

ANÁLISE DA POTABILIDADE DA ÁGUA DO RIO SÃO JOSÉ DOS DOURADOS: AVALIAÇÃO DO USO DE AGROTÓXICOS NAS PLANTAÇÕES DE CANA-DE- AÇÚCAR E DESCARTE DE EFLUENTES INDUSTRIAIS

Jussara Carvalho Santos¹

João Victor M. Zoccal²

45

Resumo:

O cultivo crescente de cana-de-açúcar trouxe consequências no uso abundante de agrotóxicos, que, em adição a processos erosivos, desmatamentos, processos de lixiviação e percolação e descarte irregular de efluentes industriais, tem intensificado a contaminação de águas superficiais e subterrâneas, fatores de riscos para a saúde pública e para o meio ambiente. A partir dessa conjuntura, o objetivo deste trabalho foi avaliar dados de análise das amostragens de águas obtidas do rio São José dos Dourados, visando a possíveis parâmetros de contaminação decorrente da atividade sucroalcooleira próximo ao rio. A metodologia foi baseada inicialmente na busca de levantamentos bibliográficos e na realização de análises físicas da água, como cor e turbidez, químicas, como pH, nitrato, nitrito, ferro, níquel, cromo total, acidez total, alcalinidade, dureza, cálcio e magnésio e biológicas, como coliformes. Para essa avaliação, foram coletadas amostras em três pontos do rio: amostra 1 - próximo da usina; amostra 2 - sobre uma ponte do rio; amostra 3 - distante da usina, em dias alternados, visando comparações graduais das amostras de modo qualitativo e quantitativo. Como resultados, houve indícios de contaminações por efluentes industriais, evidenciados por altos teores de cromo total e ferro, como também por agrotóxicos e fertilizantes, devido à elevada presença de nitrato e níquel. Diante disso, pode-se concluir que a presença de altos teores de metais de níquel, cromo e ferro e também de cor, turbidez e nitrato, indiciam a contaminação do recurso hídrico avaliado, o qual pode afetar a qualidade de vida dos seres vivos.

Palavras-chave: recursos hídricos; qualidade de água; análise ambiental; agrotóxicos; efluentes industriais.

Abstract:

The increasing cultivation of sugar cane has resulted in the abundant use of pesticides, which, in addition to erosive processes, deforestation, leaching and percolation processes and irregular disposal of industrial effluents, has intensified the contamination of surface and underground waters, factors risks to public health and the environment. From this situation, the objective of this work was to evaluate analysis data from water samples obtained from the São José dos Dourados River, aiming at possible contamination parameters resulting from sugar and alcohol activity close to the river. The methodology was initially based on searching bibliographical surveys and carrying out physical analyzes of the water, such as color and turbidity, and

¹ Discente do curso de biomedicina do Centro Universitário de Votuporanga – Unifev. Votuporanga. São Paulo, Brasil. Bacharelado em Biomedicina. E-mail: jussaracarvalho03@hotmail.com.

² Docente do curso de biomedicina do Centro Universitário de Votuporanga – Unifev. Votuporanga. São Paulo, Brasil. Bacharelado em Química Ambiental e Engenharia Ambiental. E-mail: jv_zoccal@hotmail.com.

chemical analyses, such as pH, nitrate, nitrite, iron, nickel, total chromium, total acidity, alkalinity, hardness, calcium and magnesium. and biological, such as coliforms. For this evaluation, samples were collected at three points on the river: sample 1 - close to the plant; sample 2 - over a river bridge; sample 3 – far from the plant, on alternate days, aiming to gradually compare the samples in a qualitative and quantitative way. As a result, there were signs of contamination by industrial effluents, evidenced by high levels of total chromium and iron, as well as pesticides and fertilizers, due to the high presence of nitrate and nickel. Given this, it can be concluded that the presence of high levels of nickel, chromium and iron metals, as well as color, turbidity and nitrate, indicate contamination of the water resource evaluated, which can affect the quality of life of living beings.

Keywords: water resources; water quality; environmental analysis; pesticides; industrial effluents.

INTRODUÇÃO

Sánchez (2020) define o conceito de ambiente como algo natural, que nos oferece recursos e suporte a vida e degradação como a alteração desse recurso. Portanto, degradação ambiental é a perda da qualidade natural que corresponde ao impacto ambiental, decorrente da expansão de atividades antrópicas que visam ao alto crescimento socioeconômico. Com isso, alteram-se as propriedades físicas, químicas e biológicas, acarretando prejuízos nos ciclos ecológicos de todo um ecossistema.

Complementando, uma contaminação ambiental múltipla pode ser considerada uma mistura de agentes tóxicos decorrido do uso de agrotóxicos. A expansão desse uso de agentes tóxicos, por sua vez, é uma das consequências que, gradativamente pode ser maléfica para o meio ambiente e, posteriormente, prejudicando as populações (Silva; Campos, 2013).

As ações antrópicas vêm gerando intensos aspectos negativos em vista de análise ambiental, pois geram um ciclo que afeta o solo, o ar e a água, que poluem, destroem e modificam todo um ecossistema (Lima *et al.*, 2023). Essas ações se concentram em expandir negócios, aumentar produtividade, utilizar recursos naturais para minimização de gastos e aumento de lucratividade (Wendling; Bargas, 2023).

Uma das atividades, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2021), com predomínio maior no Centro – Sul, com destaque para a região de São Paulo, como responsável por quase metade da produção nacional, é a de cana – de açúcar. As alterações e modificações do meio ambiente e ecossistema local se manifestam por meio de usinas açucareiras que contrapõem com o desenvolvimento sustentável em suas produções (Goldemberg; Coelho; Guardabassi, 2008). Isso ocorre principalmente pela utilização de agrotóxicos e descarte de efluentes que contêm variedades de fórmulas que, a cada

dia, modificam-se e se tornam mais potentes e prejudiciais, afetando principalmente os recursos hídricos, visto que o solo absorve grande parte e distribui para os lenções freáticos ou os agrotóxicos com descargas em rios (Ciminelli *et al.*, 2014).

Denomina-se como agrotóxicos produtos e agentes físicos, químicos ou biológicos que preservam a flora e a fauna de seres nocivos. Recebe outras denominações, como pesticidas, praguicidas, herbicidas remédio de plantas, mas, contundentemente associado como veneno, podendo ser sólido ou líquido. Sendo assim, classificado conforme sua finalidade ou organismo alvo (Candido; Herbst, 2022). A avaliação de riscos ambientais dos agrotóxicos ocorre por conta da sua potencialidade quando exposto, ou seja, sua toxicidade e sua bioacumulação que geram impactos adversos (Peres; Moreira; Dubois, 2008). Essa análise de riscos é voltada para situações agudas e crônicas, sendo a segunda opção a exposição dos seres vivos aos agentes químicos nocivos dos agrotóxicos que podem estar presentes na água (Sánchez, 2013).

O uso do agrotóxico se tornou intenso e dependente desde a sua criação, como forma de modernização agrícola, principalmente, por meio de monoculturas (Silva; Santos, 2023). Assim sendo, o Brasil vem aumentando a utilização desses recursos e levando o status de maior consumidor mundial de agrotóxicos (Bombardi, 2017). O avanço tecnológico possibilitou a manipulação de componentes químicos e os rearranjos de moléculas mais estáveis e potentes, para oferecer ao mercado produtos com qualidade de resultados imediatos e eficazes.

No entanto, com uma visão ampla, é possível perceber que, mesmo em pontos fortes e positivos, a degradação, a contaminação e os riscos, sejam eles fisiológicos ou ambientais, também deveriam ser considerados como forma de análise e incluídos na elaboração desses produtos (Basso; Siqueira; Richards, 2021). Os agrotóxicos são utilizados em diferentes locais, mas com o mesmo princípio e função de controle e extermínio de pragas e vetores (Peres; Moreira; Dubois, 2008). Porém os impactos observados são as consequências que o meio ambiente e os seres humanos tendem a carregar e muitas delas são irreversíveis e prejudiciais (Lopes; Albuquerque, 2018).

Com isso, o objetivo do trabalho foi analisar e monitorar amostras obtidas do rio São José dos Dourados, com possíveis contaminações decorrentes de uso de agrotóxicos e descartes de efluentes de usina açucareira e seus níveis de agravamento, de forma qualitativa e quantitativa. Analisaram-se os diferentes resultados, comparando-os com os parâmetros estabelecidos pela resolução do CONAMA nº 357 (2005) para evidenciar possíveis alterações, e alertar sobre os riscos ambientais e de saúde decorrentes da contaminação do percurso do rio.

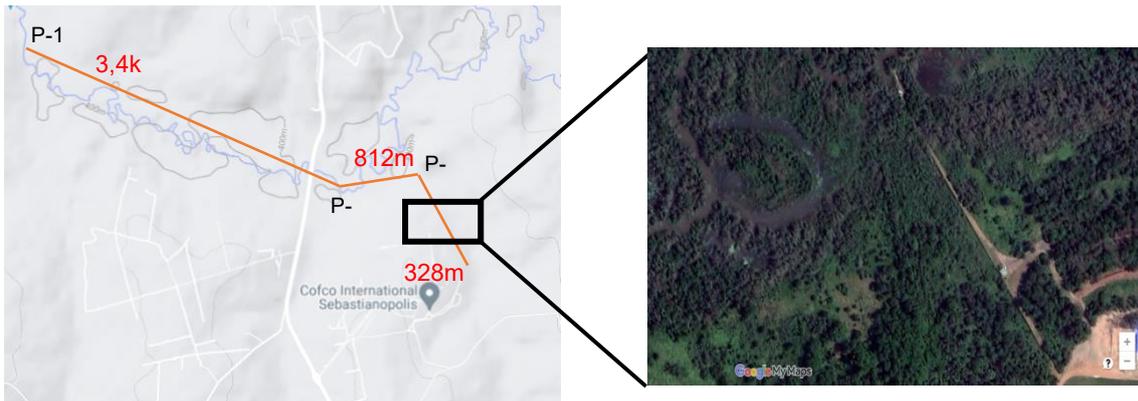
A justificativa se baseou no aspecto da análise ambiental como ferramenta de verificar meios alternativos para solucionar os problemas encontrados com uso inadequado de agrotóxicos e descartes de efluentes, bem como esclarecer sobre impacto ambiental e suas consequências na saúde dos seres vivos. Por meio das análises de amostragens da água do rio São José dos Dourados, demonstraram-se a poluição hídrica, seus fatores e suas consequências.

1 METODOLOGIA

O projeto tem como primeira etapa levantamentos bibliográficos com assuntos abordando poluição hídrica por meio de compostos organossintéticos, principalmente, por agrotóxicos, processos de percolação dos excessos de fertilizantes e vinhaça utilizados na agricultura, com os estudos das consequências que isso acarreta para o ecossistema local, na inadequação dos parâmetros da potabilidade da água e na saúde pública. Foram utilizadas palavras-chave como vinhaça, agrotóxicos, cana-de-açúcar, potabilidade da água, poluição, análise ambiental, impacto ambiental, efeitos tóxicos e educação ambiental. As pesquisas foram baseadas em textos acadêmicos, artigos científicos, livros, monografias, revistas, no Google Acadêmico, Biblioteca Virtual em saúde, Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações, Biblioteca Científica Eletrônica On-line, Periódicos Capes, PubMed/Medline, no período de 2008 a 2023 e com os idiomas português, inglês e espanhol.

A área de estudo foi realizada no percurso do Rio São José dos Dourados, que pode ser enquadrado na seção I das águas doces como rio de classe 2 (dois) de acordo com a resolução CONAMA nº 357 (2005). A região hidrográfica de São José dos Dourados pertence à região hidrográfica do Rio Paraná, com sua nascente em Mirassol/ SP e percorre cerca de 25 municípios, possuindo área de 6.805,20 km².

Imagens 1 e 2 – Área de estudos



Fonte: Google Maps (2023).

Na imagem 1 estão evidenciados os pontos de coleta e suas distâncias, na imagem 2 é evidenciado possível área de descartes de resíduos industriais e de efluentes.

Foram coletadas amostras entre o mês de junho a novembro do Rio São José dos Dourados, com garrafas de polietileno, com capacidade de 2 litros, previamente lavados com sabão neutro e álcool etílico. Para a análise bacteriológica, as amostras foram coletadas com cuidados necessários para a não contaminação com impurezas do ar e em fracos devidamente auto-clavados e esterilizados. As amostras foram coletadas em três pontos do rio, nomeando-as como: a amostra 1 (P1) - ponto mais distante da usina; a amostra 2 (P2) - coletada em uma ponte sobre o rio; a amostra 3 (P3) - proximidade da usina, em dias alternados visando comparações, todas as coletas foram realizadas no período da manhã. Na prática, a coleta foi realizada contra o a corrente do fluxo da correnteza e nomeadas com o número do ponto e data da coleta. Após as coletas, as amostras foram acondicionadas em ambiente térmico através de caixas térmicas, sobre refrigeração.



Imagens 3, 4 e 5 - Pontos de coletas



Fonte: elaborados pelos autores (2023).

Ao coletar as amostras, foi anotada a data, hora, observação do clima, ensolarado ou chuvoso e a presença ou não de interferentes dos sítios. Teve-se a assistência de programas Excel para melhor monitoramento e planejamento do projeto e aplicativos como Google Maps, Google Earth para melhor visualização e mapeamento do local.

As amostras foram analisadas no laboratório da instituição do Centro Universitário de Votuporanga (Unifev), seguindo as normativas do Manual Prático de Análise de Água da FUNASA (2013). Foram realizados parâmetros físicos, como cor e turbidez, e químicos pH, nitrato, nitrito, ferro, níquel, cromo total, acidez total, alcalinidade, dureza, cálcio e magnésio, todos os parâmetros foram analisados de forma de triplicata. E, posteriormente, análise bacteriológica de coliformes fecais e *Escherichia coli* com a técnica de tubos múltiplos.

Na análise do pH, foi utilizado o peagâmetro portátil (LUCADEMA – Luca 210). Inicialmente, lavado o eletrodo com água destilada e realizado a calibração com os tampões de pH 7,0; 4,0 e 10,0, respectivamente. Foi submetida cada amostragem de água e anotados os valores. Na alternância de cada amostra, lavou-se o eletrodo com água destilada para evitar possíveis contaminações.

Para a determinação de cor, turbidez, nitrato, nitrito, níquel e cromo total, foi utilizado o calorímetro HACH de fotometria de onda. Para cor e turbidez, não foram necessários pós-reativos, avaliando apenas a água bruta. Para a determinação de nitrato, nitrito, ferro, níquel e cromo total, foram utilizados pós-reativos da marca HACH para cada teste específico, onde a metodologia aplicada foi a mesma. Em um cubeta colocado aproximadamente 25mL, até a marca de aferição, junto ao pó-reativo, homogeneizando por 1 minuto e aguardando 20 minutos para reação. Logo, em seguida, realizou-se a medição de cada amostra, sempre zerando o calorímetro com uma cubeta com água destilada e programando cada amostra com seus respectivos programas do aparelho.

A dureza, alcalinidade e acidez foram determinadas pelo método de titulação e sempre na alternância de cada amostra preencheu a bureta com cada titulante específico para cada teste onde o menisco ficava no zero. A titulação foi realizada gotejando o titulante e, ao mesmo tempo, homogeneizando o Erlenmeyer. Ao final de cada teste, lavavam-se a bureta cinco vezes com água destilada. Em cada teste realizado, anotavam-se os valores encontrados.

Na determinação da dureza, mediu-se 50 mL da água bruta na proveta de 100mL e transferiu-se para o Erlenmeyer, com a adição de 2 mL da solução tampão e 0,2 g da mistura indicadora e, em seguida, homogeneizou a solução. Com a bureta de 25mL preenchida com a

solução EDTA realizou-se a titulação. Visivelmente houve uma mudança de cor de um tom roxeado para um azul com tom escuro.

Na determinação de alcalinidade, mediram-se 100 mL da água bruta na proveta de 100mL e foram transferidas para o Erlenmeyer, com a adição de 4 gotas de fenolftaleína, homogeneizando para a verificação se haveria a mudança de cor para um tom rosado. Em seguida, foram adicionadas 4 gotas de alaranjado de metila homogeneizando à amostra. Com a bureta de 25mL preenchida com solução de ácido sulfúrico 0,01 M, realizou a titulação. Visivelmente houve a mudança de cor de um tom amarelado para um alaranjado.

Para a determinação de acidez, mediram-se 100 mL da água bruta na proveta de 100mL e foram transferidas para o Erlenmeyer, com a adição de 4 gotas de fenolftaleína e, em seguida, houve a homogeneização. Com a bureta de 25mL preenchida com solução de hidróxido de sódio 0,01 M, realizou a titulação. Visivelmente houve mudança de cor do natural da água bruta para um tom rosado.

Para a análise bacteriológica de coliformes totais e *Escherichia coli*, foram utilizados métodos qualitativo e quantitativo de confirmação. Ambas foram realizadas dentro da capela de fluxo laminar. Antes de cada teste, foi realizada a assepsia do local de trabalho e da bancada da capela com álcool 70% e, em seguida, ligada a luz UV por quinze minutos.

A técnica de tubos múltiplos ou técnica do número mais provável foi utilizada como teste quantitativo e qualitativo. O método consistiu em submeter a água bruta em diluições em tubos de ensaio baseada na estimativa da densidade de coliformes fecais, foi utilizado a diluição até dez a menos seis (10^{-6}), com um total de 40 tubos de ensaio, 5 frascos de cultura ReadyCult Coliforms 100, 10 garrafas com água destilada e 5 Erlenmeyer. Foi ordenado os tubos de ensaio, na grade, em ordem sucessivas de cinco tubos para cada diluição, por exemplo, 10; 10^0 ; 10^{-1} e assim por diante, e colocado juntamente com os outros materiais utilizados dentro da capela.

Antes de iniciar as diluições, foram preparados 5 meios de cultura líquido para coliformes totais e *E. coli*, despejando 100 mL da água destilada em um Erlenmeyer estéril e adicionado a ampola de substrato enzimático liofilizado, sendo considerado um meio como concentrado onde foram colocadas 2 ampolas do substrato, ou seja, concentração dupla, homogeneizando em seguida todos os meios já inoculados com as ampolas. Posteriormente, adicionados 10mL dos meios, em cada tubo de ensaio, com o auxílio de uma pipeta automática, com ponteira estéril. O meio com concentração dupla é colocado na diluição 10.

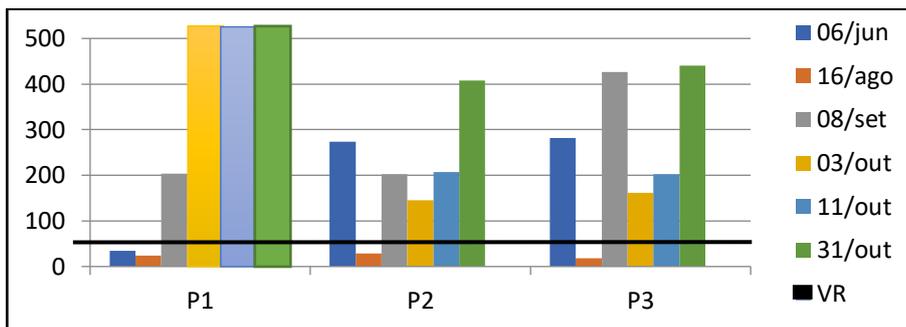
Nas garrafas de água destilada contendo 90 mL, nomeadas cada uma com os valores de cada diluição correspondente, foram pipetados 10mL da água bruta, para a garrafa da diluição 10^{-1} , em seguida 10mL da diluição 10^{-1} para a garrafa da diluição 10^{-2} e, assim por diante. Preparadas as diluições da amostra e cada tubo de ensaio já contendo o meio de cultura, foi inoculado nesses tubos 1mL das diluições da amostra correspondente a diluição nomeada no tubo de ensaio, por exemplo, diluição 10^{-1} no tubo de ensaio 10^{-1} . No tubo de ensaio com diluição 10, foram pipetados 10mL da água bruta e no tubo de ensaio com diluição 10^0 foi pipetado 1mL da água bruta. Após a sementeira, cada tubo de ensaio foi homogeneizado vigorosamente, no mínimo, 25 vezes, inclinando o frasco mais ou menos 45° e logo após os tubos foram incubados na estufa a $36^\circ \pm 0,5^\circ\text{C}$ por 24 horas, após esses períodos foi visualizado na câmera de luz ultravioleta (UV), com comprimento de onda de 366 nm. Visivelmente os tubos apresentaram coloração esverdeada quando positivo.

2 RESULTADOS

Nas amostras coletadas nos dias 06 de junho, 16 de agosto e 08 de setembro, o clima estava ensolarado e o rio apresentava baixo volume, assim como o solo se encontrava seco. Nos dias 03, 11 e 31 de outubro, elas foram coletadas depois do clima chuvoso. As possíveis alterações tendem a ter influência dos índices pluviométricos. O rio apresentava alto volume e o solo se encontrava úmido. Nos dias 03 de outubro e 31 de outubro, houve presença de sítiantes e animais de pastagens (bois e vacas). No dia 11 de outubro, houve a presença de múltiplas banhistas que estavam utilizando o rio. Nos dias 06 de junho, 08 de setembro e 11 de outubro houve presença de pescadores locais.

Ao analisar o parâmetro cor, as três amostras estavam acima do valor estabelecido pelo CONAMA nº 357 (2005) de até 75 mg Pt/L, obtendo-se valor alto acima do visível do aparelho com um comprimento de onda acima de 420 nm, com o ponto 1 (P1) nos dias 03, 11 e 31 de outubro, levando um valor aproximado no Gráfico 1.

Gráfico 1- Valores dos parâmetros da cor

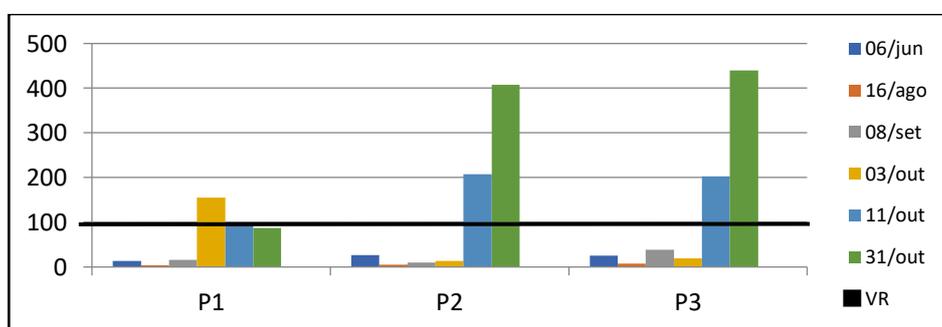


Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

O parâmetro físico cor está relacionado a valores visivelmente estéticos, mas também utilizado como indicativo de monitoramento de poluição quando ultrapassado os limites dos padrões (Oliveira; Cunha, 2014). A composição da cor é dependente do tipo do material presente no corpo hídrico podendo ser de origem orgânica (ácidos húmicos, animais, plantas) ou mineral (resíduos industriais, presença de metais), onde ambas são partículas dissolvidas na água (Almeida, 2019).

Ao analisar o parâmetro físico da turbidez, os três pontos de coleta obtiveram um índice acima do valor de referência do CONAMA nº 357 (2005) de até 100 UNT. Com o valor máximo de 440 UNT no ponto 3 (P3), conforme Gráfico 2.

Gráfico 2 – Valores dos parâmetros da turbidez

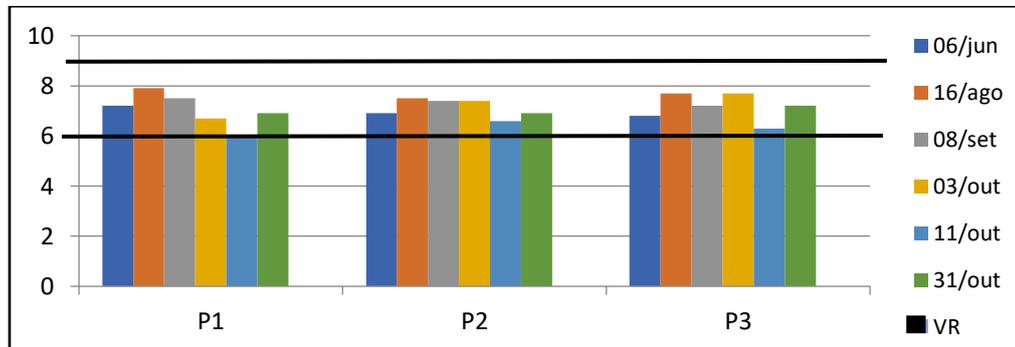


Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

A turbidez está ligada aos indicativos em relação à cor, na qual estão relacionados com a reflexão da luz em partículas e na interferência da passagem dessa luz em materiais em suspensão. Com isso a turbidez está relacionada com a qualidade da água (Almeida, 2019).

Ao analisar o pH, obtiveram-se valores dentro das normalidades, como visto no Gráfico 3, segundo as normas do CONAMA nº 357 (2005) com pH variando entre 6,0 a 9,0.

Gráfico 3 – Valores dos parâmetros do pH

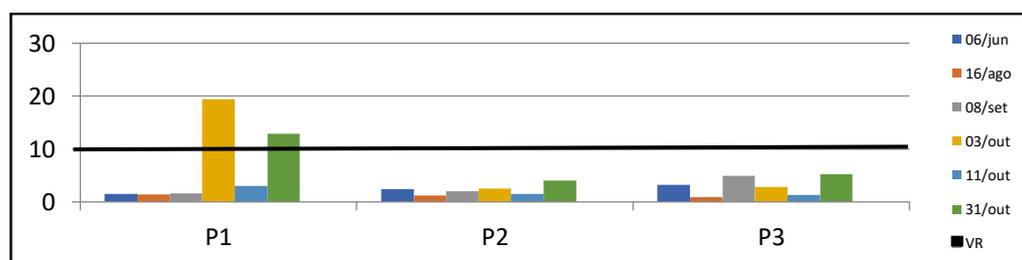


Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

O pH (potencial de hidrogênio) mede as concentrações de grupos de hidrogênio e hidroxila em uma escala de 0 a 14, onde abaixo de 7,0 é ácido com altas concentrações de hidrogênio e a cima de 7 é básico ou alcalino com altas concentrações de hidroxila, quando essas concentrações estão iguais o pH é 7,0 (Chang; Goldsby, 2013; Dias, 2016).

Na análise do nitrato, apenas o ponto 1 (P1) ultrapassou os limites estabelecidos pelo CONAMA nº 357 (2005) de até 10,0 mg/L. Os outros dois pontos (P2, P3) se encontram dentro das normalidades, conforme pode-se observar com o valor mínimo de 0,9 mg/L no ponto 3 (P3) e 19,4 mg/L no ponto 1 (P1), conforme observado no Gráfico 4.

Gráfico 4 – Valores dos parâmetros do nitrato (NO₃⁻²)



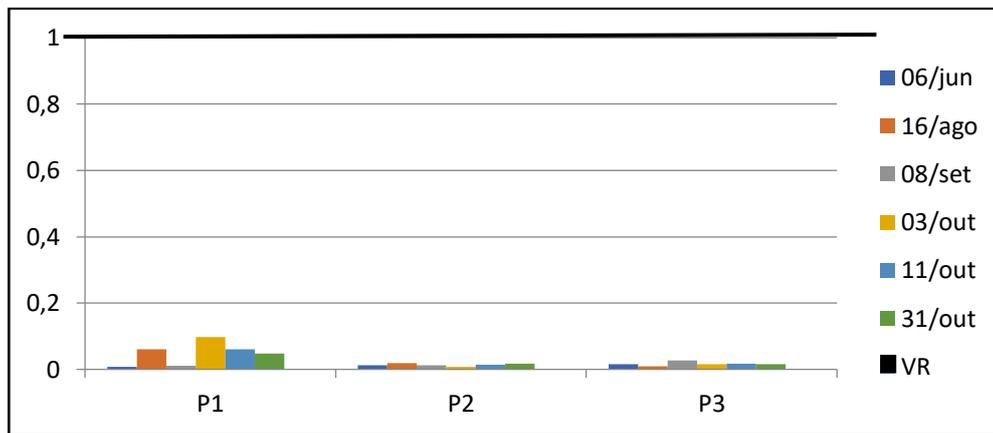
Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

O ciclo natural do nitrato provém da decomposição de organismos, ocorrendo a amonificação e da degradação de compostos nitrogenados, na qual há a liberação de amônia,

que, pelo processo de nitrificação pela oxidação bacteriana, inicialmente, converte-se em nitrito e, posteriormente, em nitrato (Dias, 2016).

Na análise do nitrito, conforme o Gráfico 5, todos os três pontos se encontram dentro das normalidades com parâmetros estabelecidos pelo CONAMA nº 357 (2005) de 1,0 mg/L, tendo o valor mínimo de 0,007 mg/L e máximo com 0,098 mg/L para o ponto 1 (P1).

Gráfico 5 – Valores dos parâmetros do nitrito (NO_2^{-2})

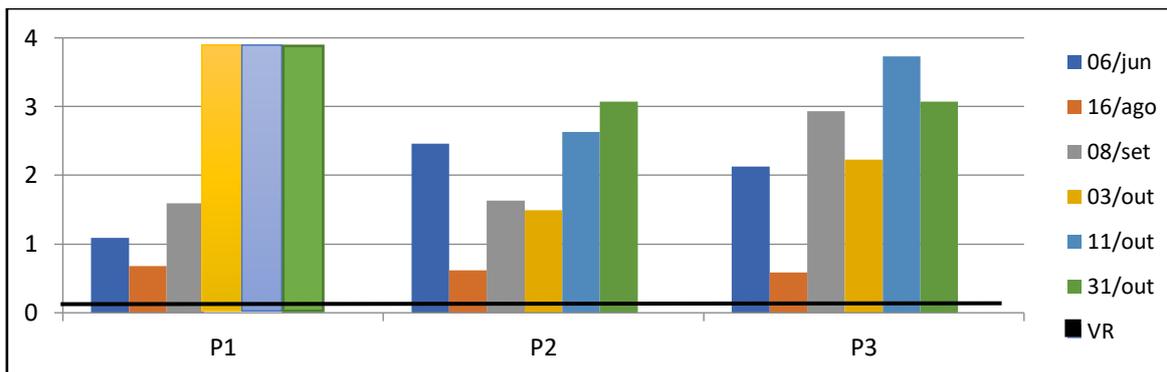


Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Ele faz parte do ciclo do nitrogênio, em que o nitrato é reduzido em nitrito. Com isso, assim como altas doses de nitrato são prejudiciais, o nitrito, quando ultrapassados os limites estabelecidos, também representa risco a saúde pública por serem compostos tóxicos (Santos, 2022).

O parâmetro ferro apresenta valor estabelecido pelo CONAMA nº 357 (2005) de 0,3 mg/L. Todos os pontos de coletas ultrapassaram exacerbadamente o valor permitido, conforme Gráfico 6. Novamente o ponto 1 (P1) apresentou valores que o aparelho não pode ler a absorbância, levando um valor aproximado no gráfico.

Gráfico 6 – Valores dos parâmetros do ferro (Fe)

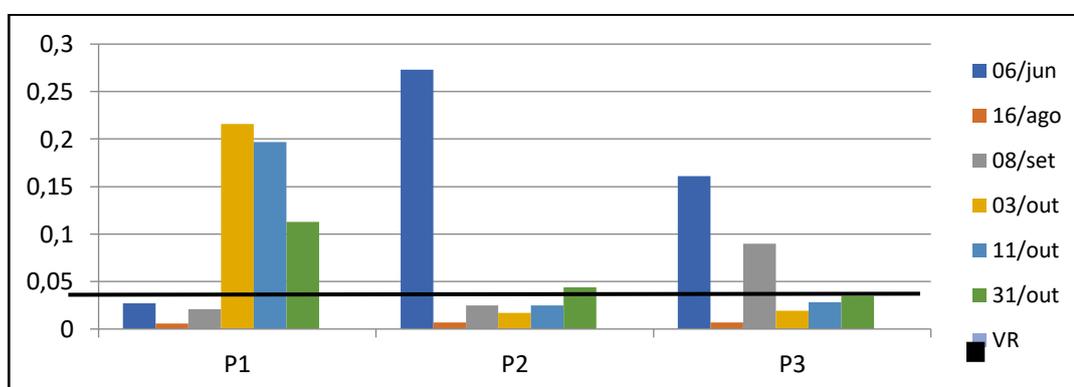


Fonte: Elaborada pelos autores (2023).

O ferro é considerado um metal pesado, com sua densidade de $7,8 \text{ g/cm}^3$ e é um dos materiais utilizados há muitas décadas desde fabricação de ferramentas até nos dias atuais como constituinte de ligas metálicas (Medeiros, 2010). Vários íons metálicos, incluindo o ferro, estão presentes na natureza e nos seres vivos, que são constituintes primordiais para o funcionamento do organismo humano (Princhak, 2022).

No parâmetro do níquel, houve a ultrapassagem do limite estabelecido pelo CONAMA nº 357 (2005) de $0,025 \text{ mg/L}$, dando ênfase ao ponto 2 (P2) com valor de $0,273 \text{ mg/L}$, conforme pode ser observado no Gráfico 7.

Gráfico 7 – Valores dos parâmetros do níquel (Ni)



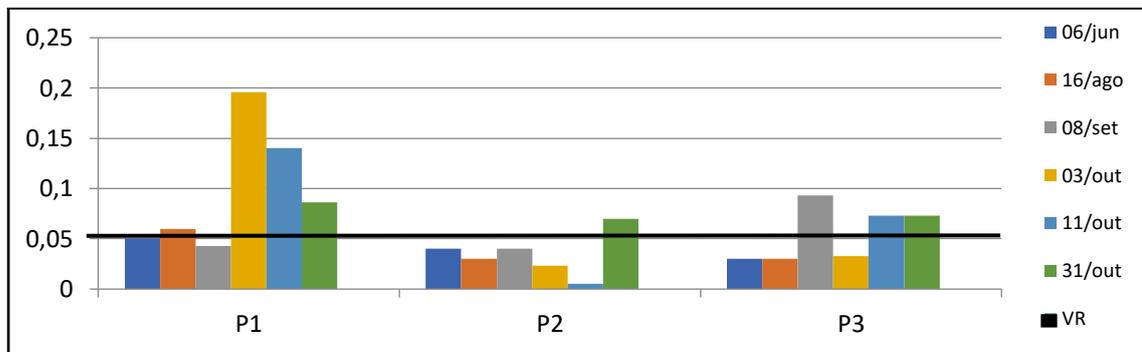
Fonte: Elaborada pelos autores (2023).

O níquel também é considerado um metal pesado, pois sua densidade é de $8,5 \text{ g/cm}^3$, por meio do qual pode ocorrer contaminação por exposição ocupacional ou por poluição ambiental, como, no caso, os recursos hídricos (Gonzalez, 2016). Esse metal é abundante em

forma de reserva natural e utilizado principalmente como fonte industrial de metais pesados pelas indústrias metalúrgicas e pelas atividades de mineração (Soares *et al.*, 2018).

No CONAMA nº 357 (2005), o valor estabelecido para o cromo é de 0,05 mg/L. Os três pontos ultrapassaram esse limite, com ênfase no ponto 1 (P1), com valor de 0,196 mg/L, conforme observado no Gráfico 8.

Gráfico 8 – Valores dos parâmetros do cromo (Cr)

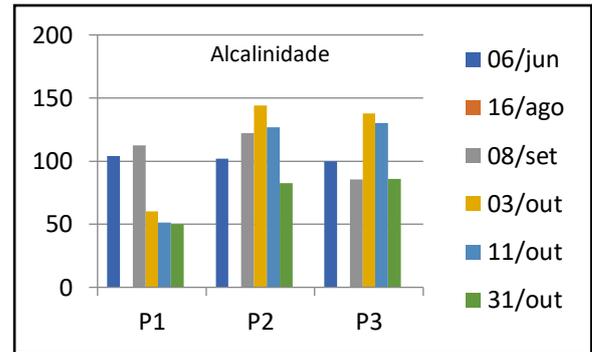
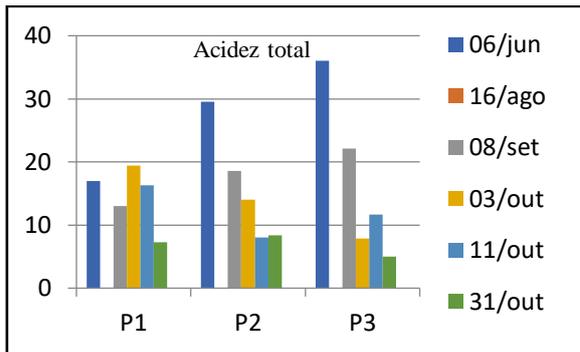


Fonte: Elaborada pelos autores (2023).

O cromo também é considerado metal pesado, tendo densidade que de 7,1 g/cm³, ou seja, sua massa específica e atômica ser maior de 5 g/cm³ (Júnior *et al.*, 2008). Apesar de ser encontrado em alimentos e ser uns dos nutrientes constituintes dos seres humanos, quando suas origens são antrópicas sua alta dose pode levar a sérios riscos de saúde e ambientais (Frois; Pereira, 2020).

A acidez total e alcalinidade, conforme Gráficos 9 e 10, são métodos influenciáveis pelo pH, ou seja, quando um pH é básico a acidez total se sobre põe a alcalinidade e contrário também é verdadeiro. Nas análises do pH (Gráfico 3), nenhum dos resultados passam de 8,0, ou seja, foram obtidos valores com pH ácido para neutro. Assim sendo, a alcalinidade representou valores gastos durante o método de titulação maior do que os valores gasto da titulação da acidez total. A alcalinidade avalia a presença de hidróxidos, carbonatos e bicarbonato e a acidez total avalia a presença de carbono livre, ácidos minerais e orgânicos na água (Rodrigues *et al.*, 2022). No dia 16 de agosto, não foi realizada a análise por falta de reagente.

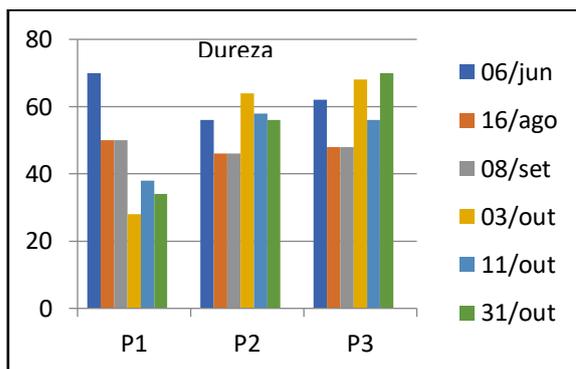
Gráficos 9 e 10 – Valores dos parâmetros da acidez total e alcalinidade.



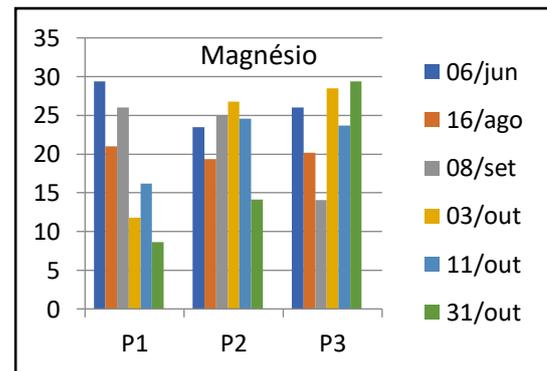
Fonte: Elaborada pelos autores (2023).

A análise da dureza está relacionada à capacidade da água de produzir sabão através do cálcio e magnésio. Com isso as águas subterrâneas possuem mais índices do que as águas superficiais, pois são minerais que provêm das rochas e do solo. A dureza total é a junção da ligação do cálcio e magnésio ao bicarbonato e do nitrato, assim sendo expressa por miligramas por litro (Dias, 2016). Nos Gráficos 11 e 12, encontram-se os valores obtidos para o parâmetro de dureza, cálcio e magnésio.

Gráfico 11 e 12 – Valores dos parâmetros da dureza, cálcio e magnésio

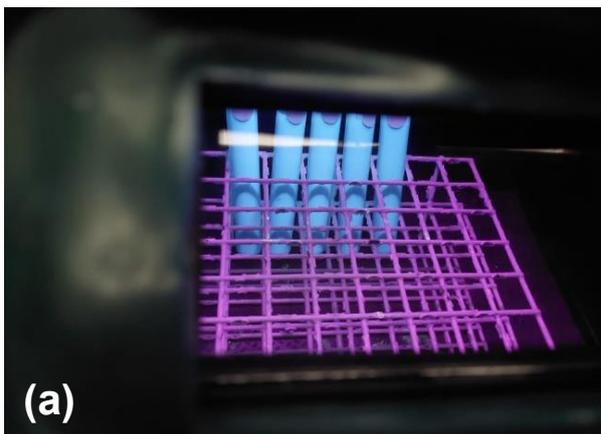


Fonte: Elaborada pelos autores (2023).



Na análise bacteriológica, foram analisados coliformes totais que são bactérias não formadoras de esporos e são encontrados em solos e vegetais. Os coliformes fecais ou termotolerantes, dentre as principais espécies dentro desse grupo, é a *Escherichia coli*, microrganismos patogênicos de origem fecal, utilizado como indicativo de contaminação por efluentes domésticos (Dias, 2016). Nas Figura 3 e 4, evidencia-se a avaliação do parâmetro biológico.

Imagens 6 e 7 – Análise bacteriológica



(a) Fonte: Elaborada pelos autores (2023).

(b)

Na imagem (a), é possível verificar, sobre a luz UV, amostra positiva para coliformes fecais, já, na imagem (b), há tubos que reagiram com o meio de cultura, mudando sua coloração para azul e os que não reagiram mantiveram sua cor transparente. Em adição, na Tabela 1 encontram-se os resultados para a avaliação microbiológica do método de tubos múltiplos.

Quadro 1 – Resultados da análise bacteriológica

Diluição	Coliformes totais	Coliformes fecais
10	5+	5+
10 ⁰	5+	4+
10 ⁻¹	5+	1+
10 ⁻²	3+	0
10 ⁻³	1+	0
10 ⁻⁴	0	0
10 ⁻⁵	0	0
10 ⁻⁶	0	0
TOTAL nmp/100mL	1,2 X 10 ⁴	1,7 X 10 ²

Fonte: Elaborada pelos autores (2023).

3 DISCUSSÃO

A presença de cor é decorrente da presença de partículas provenientes de fenômenos naturais, como a interferência da precipitação com a lavagem do solo e fatores antrópicos como, descartes de efluentes e fertilizantes que provocam a eutrofização (Ferreira; Rocha; Figueiredo, 2015). A cor aparente é um indicativo de degradação ambiental, visto que fatores externos contribuem para seu aumento como as áreas de pastagens e campos das monoculturas que contribuem para processos erosivos (Souza; Silva; Pinto, 2020). Os índices pluviométricos são outro fator influenciador que, dependendo da intensidade da chuva, pode interferir na cor, principalmente se há ausência de vegetação no local, ocorrendo à lixiviação. Os aumentos de nutrientes levados do solo para a água ou pelos descartes de efluentes ocorrem à proliferação de algas que, conseqüentemente, promove o desequilíbrio do ecossistema, pois, além de aumentar o parâmetro físico da cor, plantas aquáticas não realizam fotossínteses e, posteriormente, ocorre a redução do oxigênio para os seres vivos (Alencar *et al.*, 2019).

Os sólidos interferentes na turbidez podem ser, tanto de origem natural, como as partículas provenientes de rochas, algas e microrganismos, como de origem antrópica, decorrentes dos efluentes industriais e erosão por desmatamentos (Raposo; Barros; Júnior, 2010). Assim como os índices pluviométricos alteram a cor da água, ela também influencia na turbidez, pelo carregamento de materiais do solo para a água pelo processo de lixiviação (Siqueira; Aprile; Migués 2012). Segundo os estudos de Alves *et al* (2008), a alta turbidez representa problemas ambientais como diminuição da fotossíntese por plantas aquáticas pela dificuldade da passagem da luz e, posteriormente, diminuição das espécies aquáticas por falta de oxigênio. Assim sendo, não somente o alto índice de turbidez afeta o consumo para o ser humano, mas também proporciona má qualidade ambiental e um desequilíbrio natural dos seres vivos.

O nitrato é encontrado mais facilmente em forma de nitrogênio no solo, o que contribui para a contaminação do recurso hídrico pelo processo de lixiviação e percolação (Simões, 2020). Segundo Gomes e Barizon (2014), muitas pesquisas realizadas no estado de São Paulo estudaram as relações e fatores de origens do nitrato e verificaram a presença deste parâmetro em águas subterrâneas. Segundo Costa, Kempka e Skoronski (2016) ocorre uma correlação com a expansão de urbanização e, ao mesmo tempo, decorrentes das ações dos centros rurais, as quais contribuem para contaminações do solo e recursos hídricos pelo nitrato. As altas concentrações de nitrato podem ter como principais fontes de contaminações vias pontuais,

como esgotos, fossas, lixos (atividades antrópicas), excrementos de animais e não pontuais, como fertilizantes nitrogenados (Dias, 2016; Simões, 2020). Os sistemas de fossas sépticas são as maiores causadoras de excesso de nitrato em água e solo. Por serem um sistema de baixo custo e de simples operação, são escolhidas como meio de tratamento de efluentes domésticos (Torres, 2011; Costa; Kempka; Skoronski, 2016).

Entretanto, com os resultados analisados pela técnica de tubos múltiplos na análise bacteriológica, foi possível verificar baixa contaminação por coliformes fecais e coliformes totais, ou seja, a contaminação da análise no rio São José dos Dourados não tem como principais fontes não pontuais e possivelmente o alto índice de nitrato encontrado pode provir de contaminação por fertilizantes nitrogenados. Segundo Gomes e Barizon (2016), contaminações difusas, como as monoculturas, são as mais alarmantes, pois, para seu desenvolvimento, necessitam de usos intensivos de agrotóxicos e fertilizantes que podem atingir o subsolo. Assim sendo, todo o conteúdo do solo, além de atingir águas subterrâneas, pode atingir águas superficiais, levando toda a carga excessiva de íons de nitrogênio. Além disso, é um íon estável, com boa solubilidade, tornando-se difícil sua retirada no recurso hídrico, pois tem baixa reatividade e alta mobilidade (Loganathan; Vigneswaran; Kandasamy, 2013).

Conforme destacado por Costa, Kempka e Skoronski (2016), embora o ciclo do nitrogênio desempenhe naturalmente um papel crucial no equilíbrio necessário para sustentar o desenvolvimento das plantas, é importante reconhecer que ele não está preparado para lidar com a sobrecarga de nitrogênio sintético. Em outras palavras, o uso excessivo de fertilizantes traz consigo implicações significativas tanto para o meio ambiente quanto para a saúde humana. Como risco ambiental, o aumento de nitrogênio produz a eutrofização nos rios, com os aumentos de cianobactérias, turbidez, cor, diminuição de oxigênio e de espécies aquáticas (Cabral, 2020), além de perda de biodiversidade e acumulação de resíduos em todo ecossistema, pelo solo e água. Já, na saúde pública, o excesso de nitrato está relacionado com intoxicação que afeta a hemoglobina e metahemoglobina, dificultando o transporte de oxigênio (Dias, 2016). Uma das doenças conhecidas pela diminuição da carga de oxigênio disponível no sangue é a “síndrome do bebê azul” (Costa, 2021).

O cromo provém de grande parte da contaminação por descartes de efluentes de atividades industriais, que, com manejo inadequado, pode alterar as propriedades físico-químicas do recurso hídrico (Cuellar, 2015; Marques *et al.*, 2021). A forma como é produzida pelas indústrias é chamada de cromo hexavalente, considerado cancerígeno e extremamente tóxico (Albernaz, 2015). Com o uso excessivo de fertilizantes, aumenta-se a capacidade de

retenção desse metal pelo solo. A exposição desse metal com a água é decorrente do processo de lixiviação. Dessa forma, quando há aumento dos índices pluviométricos, ocorre a infiltração dos metais do solo para as águas subterrâneas (Cavallet; Carvalho; Neto, 2013). Assim sendo, ele se torna um material particulado que dificilmente será retirado e, posteriormente, poluirá outros percursos do rio (Barbosa, 2017).

Assim como o níquel pode ser inserido no meio ambiente de forma natural, com origens geológicas, também pode ser inserido por processos agrícolas, industriais e com descartes de efluentes (Souza; Morassuti; Deus, 2018). Com a demanda de aumento de produtividade em alimentos, o solo tem que ter capacidade para suprir as plantações e servir como suporte para desenvolvimentos de plantio (Gonçalves, 2009). Com isso, o níquel se tornou um dos principais constituintes de fertilizantes inorgânicos e herbicidas que compõem os metais pesados no solo, chamado de fertilizantes fosfatados, que podem se acumular durante anos e gerar processos de contaminações ambientais (Souza; Morassuti; Deus, 2018). Ao se acumularem todos os metais pesados, podem chegar até as águas subterrâneas e, posteriormente, contaminar o percurso de um rio, além de ser escoado por processo de lixiviação (Cavallet; Carvalho; Neto, 2013).

Existe uma correlação de dependência do íon ferro no sangue, principalmente na hemoglobina na chamada homeostase orgânica, porém quando encontrado de forma livre no sangue é extremamente tóxico. Contudo, sua deficiência causa quadros de patologias e anemias, visto que altos índices na corrente sanguínea também podem causar intoxicação aguda. O ferro é o segundo metal mais abundante no solo, mas, em grandes quantidades, além de degradá-lo, pode contaminar águas subterrâneas e, posteriormente, percursos de rios (Princhak, 2022).

É notório que, atualmente, grandes fatores antropogênicos são os principais causadores de poluição hídrica e que se devem levar em consideração várias fontes de poluições que se somam e degradam o meio ambientes, como, por exemplo, descartes de efluentes, no uso excessivo de agrotóxicos e de fertilizantes (Oliveira *et al.*, 2023). O ferro é um dos constituintes comuns encontrados em águas naturais, visto que é um elemento encontrado em rochas, mas, quando ultrapassa os limites máximos permitidos, é comum a mudança na cor e odor da água (Almeida *et al.*, 2019). Esses níveis elevados de ferro caracterizam precipitados de hidróxido de ferro insolúvel, diretamente ligados às ações humanas por descartes de efluentes industriais nos corpos hídricos (Oliveira; Santos 2018).

Há vários tipos de poluentes que podem afetar tanto atmosféricamente ou pelo solo ou pela água, mas todos, quando contaminados de forma não natural, acarretam prejuízos para os

seres vivos (Matos, 2013). Com o aumento das atividades antropogênicas que se agregam com as industrializações e atividades agrícolas, esses metais pesados têm se intensificado como poluentes que geram diversos problemas ambientais e na saúde (Souza; Morassuti; Deus, 2018). Ao contato com o ser vivo, os contaminantes expressam danos aos vários tipos do substrato da constituição física, visto que somos um complexo dependente de estruturas que se comunicam, do molecular à formação dos tecidos e órgãos e que os agrotóxicos danificam diferentes níveis. Uma das consequências que ocorre é a contaminação de espécies não-alvos, visto que os fertilizantes e agrotóxicos são utilizados para controle e exterminação de pragas e vetores (Ribas; Terezinha, 2009).

Os metais pesados, como o cromo, níquel e ferro, em concentrações altas e diárias, influenciam em todos os fatores ambientais, sejam elas, perda de fertilização do solo, poluição hídrica, como em processos fisiológicos dos seres vivos (Souza; Morassuti; Deus, 2018). Nos rios, os metais pesados, junto aos agrotóxicos, tendem a ser carregados por grandes distâncias, tornando-se mais contaminantes, principalmente, aqueles que apresentam maior hidrossolubilidade (Dellamatrice; Monteiro, 2014). As consequências, devido à contaminação da água, são observadas na diminuição das plantas aquáticas por dificuldade da realização de fotossíntese que, posteriormente, afetam os animais, como os peixes, restringindo sua fonte de alimentação e, ao mesmo tempo, afetando-os de maneira fisiológica, podendo levar a óbito ou repassando para outras espécies, de acordo com o ciclo da cadeia alimentar. Como a contaminação ocorre principalmente por forma difusa, com a dificuldade de retirada, ocorre, como consequência, a perda da biodiversidade e qualidade do recurso hídrico (Dellamatrice; Monteiro, 2014).

Com relação à toxicidade em seres vivos, uma das principais vias de exposição é pela ingestão de alimentos e água contaminada, até por absorção cutânea (Barbosa, 2017). A longo prazo, podem ser observados os riscos e consequências quando exposto a esses agentes para a saúde humana, ou seja, não é algo imediato, mas que deve ser levado em consideração nas identificações das principais doenças notificadas. Além disso, deve ser incluída para avaliação desses riscos e sua identificação a avaliação da dose-resposta, a avaliação da exposição e a caracterização do risco (ANVISA, 2019). Barsano, Barbosa e Viviana (2014) afirmam que as doenças mais graves, como as cancerígenas até os sintomas mais leves, como intoxicação, devem ser considerados como um indicador para possíveis contaminações.

CONCLUSÃO

Foi possível estabelecer indícios de contaminação, não somente por agrotóxicos e fertilizantes como também por efluentes industriais. Essas contaminações estão ocorrendo em todo o percurso do rio, como analisado durante os primeiros dias de coletas, em que houve contaminação no ponto 3, acarretando alterações no ponto 1, perto da usina e longe dela, respectivamente e que, possivelmente, haja outras fontes de contaminação presentes no ponto 1, ou seja, foi determinado que a água não pode ser considerada potável, em decorrência das alterações presentes no estudo.

Não foram evidenciadas contaminações por efluentes domésticos, por meio da análise bacteriológica, podendo haver somente influências dos animais silvestres e de pastagens com contaminações por fezes, porém os números indicaram normalidades pelas características locais. Como ocorre a presença de pescadores, sítiantes e banhistas locais, aciona-se um alerta para a saúde pública, visto que se observaram níveis elevados dos parâmetros de cromo, níquel e ferro. Tais parâmetros, em contato direto e indireto, pela ingestão de água e alimentos, como peixes, podem futuramente levar a sérios problemas de saúde. Diante disso, as atividades antrópicas estão ligadas à degradação ambiental e qualidade de ecossistemas aquáticos. Compreender essas influências pode gerar aspectos positivos para a integridade ecológica.

É importante, nesse sentido, que as sociedades, empresas e gestores tenham consciência de que o meio ambiente oferece recursos finitos. Assim sendo, é obrigação de todo esse conjunto manter essa integridade por meio de avaliações e observações constantes, não somente com relação a resíduos tóxicos, como também em manutenções e limpezas locais, para não afetar gerações presentes e futuras.

REFERÊNCIAS

ALBERNAZ, D. D. P. **Estudo dos parâmetros físico-químicos de adsorção de cromo hexavalente por nanopartículas magnéticas**. 2015. 20 f. Tese (Trabalho de Conclusão de Curso) – Faculdade Licenciatura em Ciências Naturais, Universidade de Brasília, Planaltina, 2015.

ALENCAR, V. E. S. A. *et al.* Análise de parâmetros de qualidade da água em decorrência de efeitos da precipitação na baía de Guajará – Belém– PA. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 12, n. 02, p. 661-680, maio. 2019.

ALMEIDA, T. P. de. **Qualidade e preservação da água das fontes minerais naturais do município de Amparo – SP**. 2019. 94 f, Dissertação (Mestrado Ciências Ambientais) – Faculdade de Ciências Ambientais, Universidade Brasil, São Paulo, 2019.

ALMEIDA, T. P. *et al.* Qualidade e preservação da água das fontes minerais naturais do município de Amparo – SP. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 8, n. 56, p. 122- 141, mar. 2020.

ALVES, E. C. *et al.* Avaliação da qualidade da água da bacia do rio Pirapó – Maringá, Maringá, Estado do Paraná, por meio de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos. **Revista Acta Sci. Technol**, v. 30, n. 1, p. 39-48, maio. 2008.

ANVISA, Agência nacional de Vigilância Sanitária. **Programa de análise de resíduos de agrotóxicos em alimentos – PARA**. Brasília: Gerência Geral de Toxicologia, 2019. 136 p.
BARBOSA, I. M. V. **O cromo no meio ambiente e tratamentos de efluentes contaminados com metais pesados**. 2017. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Faculdade Engenharia Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017.

BARSANO, P. R.; BARBOSA, R. P.; VIANA, V. J. **Poluição ambiental e saúde pública**. 1. ed. São Paulo: Érica, 2014. 129 p.

BASSO, C.; SIQUEIRA, A. C. F.; RICHARDS, N. S. P. dos S. Impacts on human health and environment related to the use of pesticides: An integrative review. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 8, p. e43110817529, mar. 2021.

BOMBARDI, L. M. **Geografia do uso de agrotóxicos no brasil e conexões com a união europeia**. São Paulo: FFLCH - USP, 2017. 296 p.

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

BRASIL. Resolução Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, n. 53, p. 58-63, 18 mar. 2005. Seção 1.

CABRAL, G. A. J. **Comportamento dos compostos nitrogenados, amônia, nitrito e nitratos, em águas subterrâneas**. 2020. 45 f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Faculdade de Química, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020.

CANDIDO, D. de P.; HERBST, M. H. Agrotóxicos como tema gerador para o ensino-aprendizagem das propriedades físico-químicas de compostos orgânicos: uma proposta para o ensino médio. **Revista Debates em Ensino de Química**, v. 8, n. 3, p. 299–318, dez. 2022.

CAVALLET, L.E; CARVALHO, S.G de; NETO, P. F. Metais pesados no rejeito e na água em área de descarte de resíduos sólidos urbanos. **Revista Ambiente e Água**, v. 8, n. 3, p. 229–38, set. 2013.

CHANG, R.; GOLDSBY, K. A. **Química**. 11. ed. Porto Alegre: AMGH, 2013. 1168 p.

CIMINELLI, V. S. T. Recursos Minerais, Água e Biodiversidade. **Cadernos temáticos de química nova na escola**, v. 8, n. 8, p. 39-45, maio. 2014.

COSTA, C. dos S. **Validação de metodologia analítica para determinação de nitrato em águas e efluentes**. 2021. 82 f. Tese (Trabalho de Conclusão de Curso) – Faculdade Engenharia Química, Universidade Federal de Maranhão, São Luís, 2021.

COSTA, D. D.; KEMPKA, A. P.; SKORONSKI, E. A contaminação de mananciais de abastecimento pelo nitrato: o panorama do problema no Brasil, suas consequências e as soluções potenciais. **REDE - Revista Eletrônica do PRODEMA**, v. 10, n. 2, mar. 2017.

CUELLAR, O. F. A. Tratamientos para la remoción de Cromo (VI) presente en aguas residuales. **Revista Nova**, v. 1, n. 1, p. 66–73, dez. 2015.

DELLAMATRICE, P. M.; MONTEIRO, R. T. R. Principais aspectos da poluição de rios brasileiros por pesticidas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.12, p.1296–1301, dez. 2014.

DIAS, A. C. A. **Análise e identificação da origem de contaminação dos recursos hídricos no conselho de Salvaterra de Magos**. 2016. 109 f. Dissertação (Mestrado em Geologia Aplicada) – Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Portugal, 2016.

FERREIRA, A. C.; ROCHA, L. C.; FIGUEIREDO, M. do A. Análise do índice de qualidade de água na bacia do córrego do rio acima, São João Del-Rei/MG. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 3, n. 15, set. 2015.

FROIS, A. C. F.; PEREIRA, S. G. Qualidade da água do rio Paranaíba na região de patos de Minas-MG: organoclorados e metais pesados e a sua relação com saúde pública e coletiva. **Scientia Generalis**, v. 1, n. 3, p. 54–99, maio. 2020.

GOLDEMBERG, J.; COELHO, S. T.; GUARDABASSI, P. The sustainability of ethanol production from sugarcane. **Energy Policy**, v.36, n. 6, p. 2086-2097, jun. 2008.

GOMES, M. A. F.; BARIZON, R. R. M. **Panorama da contaminação ambiental por agrotóxicos e nitrato de origem agrícola no Brasil: cenário 1992/2011**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2014. 35p.

GONÇALVES, V. C. **Cádmio, chumbo e níquel: teores de fertilizantes fosfatados e fracionamento e sorção em solos do Rio Grande do Sul**. 2009. 147f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

GONZALEZ, K. R. Toxicologia do Níquel. **Revista Intertox de Toxicologia Risco Ambiental e Sociedade**, v. 9, n. 2, p. 30-54, jun. 2016.

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Indicadores IBGE: estatística da produção agrícola**. Rio de Janeiro: IBGE, 2021.

JÚNIOR, A. C. G. Remoção de metais pesados tóxicos cádmio, chumbo e cromo em biofertilizante suíno utilizando macrófita aquática (*Eichornia crassipes*) como bioindicador. **Acta Scientiarum. Technology**, v. 30, n. 1, p. 9-14, maio. 2008.

LIMA, R. V. de. *et al.* Impactos ambientais e o ensino de biologia para a prática social. **Rebena - Revista Brasileira de Ensino e Aprendizagem**, v. 5, p. 107–120, jan. 2023.

LOGANATHAN, P; VIGNESWARAN, S; KANDASAMY, J. Enhanced removal of nitrate from water using surface modification of adsorbents a review. **Journal of Environmental Management**, v.131, n. [S.I], p. 363-74, dez. 2013.

LOPES, C. V. A.; ALBUQUERQUE, G. S. C. de. Agrotóxicos e seus impactos na saúde humana e ambiental: uma revisão sistemática. **Saúde Em Debate**, v.42, n. 117, p. 518–534, apr./jun. 2018.

MARQUES, R. F. P. V. *et al.* Impactos da disposição de resíduos sólidos urbanos no solo em municípios de Minas Gerais – Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.14, n.03, p. 1382-1392, abr. 2021.

MATOS, A. T. de. **Poluição ambiental: impactos no meio físico**. Viçosa: UFV, 2013. 239 p.

MEDEIROS, M. de A. Ferro. **Revista Química Nova na Escola**, v. 32, n. 3, p. 208 – 210, ago. 2010.

OLIVEIRA, G. N. R.; SANTOS, N. R. **Remoção de ferro em efluente industrial de tintas através de filtração adsorptiva de fluxo ascendente em leito fixo com bagaço de cana-de-açúcar (saccharum officinarum)**. 2018. 48f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Faculdade de Engenharia Química, Universidade de Uberaba, Uberaba, 2018.

OLIVEIRA, B. S. S. de; CUNHA A. C da. Correlação entre qualidade da água e variabilidade da precipitação no sul do Estado do Amapá. **Revista Ambiente e Água**, v. 9, n. 2, p. 261–75, jun. 2014.

OLIVEIRA, V. I. de. *et al.* Biological effects of water pollution in the Itapecuru river in the city of Caxias/MA. **Research, Society and Development**, v. 12, n. 9, p. e1012943114, set. 2023.

PERES, F. (org.). MOREIRA, J. C., DUBOIS, G. S. **Agrotóxicos, saúde e ambiente: uma introdução ao tema**. Rio de Janeiro: Fiocruz, 2008. 384 p.

PRINCHAK, T. C. **Síntese e caracterização do complexo de ferro com o pesticida carbendazim, um ligante de importância ambiental**. 2022. 58f. Tese (Trabalho de Conclusão de Curso) – Faculdade de Química Industrial, Universidade Federal de São Paulo, Diadema, 2022.

RAPOSO, A. A.; BARROS, L. F. de P.; JÚNIOR, A. P. M. O uso de taxas de turbidez da bacia do alto rio das velhas – Quadrilátero Ferrífero/MG – como indicador de pressões humanas e erosão acelerada. **Revista de Geografia**, v. 27, n. 3, p. 34–50, set. 2010.

RIBAS, P. P.; MATSUMURA, A. T. S. A química dos agrotóxicos: impacto sobre a saúde e meio ambiente. **Revista Liberato**, v. 10, n. 14, p. 149–158, jul./dez. 2009.

RODRIGUES, J. J. *et al.* Determinação dos parâmetros Físico-Químicos de águas minerais comercializadas em João Pessoa - PB. **Conjecturas**, v. 22, n. 2, p. 1829–1839, apr. 2022.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos**. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2020. 496 p.

SANTOS, L. B. dos. **Monitorização de íons nitrito na água de lagoas localizadas na região metropolitana norte de Natal-RN, entre os anos de 2020 e 2022**. 2022. Tese (Trabalho de Conclusão de Curso) – Faculdade de Farmácia, Universidade Federal, Rio Grande do Norte, Natal, 2022.

SILVA, A. O.; SANTOS, F. dos. A modernização da agricultura e seus impactos no campo: uma análise sobre a disseminação dos agrotóxicos em alagoas (2012-2021). **UÁQUIRI - Revista do Programa de Pós Graduação em Geografia**, v. 5, n. 1, p. 87 – 111, ago. 2023.

SILVA, M. R.; CAMPOS, A. C. E. de; BOHM, F. Z. Agrotóxicos e seus impactos sobre ecossistemas aquáticos continentais. **SaBios-Revista de Saúde e Biologia**, v. 8, n. 2, p.46-58, mai./ago. 2013.

SIMÕES, L. C. V. **Avaliação da eficiência do processo eletroquímico na remoção de nitrato em efluente aquoso**. 2020. 72f. Tese (Trabalho de Conclusão de Curso) – Faculdade de Química Tecnológica e Industrial, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2020.

SIQUEIRA, G.W.; APRILE, F.; MIGUÉIS, A.M. Diagnóstico da qualidade da água do rio Parauapebas. **Revista Acta Amazônica**, v. 42, n. 3, p.413 – 422, set. 2012.

SOARES, P. **Recursos de Minas Gerais on line: síntese do conhecimento sobre riquezas minerais, história geológica, e meio ambiente e mineração de Minas Gerais**. Belo Horizonte: CODEMGE, 2018.

SOUZA, A. K. R.; MORASSUTI, C. Y.; DEUS, W. B. Poluição do ambiente por metais pesados e utilização de vegetais como bioindicadores. **Acta Biomedica Brasiliensia**, v. 9, n. 3, dez. 2018.

SOUZA, D. F. de; SILVA, L. O. S. da; PINTO, A. L. Qualidade física, química e biológica sazonal das águas superficiais da bacia hidrográfica do córrego Moeda em Três Lagoas/MS. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n. 1, p. 196-210, jan. 2020.

TORRES, R. M. **Remoção biológica de nitrato em água de abastamento humano utilizando o endocarpo de coco como fonte de carbono**. 2011. 77f. Dissertação (Mestrado Engenharia Sanitária) – Faculdade de Engenharia Sanitária, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2011.

WENDLING, G. G.; BARGOS, D. C. Análise dos altos números de concessões de registro à agrotóxicos de 2017 à 2022 no Brasil e suas possíveis consequências. **Boletim Paulista de Geografia**, v. 1, n. 110, p. 7–31, jul./dez. 2023.