu entorno e por consequência há menos incidência solar e mais sombreamento, podendo diminuir a temperatura da água naquele ponto.

No período de chuva a temperatura em ambos os pontos apresentaram valores maiores em relação ao período de estiagem, como pode ser observados na Figura 7.

Figura 7. Gráfico box-plot da distribuição espacial em (a) e temporal em (b) de temperatura.



Fonte: Da Autora

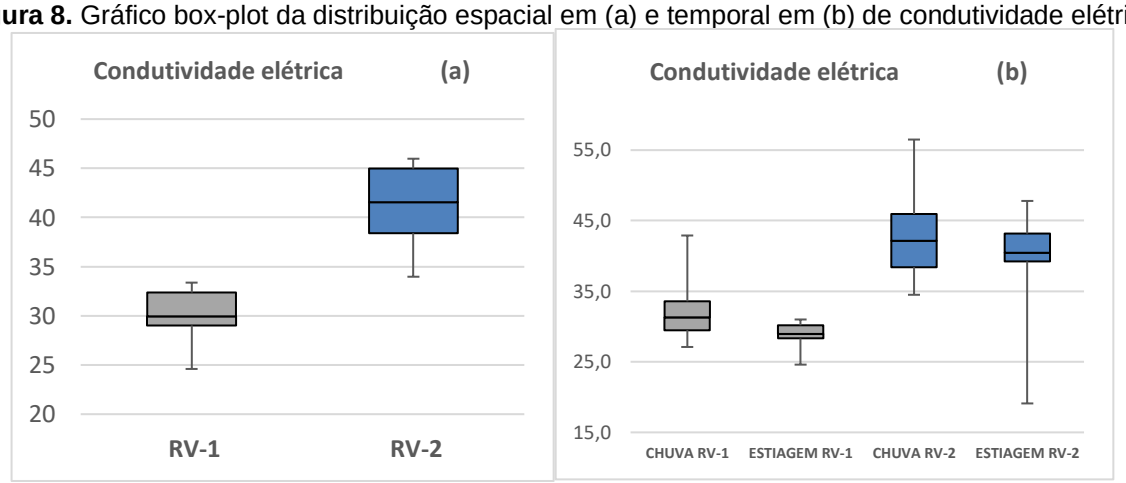
Na análise espacial e temporal, o teste de Mann-Whitney demonstrou que não há diferença significativa. Na análise temporal pode-se observar que houve um aumento da temperatura no período de chuva e esse aumento pode ocasionar um aumento nas velocidades de reações químicas e biológicas e diminuir a solubilidade dos gases. No período de chuva onde as temperaturas são mais elevadas pode-se

observar que o OD apresentou valores abaixo do limite aceitável pela resolução CONAMA 357/2005 (< 5,0 mg L^{-1}).

5.2.4 Condutividade Elétrica

A condutividade elétrica no ponto RV-1 apresenta mediana de 29,9 µS cm^{-1}, no ponto RV-2 apresenta uma mediana de 41,5 µS cm^{-1}, ou seja, houve um aumento de RV-1 para RV-2, porém não é uma diferença significativa, segundo o teste de Mann-Withney. Apesar dos valores de condutividade elétrica serem maiores em RV-2 esse aumento não é indicativo de poluição mas pode ser um indicativo de que a zona urbana está contribuindo para esse aumento observado no ponto RV-2. A Figura 8 apresenta em (a) gráfico box-plot de distribuição espacial e em (b) temporal.

Figura 8. Gráfico box-plot da distribuição espacial em (a) e temporal em (b) de condutividade elétrica.



Fonte: Da Autora

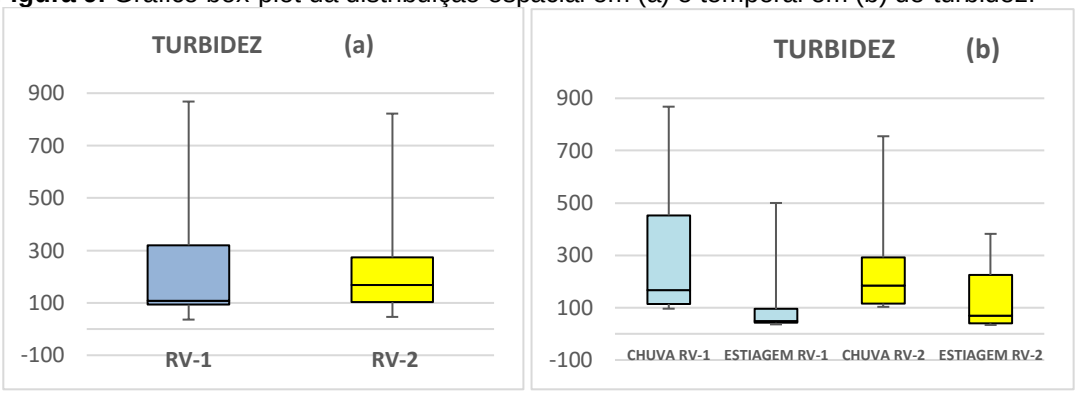
Pode-se observar que no período de chuva há um aumento dos valores de condutividade elétrica comparado ao período de estiagem em ambos os pontos, tal fato pode estar relacionado também com o aumento de temperatura pois, a condutividade elétrica aumenta com o aumento de temperatura (SANTOS, 2015). Na Figura 7 é possível observar que no período de chuva a temperatura foi superior ao período de estiagem.

5.2.5 Turbidez

A turbidez é uma das principais características físicas da água que é afetada pelo excesso de sedimentos e tal fato pode influenciar a produção de gases como o

oxigênio dissolvido (MALHEIROS *et al*., 2012). A turbidez apresentou diferença temporal significativa (p<0,05), porém não apresentou diferença espacial significativa. A Figura 9 apresenta distribuição temporal e espacial da turbidez.

Figura 9. Gráfico box-plot da distribuição espacial em (a) e temporal em (b) de turbidez.



Fonte: Da Autora

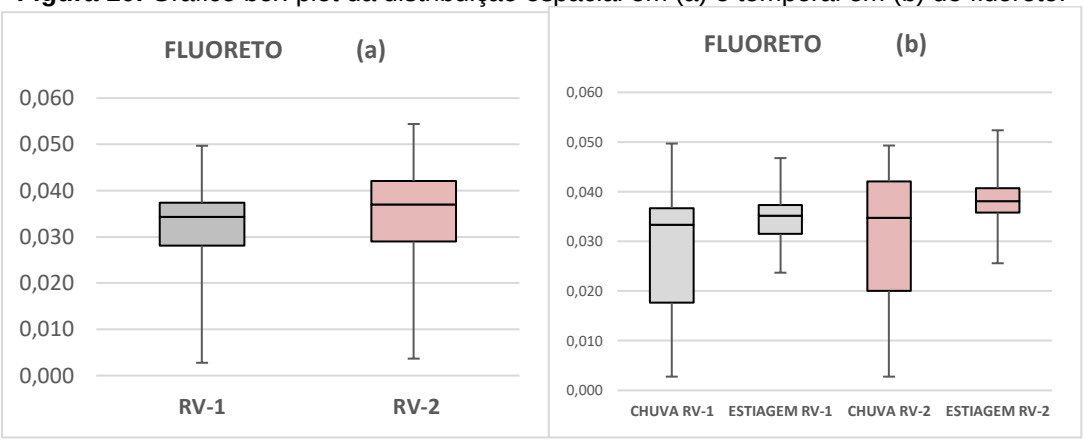
O valor da mediana no período de chuva para o RV-1 (166 UNT) foi superior a encontrada no período de estiagem (48,7 UNT) e para o ponto RV-2 a turbidez no período de chuva (184,5 UNT) também foi superior ao período de estiagem (69,3 UNT). Os valores extremos de turbidez foram observados no período de chuva para os dois pontos. O ponto RV-1 apresentou valor máximo de 868 UNT e o ponto RV-2 apresentou valor máximo de 755 UNT.

Altos valores de turbidez para os pontos do Rio Vermelho podem ser explicados devido ao período hidrológico (chuva), pela coloração avermelhada das águas que é característica do Rio Vermelho, outro fator que explica a elevada turbidez é que em regiões com solos suscetíveis ao processo erosivo, a turbidez dos corpos d'água é particularmente elevada, pois as precipitações podem carrear partículas, fragmentos de rocha, areia (LIBÂNIO, 2010).

5.2.7 Fluoreto

O fluoreto apresentou valores de concentrações muito baixas sendo 0,035 mg L^{-1} o valor da mediana para o ponto RV-1 e 0,038 mg L^{-1} o valor da mediana para RV-2. A Figura 10 apresenta a distribuição temporal e espacial do fluoreto.

Figura 10. Gráfico box-plot da distribuição espacial em (a) e temporal em (b) de fluoreto.



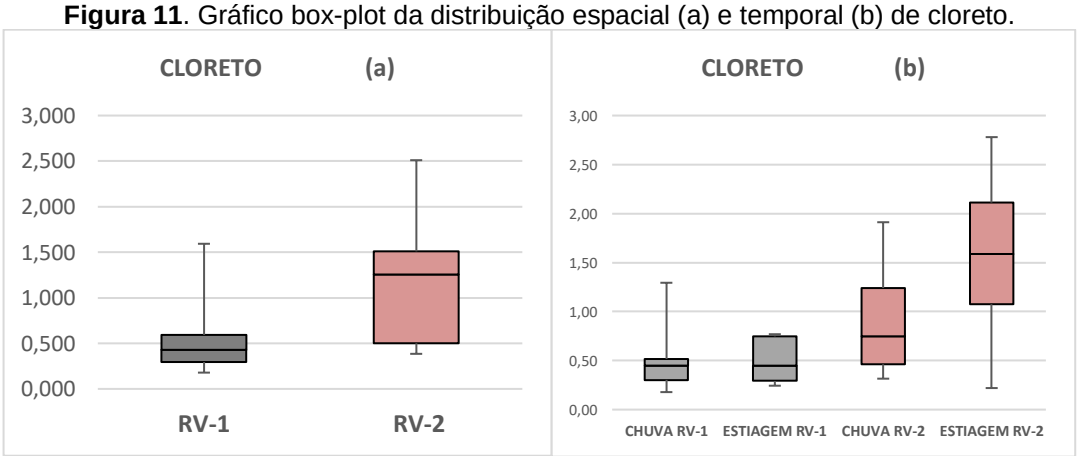
Fonte: Da Autora

Esses resultados demostram que a quantidade de fluoreto presente nas águas do Rio Vermelho a montante e a jusante são baixas.

5.2.6 Cloreto

As amostras apresentaram concentrações de cloreto muito abaixo do valor máximo permitido pela resolução CONAMA 357/2005 que é de 250 mg L^{-1}. Foi possível observar que o ponto RV-2 apresentou valores de concentração de cloreto superiores ao ponto RV-1. O valor de mediana do RV-1 é de 0,44 mg L^{-1} e a mediana para RV-2 é de 1,22 mg L^{-1}, ou seja, um valor de mediana cerca de 3 vezes maior que em RV-1. A Figura 11 apresenta em (a) o gráfico de distribuição espacial e em (b) o gráfico de distribuição temporal.

Figura 11. Gráfico box-plot da distribuição espacial (a) e temporal (b) de cloreto.



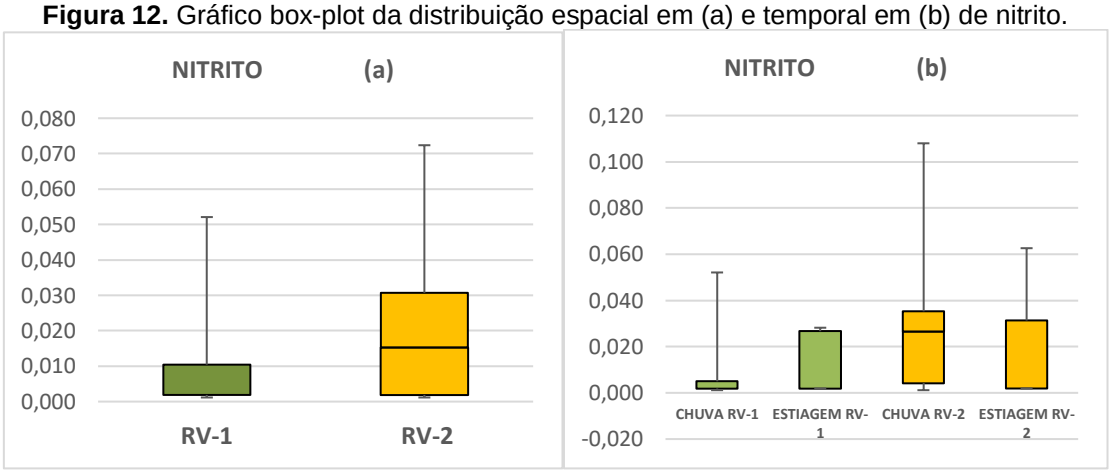
Fonte: Da Autora

Na análise temporal, é possível observar que no período de estiagem houve um aumento na concentração de cloreto em relação ao período de chuva principalmente para o ponto RV-2 (cerca de 3 vezes maior). Algumas das fontes que podem apresentar cloreto na água incluem os esgotos domésticos e fertilizantes (RUPIAS *et al*., 2021) entre outros, já que este ponto está localizado a jusante da área urbana de Rondonópolis.

5.2.8 Nitrito

A variação espacial do nitrito, apesar de não ser significativa, também apresentou tendência de aumento no ponto RV-2. O maior valor de nitrito foi de 0,108 mg L^{-1} no ponto RV-2 em dezembro de 2020. Todos os valores encontrados estavam abaixo do limite permitido de 1,0 mg L^{-1}. A Figura 12 apresenta distribuição espacial (a) e temporal (b) do nitrito.

Figura 12. Gráfico box-plot da distribuição espacial em (a) e temporal em (b) de nitrito.



Fonte: Da Autora

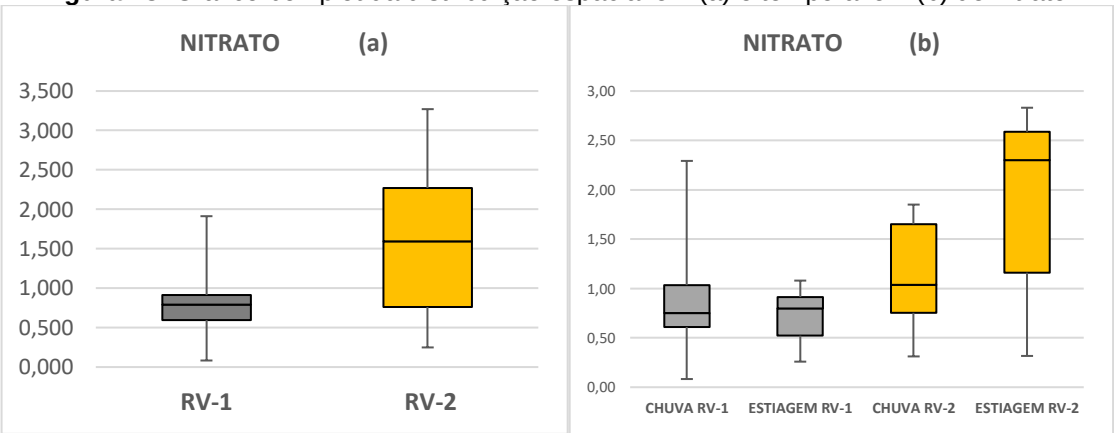
5.2.9 Brometo

Apenas nos meses de novembro de 2020 a fevereiro de 2021, no período de chuva, o brometo foi detectado em ambos os pontos, porém em concentrações abaixo do limite de quantificação. Os esgostos industriais podem ser uma fonte de contribuição para sua ocorrência. O brometo apresenta-se em baixas concentrações em águas naturais, mas é comumente encontrado em áreas costeiras (DOVIDAUSKAS *et al*., 2017).

5.2.10 Nitrato

Com relação ao nitrato, ambos os pontos estiveram abaixo do limite estabelecido pela resolução CONAMA 357/2005 que determina limite máximo permitido de 10 mg $L^{-1,}$ porém, mesmo apresentando valores abaixo do permitido, o ponto RV-2 apresentou valores maiores em relação ao ponto RV-1. O valor da mediana para RV-2 foi de 1,56 mg L^{-1} enquanto para RV-1 a mediana foi de 0,79 mg L^{-1}. A Figura 13 apresenta distribuição espacial (a) e temporal (b) do nitrato

Figura 13. Gráfico box-plot da distribuição espacial em (a) e temporal em (b) de nitrato.



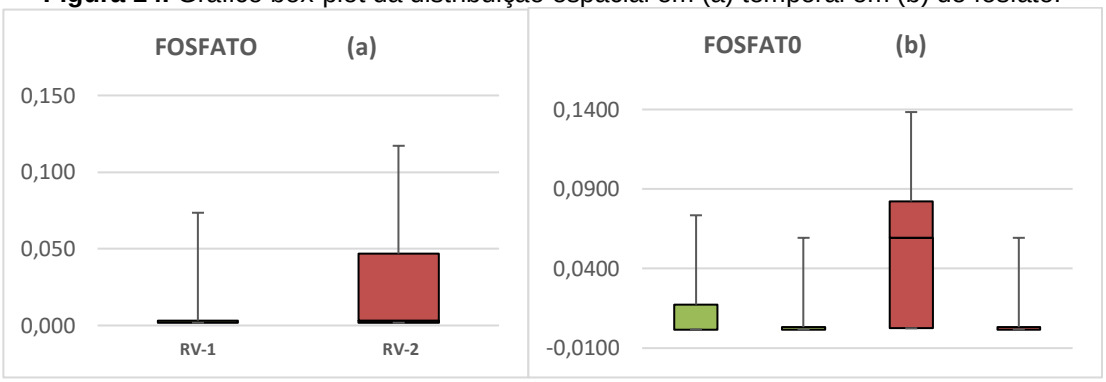
Fonte: Da Autora

Esse aumento do ponto RV-2 em relação a RV-1 pode estar relacionado com sua localização que fica após a cidade de Rondonópolis, ou seja, a zona urbana pode estar contribuindo com esse aumento. Por apresentarem valores muito abaixo do limite estabelecido pela resolução vigente pode-se sugerir que apesar do aumento da concentração de nitrato não é indicativo de contaminação.

5.2.11 Fosfato

Com relação ao fosfato é possível observar que este íon, apesar de presente em concentrações muito baixas, apresenta um aumento da concentração no ponto RV-2, principalmente no período de chuva, com valor máximo de 0,57 mg L^{-1}, já o ponto RV-1 apresentou valor máximo de 0,073 mg L^{-1}. A Figura 14 apresenta distribuição espacial (a) e temporal (b) do fosfato.

Figura 14. Gráfico box-plot da distribuição espacial em (a) temporal em (b) de fosfato.

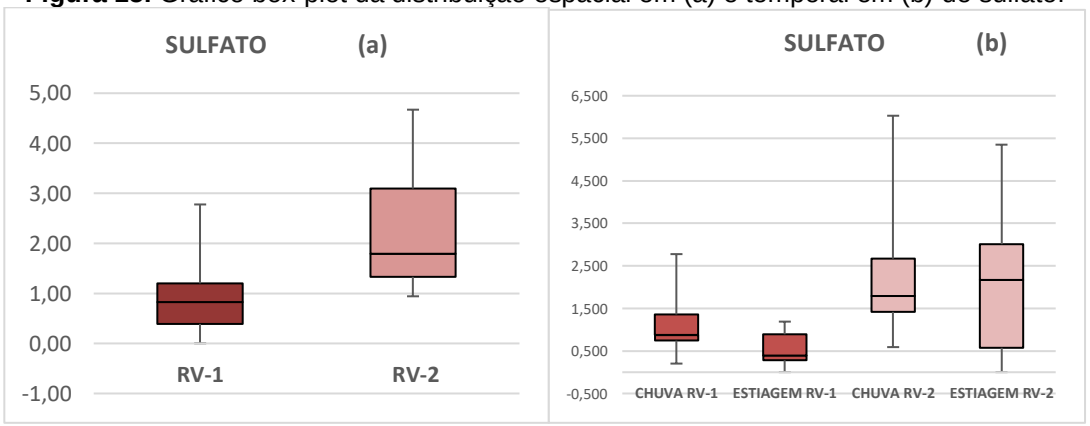


Fonte: Da Autora

5.2.12 Sulfato

As amostras apresentaram concentrações de sulfato abaixo do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005 que é de 250 mg L^{-1}, apresentando uma mediada de 0,78 mg L^{-1} para o ponto RV-1 e 1,94 mg L^{-1} para o ponto RV-2. A Figura 15 apresenta distribuição espacial (a) e temporal (b) do sulfato.

Figura 15. Gráfico box-plot da distribuição espacial em (a) e temporal em (b) de sulfato.



Fonte: Da Autora

Pode-se observar que houve um aumento nas concentrações quando a comparação é espacial e isso demonstra que a zona urbana pode estar contribuindo para esse aumento que podem ser associados aos despejos de substâncias industriais e esgotos domésticos.

6 CONCLUSÃO

Dos parâmetros que foram analisados, pode-se concluir que apenas a turbidez apresentou diferença temporal significativa ($p<0,05$) e que os valores de turbidez que estão acima do VMP pela resolução podem estar relacionados com o tipo de solo característico da região, pois o Rio Vermelho apresenta uma coloração avermelhada das águas devido ao tipo de solo, que é rico em ferro como também devido ao aumento da vazão pois, chegam aos corpos d´água, via escoamento superficial, uma quantidade de água maior devido ao período de chuva e isso pode ter influenciado no aumento da turbidez nesse período ultrapassando os VMP pela Resolução CONAMA 357/2005.

Na avaliação espacial, somente os parâmetros pH, temperatura e OD não apresentaram um aumento nos seus valores de concentração de RV-1 para RV-2. Para os demais parâmetros foi possível observar esse aumento, entretanto, na maioria, os valores estiveram abaixo do VMP pela resolução. Tal fato está relacionado com atividades antrópicas que podem influenciar diretamente na qualidade da água do rio, uma vez que o crescimento urbano acelerado é o maior impasse em relação a preservação dos córregos e rios.

Em uma avaliação temporal foi possível observar que devido ao escoamento superficial a chuva altera temporariamente o parâmetro da turbidez, sendo o único parâmetro que se mostrou acima do VMP pela resolução. E que apresentou diferença significativa, segundo o teste estatístico de Mann-Whitney.

Portanto, diante das análises de todas as propriedades físicas e químicas pode-se concluir que a qualidade de água do Rio Vermelho, no período monitorado, não apresentou valores acima do VMP pela Resolução do CONAMA 357/2005, exceto para turbidez e em posse desses resultados obtidos neste trabalho o Rio Vermelho não se encontra poluído, porém, foi possível observar que o fator urbanização tem influência sobre a qualidade da água deste rio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAPPESQ – Associação Brasileira dos Piscicultores e Pesqueiros. São Paulo, Itaporanga, 2003. Disponível em: https://www.abrappesq.com.br/materia2.htm. Acesso em 08 jun. de 2022.

ABRÃO, A. **Operações de Troca Iônica**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, 2014.

ABREU C. H. M.; CUNHA A. C. Water quality and trophic index in tropical riverine ecosystem under environmental impact. **Eng. Sanit. Ambiental**, v. 22, n. 1, pag. 45-56, 2017.

ANDRADE, C. S. S. **Avaliação da qualidade da água de cinco córregos urbanos como subsídio à gestão dos recursos hídricos**. 2015. 82 p. Dissertação (Mestrado Em Química) - Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2016.

APHA - American Public Health Association / AWWA - American Water Works Association & WPCF/Water Pollution Control Federation.***Standard Methods***. 20ª. Ed. Washington: Ed. APHA, 1999.

BARP, G. **Remoção de fosfato de efluentes derivados da suinocultura**. 2019. 45 p. Relatório (Estágio II (QMC 5512)) – Departamento de Química, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2019.

BERLANDA, A.; BAUM, C. A.; BECEGATO, V. A.; SOUZA, N. C. V. L**.** Avaliação temporal e espacial da qualidade das águas superficiais da bacia hidrográfica do rio Desquite, Santa Catarina. **Eng. Sanit. Ambiental**, v. 26, n.1, p. 45-51, 2021.

BICUDO, C. E. M.; TUNDISI, J. G.; SCHEUENSTUHL, M, C. B. **Águas do Brasil: análises estratégicas**. São Paulo: Academia Brasileira de Ciências e Instituto de Botânica, 2010. 224 p.

BRAGA, E. A. S. **Determinação dos compostos inorgânicos nitrogenados (amônia, nitrito e nitrato) e fósforo total, na água do açude gavião, e sua contribuição para a eutrofização**. 2006. 110 p. Dissertação (Mestrado na Área de Concentração – Saneamento Ambiental) – Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução CONAMA n° 357, de 17 de março de 2005**. 2005. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res_conama_357_2005_classificacao_corpos_agua_rtfcda_altrd_res_393_2007_397_2008_410_2009_430_2011.pdf. Acesso em 28 de jun. 2022.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Características sobre o Rio Vermelho**. 2017. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=450605. Acesso em 26 de jun. 2022.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Rondonópolis, 2017**. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mt/rondonopolis/panorama. Acesso em: 3 mar. 2022.

BRASIL. Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO). **Orientações Sobre Validação de Métodos de Ensaios Químicos.** DOQ-CGCRE-008, p. 1-130, 2016.

BURITI, C. O.; BARBOSA, E. M. Políticas Públicas De Recursos Hídricos No Brasil: Olhares sob uma perspectiva jurídica e histórico-ambiental. **Veredas do Direito**, **Belo Horizonte**, v. 11, n. 22, p. 225-254, 2014.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Flúor e fluoretos**. São Paulo, SP: Governo do Estado de São Paulo, 2022. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/wp-content/uploads/sites/24/2022/02/Fluor-e-fluoretos.pdf. Acesso em 21 jun. 2022.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Guia nacional de coleta e preservação de amostras água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos.** Brasília, DF: ANA, 2011. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/2021/10/Guia-nacional-de-coleta-e-preservacao-de-amostras-2012.pdf. Acesso em 23 jun. 2022.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Mortandade de peixes**. São Paulo, SP: Governo do Estado de São Paulo, 2022. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/mortandade-peixes/alteracoes-fisicas-e-quimicas/temperatura-da-agua/. Acesso em 08 jun. 2022.

CORTEZ, A. V. **Determinação de cloreto em águas por imagens digitais**. 2018. 53 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia para Recursos Amazônicos) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia para Recursos Amazônicos, Universidade Federal do Amazonas, Itacoatiara, 2018.

DIAS, D. C.; MATOS, A. C. L. S. Análises de pH, condutividade e dureza em águas superficiais em Caçapava do Sul/RS. **Anais do 9º SALÃO INTERNACIONAL DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO – SIEPE**. 2017.

DOVIDAUSKAS, S. *et al*. Parâmetros físico-químicos incomuns em água de abastecimento público de um município da região nordeste do Estado de São Paulo (Brasil). **Vigilância Sanitária em Debate**, v. 5, n. 1, p. 106-115, 2017.

EITH, C. *et al*. **Práticas em cromatografia de íons: Uma introdução**. Tradução: Metrohm. 2 ed. Suíça, 2007. 144 p.

FONSECA, L. A**. Determinação do índice de nitrato, nitrito e nitrogênio amoniacal na água da lagoa de extremoz/RN**. 2017. 48 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Bacharelado em Química do Petróleo) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.

FORTI, M. C; ALCAIDE, R. L. M. **Validação de métodos analíticos do laboratório de aerossóis, soluções aquosas e tecnologias – LAQUATEC**. São José dos Campos, SP: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, 2011. 54 p. Disponível em: http://urlib.net/8JMKD3MGP7W/39QJ7P2. Acesso em 01 jul. 2022.

FORTI, M. C; ALCAIDE, R. L. M. **Protocolo de determinação de ânios inorgânicos em soluções aquosas por cromatografia iônica**. São José dos Campos, SP: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, 2012. 51 p. Disponível em: http://urlib.net/8JMKD3MGP7W/3B86KQ5. Acesso em 02 jul. 2022.

FRITZ, J. S. Ion Chromatography. **Analytical Chemistry**. v. 59, n. 4, p. 335-344, 1987.

GADELHA, F. J. S. *et al*. Verificação da Presença de Nitrito em Águas de Consumo Humano da Comunidade de Várzea do Cobra em Limoeiro do Norte–Ce. **Reunião Anual da SBPC**, v. 57, p. 2, 2005.

GIRARDI, R.; Pinheiro, A.; VENZON, P. T. Parâmetros de qualidade de água de rios e efluentes presentes em monitoramentos não sistemáticos**. Revista de Gestão de Água da América Latina**, v. 16, n. 2, 2019.

GOMES, M. A. F. Água: sem ela seremos o planeta Marte de amanhã**. Embrapa Meio Ambiente**, 2011.

GOVERNO DO ESTADO DE MATO GROSSO. **Para evitar crise hídrica, Sema desenvolve ações voltadas à sustentabilidade**. 2017. Disponível em: http://www.mt.gov.br/-/5999466-para-evitar-crise-hidrica-sema-desenvolve-acoes-voltadas-a-sustentabilidade. Acesso em 26 jun. 2022.

HAGE, D.S.; CARR, J. D. C. **Química analítica e análise quantitativa**. Tradução: Yamamoto, S. M. 1 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2012. 705 p.

HARRIS, D. C. **Análise Química Quantitativa**. Tradução: BORDINHÃO, J. *et al*.7 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008. 868 p.

JAIN, N.; YEVATIKAR, R; RAXAMWAR, T. S. Comparative study of physico-chemical parameters and water quality index of river. **Materials Today: Proceedings**, 2021.

JANZEN, J. G.; SCHULZ, H. E.; LAMON, A. W. Medidas da concetração de oxigênio dissolvido na superfície da água. **Eng. Sanit. Ambiental**, v. 13, n. 3, p. 278-283, 2008.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. 3 ed. Campinas, SP: Editora: Átomo, 2010. 486 p.

LIMA, C. *et al*. Variabilidade espacial da qualidade de água em escala de bacias-rio Cuiabá e São Lourenço, Mato Grosso. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 20, n. 1 p. 169-178, 2015.

MALHEIROS, C. H. *et al*. Qualidade da água de uma represa localizada em área agrícola (Campo Verde, MT, Brasil). **Revista Ambiente & Água**, v. 7, n. 2, p. 245-262, 2012.

MEDEIROS, B. B. **O rio e a cidade: proposta de requalificação do cais de Rondonópolis**. 2017. Trabalho De Conclusão De Curso (Graduação Em Arquitetura, Urbanismo e Design) - Faculdade de Arquitetura, Urbanismo e Design, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017.

NOGUEIRA, F. F.; COSTA, I. A.; PEREIRA, U.A. **Análise de parâmetros físico-químicos da água e do uso e ocupação do solo na sub-bacia do Córrego da Água Branca no município de Nerópolis – Goiás**. 2015. 53 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Bacharelado em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015.

OLIVEIRA, V. A. D**iagnóstico dos usos da água e do solo na bacia do ribeirão ponte de pedra (Mato Grosso) e seus efeitos sobre a qualidade da água**. 2016. 65 p. Dissertação (Mestrado Em Recursos Hídricos) - Programa De Pós-Graduação Em Recursos Hídricos, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2016.

PAN, B. *et al*. Determination of key parameters in water quality monitoring of the most sediment-laden Yellow River based on water quality index. **Process Safety and Environmental Protection**, v. 164, n. 1, p. 249-259, 2022.

PARRON, L. M.; MUNIZ, D. H. F. ; PEREIRA, C. M. **Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água.** 1 ed. Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2011. 69 p. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/57612/1/Doc232ultima-versao.pdf. Acesso em 21 jun. 2022.

PAULA M. M.; SILVA R. R. Influence of flow in water quality of river of stones in quirinópolis-go (2014/2015). **Revista Mirante**, v. 10, n 3, p. 71-85, 2017.

PINHEIRO A. *et al*. Concentrações e cargas de nitrato e fosfato na Bacia do Ribeirão Concórdia, Lontras, SC. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 17, n. 1, p. 86-93, 2013.

PIRATOBA A. R. A.; RIBEIRO H. M. C.; MORALES G. P.; GONÇALVES W. G. Caracterização de parâmetros de qualidade da água na área portuária de Barcarena, PA, Brasil. **Ambiente & Água**. v. 12, n. 3, p. 435-456, 2017.

RAMIREZ-MORALES, D. *et al*. Pesticide occurrence and water quality assessment from an agriculturally influenced Latin-American tropical region. **Chemosphere**, v. 262, p. 127851, 2021.

REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas doces no Brasil: Capital ecológico, uso e conservação**. 2002. p. 703-703.

REIS, D. A. *et al*. Influence of environmental and anthropogenic factors at the bottom sediments in a Doce River tributary in Brazil. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 24, n. 8, p. 7456-7467, 2017.

RESENDE, A. V. **Agricultura e qualidade da água: contaminação da água por nitrato**. 1 ed. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002. 29 p. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/546464/1/doc57.pdf. Acesso em 21 jun. 2022.

RIBANI, M. *et al*. Validação em Métodos Cromatográficos e Eletroforéticos. **Quimica Nova**, v. 27, n. 5, p. 771-780, 2004.

RIBEIRO N. U. F. et al. Qualidade da água do rio Paraná em região de balneabilidade: discussão sobre os impactos potenciais do lançamento de efluentes provenientes de tratamento secundário. **Eng. Sanit. Ambiental**. p. 1-11, 2022.

RIEHL, A. *et al*. Monitoramento do ânion sulfato nas etapas de ribeira. **Revista do Couro**, ed 229, p. 64-70, 2013.

RUPIAS, O. J. B.; PEREIRA S. Y.; ABREU, A. E. S. Hidrogeoquímica e avaliação da qualidade das águas subterrâneas usando o índice de qualidade da água e índice de poluição por metais pesados na planície aluvial do Rio Atibaia-Campinas/ SP, Brasil. **Groundwater for Sustainable Development**. Vol. 15, 2021.

SANTOS, V. L. **Estudo sobre a variabilidade espacial e temporal de atributos químicos da água em duas mesorregiões do semiárido paraibano**. 2015. 104 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais) - Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2015.

SEMA – Secretaria de Estado de Meio Ambiente. **Relatório de monitoramento da qualidade das águas superficiais do estado de Mato Grosso: 2018-2019**. Universidade Federal de Mato Grosso, p. 608, 2021.

SOUZA, A. V. V. **Avaliação da influencia dos usos e ocupação do solo na qualidade da água do rio vermelho no sudeste de Mato Grosso**. 2015. 81 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos) - Programa De Pós Graduação Em Geografia, Universidade Federal De Mato Grosso, Cuiabá, 2015.

SOUZA, A. V. V.; LOVERDE OLIVEIRA, S. M. Análise da qualidade da água do rio vermelho em mato grosso: no período de cheia no ano de 2014. **Biodiversidade**, v. 13, n. 2, p. 115-126, 2014.

SOUZA, A. V. V.; LOVERDE-OLIVEIRA, S. A; ALVES, G. B. Mapeamento dos usos do solo na área de proteção permanente do rio vermelho (mt) e seus reflexos sobre a qualidade da água. **Geografia (Londrina)** v. 27, n. 1, p. 67-82, 2018.

SOUZA, A. V. V.; SIQUEIRA, M. L. B. Da convivência do passado as transformações do presente: uma análise da bacia do Rio Vermelho em Rondonópolis-MT. **Biodoversidade**, v. 15, n. 1, p. 97, 2016.

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

TUCCI, C. E. M.; HESPANHOL, I.; NETTO, O. M. C. **Gestão da água no Brasil.** Brasília: UNESCO, 2001. 156 p.

UFRRJ – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. **Temperatura da água**. Rio de Janeiro. Disponível em: http://www.ufrrj.br/institutos/it/de/acidentes/tem.htm. Acesso em 08 jun. 2022.

VALDERRAMA, P.; BRAGA, J. W. B.; POPPI, R. J. Estado da arte de figuras de mérito em calibração multivariada. **Quimica Nova**, v. 32, n. 5, p. 1278-1287, 2009.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3 ed. Belo Horizonte: UFMG, 1996. 452 p.

ZERWES, L. C. **Análise do risco ecológico com base na qualidade de água na bacia do Rio Tenente Amaral, município de Jaciara/MT**. 2013. 118 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa Pós-Graduação em Geografia do Instituto de Ciências Humanas e Sociais, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2013.

ZÜGE, G.; VENDRAME, Z. B. Caracterização e análise de cloretos da água do parque ecológico Honorato Toniolo, Guaporé-RS. **Anais do 9º SALÃO INTERNACIONAL DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO - SIEPE**. 2018.