




Avaliação Preliminar da Qualidade das Águas do Ribeirão Morangueiro por Descarte Irregular de Lodo de Estação de Tratamento de Água

Preliminary Evaluation of the Water Quality of Morangueiro Creek by Irregular Discharge of Sludge from a Water Treatment Plant

Alisson Diogo dos Santos da Silveira¹ , Maria Lúcia Hiromi da Silva Okumura² 
& Natália Ueda Yamaguchi² 

¹Unicesumar, Centro de Ciências Exatas, Tecnológicas e Agrárias da Unicesumar, Av. Guedner 1610, 87050-900, Maringá, Paraná, Brasil

²Unicesumar, Instituto Cesumar de Ciência, Inovação e Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Limpas, Av. Guedner 1610, 87050-900, Maringá, Paraná, Brasil

E-mails: alisson_diogo_silveira@outlook.com; marialucia.okumura@outlook.com; natalia.yamaguchi@unicesumar.edu.br

Resumo

O objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade da água do ribeirão Morangueiro em Maringá-PR, tendo em vista o descarte irregular de efluentes da lavagem de filtros e decantadores de uma estação de tratamento de água, com geração potencial de concentrações de alumínio anômalas. A determinação dos parâmetros físico-químicos da qualidade da água foi realizada por meio de uma sonda multiparâmetros e a concentração de alumínio foi determinada por absorção atômica por chama. Os resultados obtidos *in situ* demonstram que os parâmetros físico-químicos analisados apresentaram-se em conformidade com a legislação Brasileira para os parâmetros pH, turbidez, oxigênio dissolvido, sólidos dissolvidos totais, salinidade e temperatura. Porém, foram encontradas concentrações de alumínio muito superiores ao máximo permitido (até 6,6 vezes) para corpos hídricos de classe 2 segundo a resolução CONAMA 357/2005, indicando a alta poluição do ribeirão pela atividade antrópica. Desta forma, foi possível concluir que a qualidade da água do ribeirão Morangueiro está altamente alterada pela presença elevada de alumínio, podendo levar a graves consequências ao longo prazo, sendo necessárias medidas corretivas e estudos mais aprofundados sobre o impacto ambiental dos despejos irregulares.

Palavras-chave: Alumínio; Saneamento; Sustentabilidade

Abstract

The main objective of this work was to evaluate the water quality of the Morangueiro creek in Maringá-PR, given the irregular discharge of filter washing and decanting effluents from a water treatment plant with potential generation of anomalous aluminum concentrations. The determination of the physical-chemical parameters for water quality was carried out by means of a multiparameter probe, and the aluminum concentration was determined by flame atomic absorption. The results obtained *in situ* demonstrated that the physicochemical parameters analyzed were in accordance with the Brazilian legislation for pH, turbidity, dissolved oxygen, total dissolved solids, salinity and temperature. However, aluminum concentrations were much higher than the maximum allowed (up to 6.6 times) for class 2 water bodies according to CONAMA 354/2005, indicating the high pollution of the creek by anthropic activity. Finally, the water quality of the Morangueiro creek is highly altered by the high presence of aluminum, which may lead to serious long-term consequences, being needed correction measures and more detailed studies on the environmental impact of irregular discharges.

Keywords: Aluminum; Sanitation; Sustainability

1 Introdução

A crescente e constante degradação da qualidade da água dos mananciais de abastecimento tem levado as empresas de saneamento a utilizarem cada vez mais produtos químicos no tratamento da água. Consequentemente, isto faz com que ocorra o aumento na geração de lodo das estações de tratamento de água, que por falta de tecnologias e devido ao alto custo, é frequentemente lançado nos corpos hídricos (Kondageski *et al.*, 2013).

Existem vários tipos de coagulantes utilizados pelas estações de tratamento de água. Os coagulantes mais utilizados durante o tratamento de água são à base de alumínio, devido ao baixo custo e alta eficiência no processo. Porém, sua utilização gera grande quantidade de lodo, que acumula nos decantadores e filtros, sendo que o efluente gerado é composto por materiais concentrados existentes na água bruta (bactérias, algas, vírus, partículas orgânicas, colóides, areias, argilas, siltes, cálcio, magnésio, ferro e manganês), acrescido de uma alta concentração de coagulantes, tais como sais de alumínio ou ferro, e de outros produtos químicos utilizados durante o processo de tratamento da água (Andreoli *et al.*, 2013; Andrade *et al.*, 2014). Esse lodo é basicamente líquido, com teor de sólidos totais variando de 0,1 a 4,0% nas águas de descartes de decantadores, e entre 0,004 a 0,1% para as águas de lavagem de filtros (Kondageski *et al.*, 2013).

Os impactos na qualidade da água devido ao lançamento do lodo gerado por estações de tratamento de água dependem das características do lodo e da relação entre o volume do lodo lançado e da capacidade de autodepuração do corpo receptor. O principal argumento para justificar o lançamento deste lodo nos rios era fundamentado no fato de que os principais componentes do lodo faziam parte da própria composição da água do rio. Porém, deve-se considerar que, além dos componentes removidos da água do rio, o lodo também é formado pelos produtos químicos utilizados durante o processo de tratamento. Além disso, o tratamento remove as impurezas do rio e, portanto, não faz sentido incorporá-las novamente no rio. Neste contexto, a captação reduz a vazão do rio e, dessa forma, a manutenção da mesma quantidade de impurezas aumentaria consequentemente a concentração de impurezas (Andreoli *et al.*, 2013).

O alumínio está entre os elementos mais comuns no meio ambiente, ocupando o terceiro lugar depois de oxigênio e silício e primeiro entre os metais. Ele pode entrar nos corpos d'água e riachos da superfície por causa da dissolução parcial de argilas e silicatos de alumínio ou com precipitação e efluentes de diversas plantas industriais

(Linnik & Zhezherya, 2013). Sabe-se ainda que o alumínio não é um elemento biogênico, e não é retirado das massas de água, como é o caso de outros metais, como ferro, manganês, zinco etc, visto que, acredita-se que o alumínio como componente da matéria em suspensão não apresenta biodisponibilidade para os plânctons (Linnik & Zhezherya, 2013).

A concentração de alumínio na água está relacionada com aspectos organolépticos, porém, há estudos de toxicologia ambiental realizados nos últimos anos que indicam que o alumínio pode ser uma causa de muitas doenças em seres humanos, animais e plantas. De fato, o alumínio é reconhecidamente tóxico para humanos, sendo capaz de causar em doenças degenerativas neurológicas como o Alzheimer (Bondy, 2010; Wang *et al.*, 2019; Krupińska, 2020).

Outros estudos indicam que o alumínio solubilizado nas águas dos rios podem também causar alterações nas guelras e fígados de peixes apresentando toxicidade em concentrações elevadas (Pereira *et al.*, 2007; Oberholster *et al.*, 2012; Benavides *et al.*, 2016; Chen *et al.*, 2017). A bioacumulação e *stress* oxidativo causado pela presença de alumínio em diversos organismos aquáticos foram reportados por diversos autores (Radić *et al.*, 2010; Fernández-Dávila *et al.*, 2012; Oberholster *et al.*, 2012; Rybak *et al.*, 2017).

O crescimento das concentrações de metais presentes nos corpos hídricos vem se tornando objeto de preocupação e discussão na comunidade acadêmica, pelas descobertas, relacionando os efeitos tóxicos que podem expressar-se de forma aguda ou crônica (van Dam *et al.*, 2018; Su *et al.*, 2019). Além disso, as características topográficas, o controle de características físico-químicas como pH, condutividade, oxigênio dissolvido, turbidez, sólidos dissolvidos e temperatura da água têm sido utilizadas como indicadores de degradação do meio ambiente e tais estudos têm aumentado nos últimos anos (Frascareli *et al.*, 2018).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi realizar a avaliação da qualidade da água do ribeirão Morangueiro e analisar os possíveis impactos gerados pelo despejo irregular de efluente de lavagem de filtros e decantadores de uma estação de tratamento de água (ETA) no município de Maringá-PR. As principais hipóteses de trabalho são: (i) a ETA do município de Maringá-PR descarta de forma incorreta seu efluente; (ii) o descarte irregular altera a qualidade da água do ribeirão Morangueiro; (iii) concentrações elevadas de alumínio podem ser encontradas associadas ao descarte irregular e aos fatores regionais de produção agrícola comprometendo a qualidade da água do corpo hídrico.

2 Material e Métodos

2.1 Área de Estudo

O ribeirão Morangueiro é um dos principais corpos hídricos da bacia do alto rio Pirapó, sendo este a principal fonte de coleta de água para o abastecimento de água no município de Maringá-PR. O uso do solo no entorno de sua nascente é de predominância urbana, enquanto que na sua foz o predomínio se dá pela agricultura. Em sua extensão de 12,5 Km de direção nordeste-sudeste, o ribeirão Morangueiro segue até desaguar no ribeirão Sarandi, que por sua vez tem sua foz situada no rio Pirapó (Hespanhol, 2009). A bacia do ribeirão Morangueiro possui uma área de drenagem de 41,9 km², o qual pertence aos corpos hídricos que integra a bacia do alto rio Pirapó e foram enquadrados como corpos hídricos de classe 2 por meio da portaria nº 004 de 21 de março de 1991 (SUREHMA, 1991).

A região do ribeirão Morangueiro em Maringá pertence ao terceiro planalto paranaense com unidade morfoestrutural da bacia sedimentar do Paraná, mais especificamente pertence ao Planalto de Maringá. O relevo tem declividade, em sua maioria, menor que 6%, com formas predominantes de topos alongados e aplainados de vertentes convexas e vales em “v”, modeladas em rochas da formação Serra Geral. Devido a isso, o relevo possui um gradiente de 400 metros de altitude, variando entre 340 de mínima e 740 de máxima. O solo maringense é constituído em sua maioria por Latossolos, porém há presença de nitossolo em menor área. O clima pela classificação do köppen se enquadra em Cfa – subtropical úmido, com características de verão úmido e massas tropicais instáveis. Sendo assim, a vegetação presente no município como um todo é de formação fitogeográfica de submontanha, decorrendo em maior utilização do solo ser pela agricultura (ITCG, 2020).

2.2 Seleção dos Pontos de Coleta

Para a realização do monitoramento do ribeirão Morangueiro foram determinados 10 pontos (Figura 1). Os pontos de coleta foram escolhidos e mapeados de acordo com seu curso natural, partindo da nascente no Parque Alfredo Wener Nyffeler (ponto 1) em direção a sua foz até o ponto 10. Foi levada em consideração a proximidade dos pontos com o local onde é realizado o descarte de efluentes com alta concentração de alumínio, há 240 m de sua nascente no lago do Parque Alfredo Wener Nyffeler (ponto D), originário da lavagem de filtros e decantadores de uma ETA da região. Devido ao perfil íngreme do terreno e a dificuldade de chegar até o ponto exato do descarte irregular, não foram realizadas medições coletas no ponto

D, optando-se pela coleta logo após o descarte irregular, no ponto 2.

2.3 Coleta e Análises de Água

A obtenção dos dados para avaliação dos parâmetros físico-químicos da qualidade da água do ribeirão Morangueiro foi realizada utilizando uma sonda multiparâmetros Horiba U-50, sendo este equipamento utilizado para monitoramento de corpos hídricos por diversos autores (Pissarra *et al.*, 2008; Alemu & Gabbiye, 2017; Frascareli *et al.*, 2018). Seis parâmetros físico-químicos da qualidade da água *in situ* foram determinados simultaneamente, sendo eles: temperatura, pH, turbidez, oxigênio dissolvido (OD), sólidos dissolvidos totais (SDT) e salinidade. A obtenção dos dados foi realizada com a sonda submersa cerca de 30 cm de profundidade em todos os pontos, cuidando sempre para que a sonda não tocasse o chão para não haver interferência por consequência da movimentação de sedimentos de fundo.

Os resultados obtidos foram confrontados com os parâmetros determinados para corpos hídricos de classe 2 definidos pela Resolução nº 357 do CONAMA (Brasil, 2005) para a verificação do cumprimento ou violação dos parâmetros de qualidade impostos ao corpo hídrico, conforme apresentados na Tabela 1.

Nos pontos de amostragem selecionados do ribeirão Morangueiro, foram realizadas três coletas de amostras de água em cada ponto. Cada amostra foi acondicionada em recipiente de plástico com tampa e armazenadas em caixa térmica à ± 5 °C. Após a realização da coleta, as amostras foram concentradas em meio ácido, na presença de ácido nítrico, devido à alta concentração de material particulado. A determinação da concentração de alumínio se deu através de absorção atômica por chama em equipamento AGILENT Varian AA240fs de acordo com as metodologias indicadas pelo *Standard Methods of Examination of Water and Wastewater* (APHA *et al.*, 2012).

Tabela 1 Padrões de qualidade para corpos hídricos de classe 2 de acordo com CONAMA 357 (Brasil, 2005).

Parâmetro	Límite
Temperatura	-
pH	6,0 – 9,0
Turbidez (UNT)	< 100
OD (mg/L O ₂)	> 5
SDT (mg/L)	< 500
Salinidade (‰)	< 0,5
Alumínio dissolvido (mg/L Al)	< 0,1

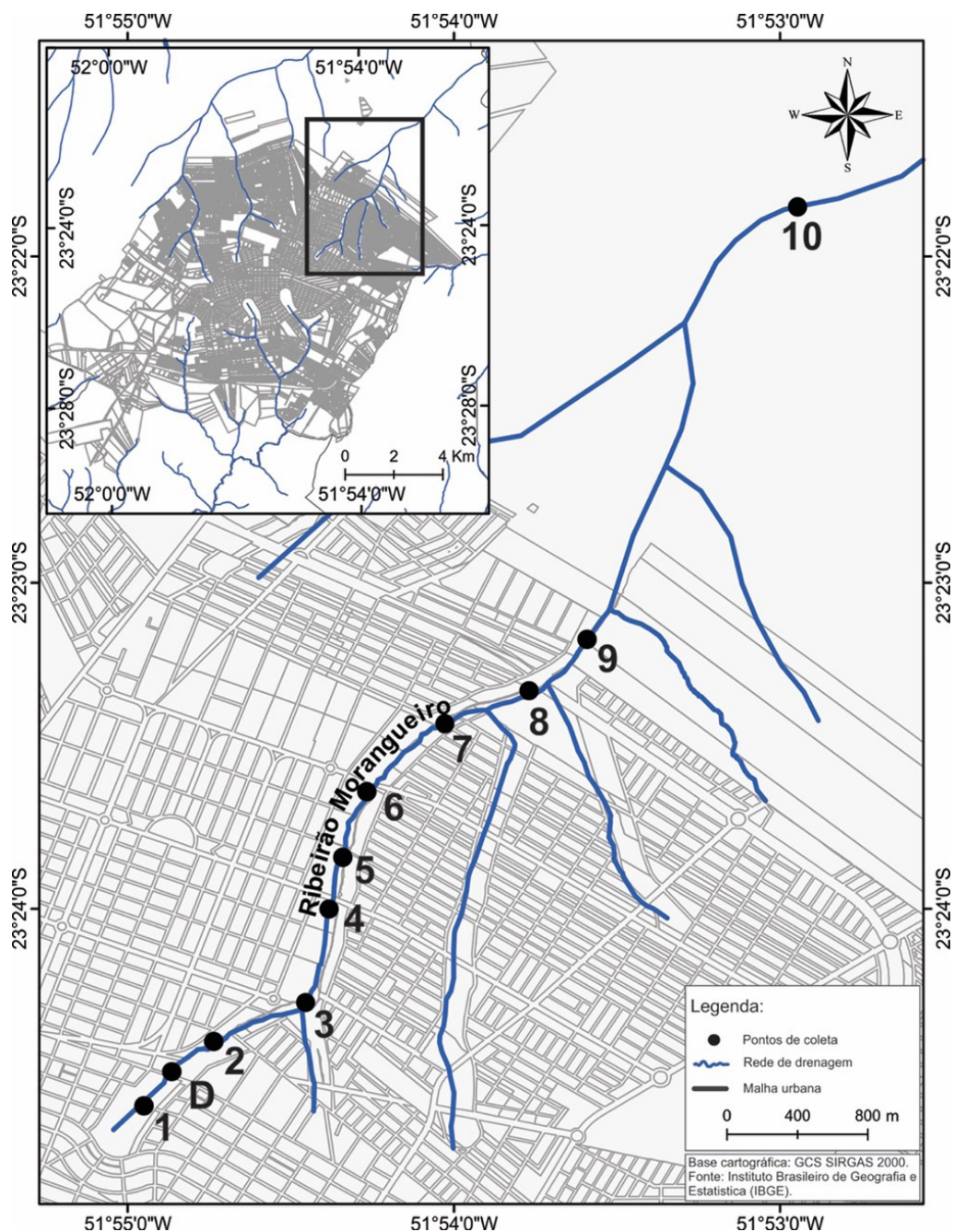


Figura 1 Localização dos pontos de coleta de água ao longo do ribeirão Morangueiro.

2.4 Análise Estatística

Os dados foram analisados quanto à natureza das distribuições paramétricas por meio do teste de normalidade de Shapiro-Wilk a 5% de probabilidade de erro. Após a análise preliminar dos dados foi feita a análise descritiva dos dados calculando-se a média ponderada, a mediana, o desvio padrão, e os valores máximos e mínimos das variáveis

monitoradas. Adicionalmente, a análise de correlação entre os parâmetros de qualidade foi realizada utilizando-se o coeficiente de correlação de posto de Spearman (ρ) com teste de significância ($p < 0,05$). A matriz de correlação de posto de Spearman foi utilizada para identificar as variáveis não-paramétricas envolvidas no estudo que se relacionam entre si. As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se os programas computacionais *Jamovi* (versão 1.2.27) e

Microsoft excel (versão 2016) para execução de gráficos e gerenciamento do banco de dados em planilhas eletrônicas.

3 Resultados e Discussão

O teste Shapiro-Wilk indicou que as séries de dados de temperatura, pH, salinidade, SDT e concentração de

alumínio da água não apresentam distribuição normal, desta forma, foi utilizado o coeficiente de correlação de Spearman que é uma medida não-paramétrica da correlação de postos. Os resultados das análises dos parâmetros físico-químicos da qualidade da água do ribeirão Moranguero estão apresentados na Figura 2 e a matriz de correlação do posto de Spearman está apresentada na Tabela 2.

Tabela 2 Matriz de correlação de Spearman para parâmetros físico-químicos da qualidade da água do ribeirão Moranguero.

	Temperatura	OD	SDT	Turbidez	pH	Salinidade	Al
Temperatura	-						
OD	-0,358	-					
SDT	-0,421	0,256	-				
Turbidez	-0,721*	0,539	0,177	-			
pH	0,68	-0,049	0,174	-0,365	-		
Salinidade	0,853*	-0,142	-0,286	-0,497	0,784*	-	
Al	0,494	0,091	0,037	-0,134	0,826*	0,858*	-

* p < 0,05

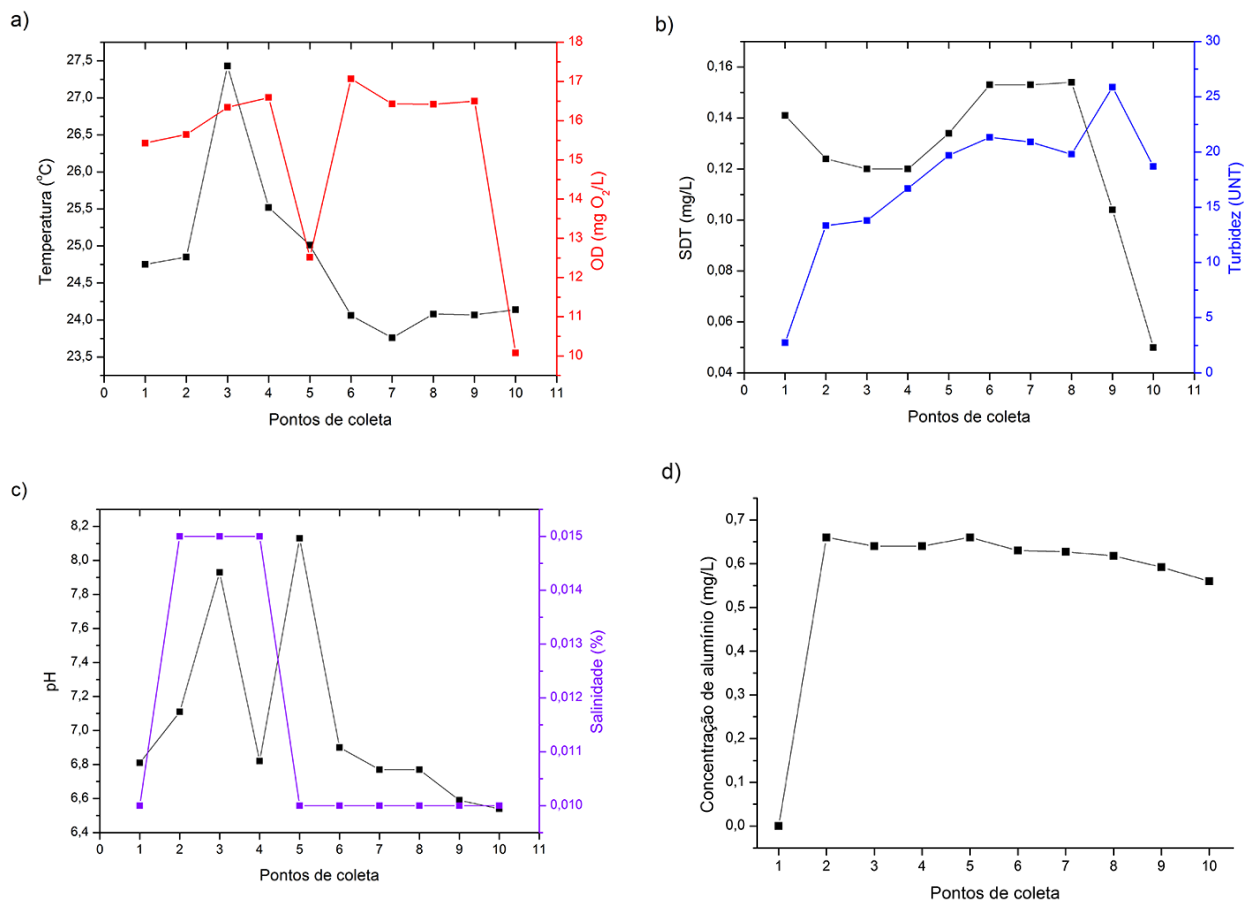


Figura 2 Resultados das análises dos parâmetros físico-químicos da qualidade da água do ribeirão Moranguero; A. Temperatura e Oxigênio Dissolvido (OD); B. Sólidos Dissolvidos Totais (SDT) e Turbidez; C. pH e Salinidade; D. Concentração de Alumínio.

Os resultados para o parâmetro físico-químico de OD (Figura 2A) indicaram uma queda na concentração no ponto 5 (12,52 mg/L O₂), que pode ser decorrente do descarte irregular pontual de algum efluente. Observou-se também que houve uma rápida recuperação da concentração de OD (17,07 mg/L O₂) já no ponto 6. Isto pode ser um indicativo de que o ribeirão Morangueiro apresenta uma boa capacidade de autodepuração, visto que o consumo de OD pode ter ocorrido devido à degradação aeróbica de matéria orgânica, seguido de sua rápida recuperação das concentrações de OD (Sardinha *et al.*, 2008).

No ponto 10 também houve uma drástica redução na concentração de OD (41%), indicando outro possível ponto de descarte irregular no ribeirão. Sabe-se que há um lançamento de efluente de tratamento de esgoto doméstico (ETE) a montante do ponto 10 que pode ter contribuído para o rápido consumo do OD (Hespanhol, 2009). O OD é consumido quando os microorganismos presentes no corpo hídrico fazem a estabilização da matéria orgânica, porém dependendo da magnitude do fenômeno, pode ocorrer o consumo excessivo de oxigênio, o que pode levar a mortandade de diversos seres aquáticos, inclusive os peixes. Caso o oxigênio seja totalmente consumido, pode-se ter uma condição anaeróbia, com geração de maus odores (Dodds & Smith, 2016). Corpos hídricos eutrofizados apresentam variações de concentrações de OD, podendo ser altas durante o dia (>10 mg/L), quando a grande quantidade de algas produzem elevadas quantidades de oxigênio, e no período noturno, quando não há fotossíntese, as concentrações de OD são baixas (< 4 mg/L), podendo ser letal para seres aquáticos (Coffin *et al.*, 2018).

A matriz de correlação aponta que o coeficiente de Spearman para as concentrações de OD e SDT não apresentaram resultados significativos. Porém, sabe-se que o aumento de OD pode estar relacionado com a questão de maior velocidade de corredeiras, ocasionando maior turbulência e conseqüentemente, aumentando a quantidade de STD e a ressuspensão de materiais sedimentos de fundo.

Nos pontos logo após o descarte irregular do efluente da ETA foram observados aumentos na salinidade da água (pontos 3 e 5). Este incremento da salinidade pode ser um indicativo de escoamento agrícola, descargas de águas subterrâneas de perfurações de petróleo e gás, atividades industriais, e tratamentos municipais de água. O grande aumento da salinidade pode provocar estresse em seres vivos de água doce, afetando suas funções metabólicas e os níveis de saturação de oxigênio. Podem também alterar as vegetações ribeirinhas e emergentes, afetando as características locais naturais, diminuindo o habitat de espécies aquáticas (ANA, 2013).

Sabe-se também que a salinidade está correlacionada diretamente à condutividade elétrica e pode ser utilizada como uma forma de medida indireta (Nunes Filho *et al.*, 2000). O intemperismo das rochas podem contribuir

para o aumento da condutividade, sendo que em regiões tropicais, os ambientes aquáticos estão mais relacionados com as características geoquímicas e com as condições climáticas da região onde se localizam (Medeiros *et al.*, 2018). Alterações da condutividade são típicas de áreas degradadas por esgoto doméstico e áreas de agricultura, visto que muitos fertilizantes são sais inorgânicos (Medeiros *et al.*, 2018). A região onde está localizado o ribeirão Morangueiro é cercada de áreas agricultáveis (Figura 1), que também corrobora com os resultados obtidos de aumento de turbidez e SDT.

De acordo com a análise do coeficiente de Spearman, a salinidade foi fortemente correlacionada com a temperatura ($\rho = 0,853$), com o pH ($\rho = 0,784$) e com a concentração de alumínio ($\rho = 0,858$), sendo que o pH e a concentração de alumínio também apresentaram correlação forte ($\rho = 0,826$). A forte correlação entre a salinidade e o pH era esperada, visto que quanto maior a temperatura, maior a solubilidade de sais. Portanto, os pontos que apresentaram maior temperatura e maior salinidade, pode ter sido decorrente à dissolução de solos que colaboram para o aumento do pH (Menezes *et al.*, 2016).

Quanto à variação do pH, nos pontos 3 e 5 observaram-se um aumento no pH (7,93 e 8,13, respectivamente) indicando novamente a atividade antrópica nestes pontos. Durante o restante do percurso do ribeirão não houve grandes oscilações de pH (6,5-7,1). Tais resultados indicam que outras fontes de descartes irregulares de efluentes e atividades antrópicas também podem ter contribuído para a variação dos parâmetros físico-químicos.

Em relação às variações térmicas, observou-se que o ponto 3 apresentou um pico de maior temperatura (27,43 °C), sendo 10% maior que a temperatura média encontrada. Este pode ser um forte indicativo de que existe atividade antrópica neste local. Observa-se pelo mapa (Figura 1) que a região do ponto 3 apresenta maior degradação das vegetações das margens, sendo uma região agricultável e, dessa forma, faz menos sombra sobre a drenagem. Observa-se também que o aumento da temperatura induz, necessariamente, à redução do oxigênio dissolvido, que é observado logo após, no ponto 5 (Fritzsons *et al.*, 2005). Observou-se também uma correlação negativa forte ($\rho = -0,721$) entre os parâmetros temperatura e turbidez. Este resultado pode ser justificado pela menor incidência de luz solar em águas que apresentam maior turbidez, fazendo com que a temperatura da água seja menor (Silva *et al.*, 2008).

De acordo com a Figura 2B, a turbidez aumentou consideravelmente após o despejo irregular pontual da ETA (ponto 2 – 10). A turbidez representa o grau de refletância da luz através da água. A turvação na água é causada pela presença de sólidos em suspensão e coloidais, como argila, silte, matéria orgânica e inorgânica finamente dividida e plâncton e outros organismos microscópicos (APHA *et al.*, 2012).

Para os recursos hídricos, os sólidos são muito importantes para avaliação da qualidade da água. De maneira geral, os contaminantes da água contribuem para a carga de sólidos. Os sólidos podem causar danos aos peixes e à vida aquática, sedimentando no leito do rio, destruindo organismos que fornecem alimentos, ou também danificando os leitos de desova de peixes (Pissarra *et al.*, 2008). Os sólidos podem reter bactérias e resíduos orgânicos no fundo dos rios, promovendo a decomposição anaeróbia (CETESB, 2018). A turbidez e a quantidade de SDT dependem das características naturais da bacia hidrográfica, a morfologia da área de captação, as condições geológicas e hidrológicas sendo que os fatores antrópicos são os principais que afetam a qualidade da água (Pissarra *et al.*, 2008).

Apesar de o ribeirão Morangueiro receber uma grande carga pontual de poluição de efluente de retrolavagem de filtros e decantadores dentre outros descartes irregulares e, nitidamente, apresentar alterações decorrentes destes descartes, o ribeirão apresentou-se em conformidade para os parâmetros OD, SDT, turbidez, pH, salinidade e temperatura determinados aos corpos hídricos de classe 2 (Tabela 1) no qual está enquadrado de acordo com a Portaria nº 004 (SUREHMA, 1991).

No entanto, quando analisada a concentração de alumínio (Figura 2D), foram constatadas concentrações superiores até 6,6 vezes (ponto 5) ao máximo permitido pela Resolução CONAMA nº 357 (Brasil, 2005) para corpos hídricos de classe 2 (0,1 mg/L) para o qual está enquadrado (SUREHMA, 1991). Em todos os pontos, exceto na nascente, a concentração foi superior ao limite máximo permitido (0,56 - 0,66 mg/L). Desta forma, em relação ao referido enquadramento, o ribeirão Morangueiro não poderia ser utilizado para abastecimento, visto que a concentração de alumínio não se enquadra em nenhuma classe destinadas ao abastecimento.

Sabe-se que a concentração de íons alumínio em águas naturais normalmente é pequena, tipicamente varia de 0,0001 a 1 mg/L e nas águas ácidas (pH <5) a concentração de alumínio pode até exceder 100 mg/L. Os compostos de alumínio mostram baixa solubilidade na faixa de pH de 6 a 8; portanto, a solubilidade do alumínio contido em rochas e solos ao qual a água é exposta é geralmente muito pequena, desta forma, em águas superficiais e subterrâneas, as concentrações de alumínio são muito baixas e são classificadas na faixa de 60 a 300 µg/L (Krupińska, 2020). Portanto, os resultados de pH apresentados para o ribeirão Morangueiro (6,5 – 8,13) não favorecem a mobilidade de geoquímica do alumínio na água. A faixa de pH encontrada favorece à precipitação do metal para sedimentos de fundo. Desta forma, as concentrações de alumínio elevadas encontradas são um indicativo de que os despejos com concentrações de alumínio muito elevadas contribuíram na alteração da qualidade do ribeirão Morangueiro, que

estão provavelmente em forma de precipitados, ou junto aos sedimentos ressuspensos na água.

No estudo desenvolvido por Linnik & Zhezherya (2013), observou-se que um aumento na concentração de material mineral em suspensão na água era inevitavelmente acompanhado por um aumento na concentração de alumínio. Notaram ainda que o aumento da quantidade de matéria em suspensão na água depende da velocidade dos processos de turbulência dos sedimentos de fundo, que são regidos pelo regime hidrodinâmico do corpo d'água. Observou-se nos resultados um comportamento similar, visto que o aumento de concentração de alumínio foi acompanhado por um aumento da salinidade com forte correlação ($\rho = 0,858$), que pode estar relacionada com o aumento de material mineral particulado.

Uma possível forma de poluição da água por compostos de alumínio, bem como por alguns outros metais, pode ser sua entrada de sedimentos de fundo, chamada de poluição secundária. No entanto, a capacidade de migração do alumínio no sistema sedimento-água de fundo, apesar de sua alta concentração em substratos sólidos, é por muitas vezes considerada limitada devido à sua concentração e ocorrência predominante na fração residual de sedimentos de fundo. Desta forma, o alumínio geralmente é considerado de baixa mobilidade e troca entre o sedimento de fundo e a água em contato com ele, sendo necessário uma grande variação para condições ácidas ou elevadas temperaturas, para sua liberação (Linnik & Zhezherya, 2013). Porém, estudos recentes, demonstraram uma mobilidade moderada do alumínio no rio Gomati na Índia, ocorrendo em pH 8,0–8,9. Os autores justificaram esta mobilidade devido à fonte de alumínio na camada octaédrica dos minerais de mica biotita presentes no rio (Jigyasu *et al.*, 2020).

A ETA que realiza o descarte irregular dos efluentes no ribeirão Morangueiro utiliza o policloreto de alumínio (PAC) como coagulante. Sabe-se que o PAC é um complexo polinuclear de íons de alumínio polimerizados, ou seja, é um polímero inorgânico, de alto peso molecular, geralmente com a fórmula $Al_n(OH)_mCl_{3n-m}$. O lodo formado pela adição de PAC apresenta características físico-químicas semelhantes ao lodo formado com o coagulante sulfato de alumínio, a diferença se encontra na quantidade de alumínio disponível para reação de hidrólise, sendo cerca de 20 vezes maior, necessitando de uma menor dose de coagulante e gerando uma menor quantidade de lodo em comparação com o sulfato de alumínio (Carneiro *et al.*, 2013). Porém, a concentração de alumínio em lodos de estações de tratamento de água pode variar de 7–30% em peso de sólidos em estações que utilizam coagulantes a base de alumínio (Richter, 2001). Dessa forma, a alta concentração de alumínio encontrada no ribeirão Morangueiro pode ser também decorrente do despejo de efluentes de ETA irregular.

As elevadas concentrações de alumínio encontradas na água do ribeirão Morangueiro podem comprometer

a qualidade da água do Rio Pirapó, a principal fonte de abastecimento de água da cidade de Maringá-PR. Isto gera preocupação em razão dos possíveis malefícios causados a saúde de seres vivos, além de impactos gerados na qualidade de vida da população que vivem em torno do ribeirão.

Outros estudos relataram o efeito do alumínio residual, após o tratamento de águas e efluentes, em macrófitas submersas em um lago na China. Os autores verificaram uma inibição significativa no desenvolvimento morfológico de duas espécies de macrófitas e recomendaram que as concentrações de alumínio sejam reduzidas para não haver riscos ecológicos (Lin *et al.*, 2017). Outro estudo recente examinou a ecotoxicidade de lixiviados resíduos de ETA do alumínio e ferro desidratados em uma espécie de alga verde. Os resultados indicaram que o resíduo desidratado foi atóxico e sua reciclagem ambiental não representou um risco ecotoxicológico para as algas (Yuan *et al.*, 2017).

4 Conclusão

Os resultados obtidos demonstram que a qualidade da água do ribeirão Morangueiro estão de acordo com o exigido pela a resolução CONAMA 357 (Brasil, 2005) em relação aos seus parâmetros físico-químicos de pH, turbidez, oxigênio dissolvido, sólidos dissolvidos totais, salinidade e temperatura para corpos hídricos de classe 2. Porém, altas concentrações de alumínio foram encontradas, que podem ser provenientes do descarte irregular de efluentes de retrolavagem de filtros e lodo da ETA. Observou-se também que as concentrações de alumínio e a sua mobilidade geoquímica, além do efeito dos resíduos de ETA ainda são controversos. Dessa forma, nota-se a necessidade de mais estudos aprofundados para comprovar os efeitos reais dos resíduos e lodos de ETA em águas superficiais, tais como testes de ecotoxicidade e testes de mobilidade do alumínio em sedimentos de águas superficiais. Além disso, realizar análises de teor de alumínio no lodo da ETA, na água bruta, na saída do tratamento, poderiam acrescentar dados interessantes na alteração da concentração de alumínio das águas superficiais. Sugere-se ainda, investigar a possibilidade de utilização de agentes coagulantes alternativos no sistema de tratamento de água para abastecimento público sem a presença de coagulantes químicos, tais como coagulantes naturais seriam alternativas para redução de metais em águas.

5 Agradecimentos

Ao Instituto Cesumar de Ciência, Tecnologia e Inovação (ICETI).

6 Referências

Alemu, A. & Gabbiye, N. 2017. Assessment of chromium contamination in the surface water and soil at the riparian of

- Abbay River caused by the nearby industries in Bahir Dar city, Ethiopia. *Water Practice and Technology*, 12(1): 72-79.
- ANA. 2013. *Agência Nacional de Águas. Cuidando das Águas: Soluções para melhorar a qualidade dos recursos hídricos*. Ed.: Agência Nacional de Águas Ministério do Meio Ambiente, p.
- Andrade, C.F.; Silva, C.M. & Oliveira, F.C. 2014. Gestão ambiental em saneamento: Uma revisão das alternativas para tratamento e disposição do lodo de eta e seus impactos na qualidade das águas. In: V CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, Belo Horizonte, 2014. Artigo completo, Belo Horizonte, IBEAS, p. 1-11.
- Andreoli, C.V.; Motta, A.C.V.; Fernandes, C.V.S.; Pegorini, E.S. & Soccol, V.T. 2013. Disposição final de lodos de estações de tratamento de água. In: CARNEIRO, C. & ANDREOLI, C.V. (Ed.). *Lodo de Estações de Tratamento de Água - Gestão e Perspectivas Tecnológicas*. Curitiba: Sanepar, p. 67-130.
- APHA; AWWA; WEF. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. 2012. *Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater*, Ed. 22 ed ed.: American Public Health Association, 1496 p.
- Benavides, M.; Fernández-Lodeiro, J.; Coelho, P.; Lodeiro, C. & Diniz, M.S. 2016. Single and combined effects of aluminum (Al₂O₃) and zinc (ZnO) oxide nanoparticles in a freshwater fish, *Carassius auratus*. *Environmental Science and Pollution Research*, 23 (24): 24578-24591.
- Bondy, S.C. 2010. The neurotoxicity of environmental aluminum is still an issue. *NeuroToxicology*, 31 (5): 575-581.
- Brasil. 2005. Resolução CONAMA n°357, de 17 de março de 2005. Classificação de águas, doces, salobras e salinas do Território Nacional. Publicado no D.O.U (pp. 27-27).
- Carneiro, C.; Weber, P.S.; Ross, B.Z.L.; Gervasoni, R.; Simon, P.L.; Moro, B.G. & Motta, A.C.V. 2013. Caracterização do Lodo de ETA Gerado no Estado do Paraná. In: CARNEIRO, C. & ANDREOLI, C.V. (Ed.), *Lodo de Estações de Tratamento de Água - Gestão e Perspectivas Tecnológicas*. Curitiba: Sanepar, p. 131-178.
- CETESB. 2018. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade. São Paulo. 57 p.
- Chen, J.P.; Shang, N.; He, K.H.; Zhang, L.; Niu, Q. & Zhang, Q.L. 2017. Influence of aluminum chloride exposure on embryonic development of zebrafish and neurobehavior of juvenile fish. *Chinese journal of industrial hygiene and occupational diseases*, 35(3): 166-170.
- Coffin, M.R.S.; Courtenay, S.C.; Pater, C.C. & van den Heuvel, M.R. 2018. An empirical model using dissolved oxygen as an indicator for eutrophication at a regional scale. *Marine Pollution Bulletin*, 133: 261-270.
- Dodds, W.K. & Smith, V.H. 2016. Nitrogen, phosphorus, and eutrophication in streams. *Inland Waters*, 6(2): 155-164.
- Fernández-Dávila, M.L.; Razo-Estrada, A.C.; García-Medina, S.; Gómez-Oliván, L.M.; Piñón-López, M.J.; Ibarra, R.G. & Galar-Martínez, M. 2012. Aluminum-induced oxidative stress and neurotoxicity in grass carp (*Cyprinidae-Ctenopharingodon idella*). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 76: 87-92.
- Frascareli, D.; Cardoso-Silva, S.; Mizael, J.O.S.S.; Rosa, A.H.; Pompêo, M.L.M.; López-Doval, J.C. & Moschini-Carlos,

- V. 2018. Spatial distribution, bioavailability, and toxicity of metals in surface sediments of tropical reservoirs, Brazil. *Environmental Monitoring Assessment*, 190(4): 199.
- Fritzsos, E.; Mantovani, L.E.; Chaves Neto, A. & Rizzi, N.E. 2005. A influência da floresta ciliar sobre a temperatura das águas do rio Capivari, região cárstica curitibana. *Floresta*, 35 (3).
- Hespanhol, K.M.H. 2009. *Monitoramento e diagnóstico da qualidade da água do ribeirão Morangueiro*. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Maringá, Maringá.
- ITCG. 2020. Instituto de Terras, Cartografia e Geologia do Paraná. Dados e informações geoespaciais temáticos. <<http://www.itcg.pr.gov.br/modules/faq/category.php?categoryid=9#>>
- Jamovi. 2020. Jamovi (Version 1.2). Retrieved from www.jamovi.org
- Jigyasu, D.K.; Singh, M.; Singh, S.; Singh, S. & Singh, I.B. 2020. Trace element mobility, regional significance and global implication of Gomati river basin, northern India. *SN Applied Sciences*, 2(8): 1456.
- Kondageski, J.H.; Carneiro, C.; Andreoli, C.V. & Weber, P.S. 2013. Pesquisas interdisciplinares e a estruturação dos estudos da rede interinstitucional de pesquisa de lodo de água. In: CARNEIRO, C. & ANDREOLI, C.V. (Ed.), *Lodo de Estações de Tratamento de Água - Gestão e Perspectivas Tecnológicas*. Curitiba, Sanepar, p. 47-66.
- Krupińska, I. 2020. Aluminium drinking water treatment residuals and their toxic impact on human health. *Molecules*, 25(3): 641.
- Lin, Q.-W.; He, F.; Ma, J.-M.; Zhang, Y.; Liu, B.-Y.; Min, F.-L. & Wu, Z.-B. 2017. Impacts of residual aluminum from aluminate flocculant on the morphological and physiological characteristics of *Vallisneria natans* and *Hydrilla verticillata*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 145: 266-273.
- Linnik, P.N. & Zhezherya, V.A. 2013. Aluminum in surface water of Ukraine: Concentrations, migration forms, distribution among abiotic components. *Water Resources*, 40(2): 157-169.
- Medeiros, W.M.V.; Silva, C.E.D. & Lins, R.P.M. 2018. Avaliação sazonal e espacial da qualidade das águas superficiais da bacia hidrográfica do rio Longá, Piauí, Brasil. *Revista Ambiente & Água*, 13.
- Menezes, J.P.C.; Bittencourt, R.P.; Farias, M.D.S.; Bello, I.P.; Fia, R. & Oliveira, L.F.C.D. 2016. Relação entre padrões de uso e ocupação do solo e qualidade da água em uma bacia hidrográfica urbana. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, 21: 519-534.
- Nunes Filho, J.; Sousa, A.R.D.; Sá, V.A.D.L.E. & Lima, B.P. 2000. Relações entre a concentração de íons e a salinidade de águas subterrâneas e superficiais, visando à irrigação, no sertão de Pernambuco. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 4: 189-193.
- Oberholster, P.J.; Myburgh, J.G.; Ashton, P.J.; Coetzee, J.J. & Botha, A.-M. 2012. Bioaccumulation of aluminium and iron in the food chain of Lake Loskop, South Africa. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 75: 134-141.
- Pereira, S.D.F.; Lima, M.A.D.; Freitas, K.E.H.; Mescouto, C.S. & Saraiva, A.F. 2007. Estudo químico ambiental do rio Murucupi – Barcarena, PA, Brasil, área impactada pela produção de alumínio *Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, 2(3): 8.
- Pissarra, T.C.T; Rodrigues, F.M.; Arraes, C.L.; Galbiatti, J.A. & Borges, M.J. 2008. Topographical characteristics and evaluating water quality in watershed management. *Ingeniería e Investigación*, 28: 87-91.
- Radić, S.; Babić, M.; Škobić, D.; Roje, V. & Pevalek-Kozlina, B. 2010. Ecotoxicological effects of aluminum and zinc on growth and antioxidants in *Lemna minor* L. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 73(3): 336-342.
- Richter, C.A. 2001. *Tratamento de lodos: de estações de tratamento de água*, 1a Ed.: Edgard Blucher, p. 112
- Rybak, M.; Kołodziejczyk, A.; Joniak, T.; Ratajczak, I. & Gąbka, M. 2017. Bioaccumulation and toxicity studies of macroalgae (Charophyceae) treated with aluminium: Experimental studies in the context of lake restoration. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 145: 359-366.
- Sardinha, D.D.S.; Conceição, F.T.D.; Souza, A.D.G.D.; Silveira, A.; De Julio, M. & Gonçalves, J.C.D.S.I. 2008. Avaliação da qualidade da água e autodepuração do ribeirão do meio, Leme (SP). *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, 13: 329-338.
- Silva, A.E.P.; Angelis, C.F.; Machado, L.A.T. & Waichaman, A.V. 2008. Influência da precipitação na qualidade da água do Rio Purus. *Acta Amazonica*, 38: 733-742.
- Su, C.; Jiang, Y.; Yang, Y.; Zhang, W. & Xu, Q. 2019. Responses of duckweed (*Lemna minor* L.) to aluminum stress: Physiological and proteomics analyses. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 170: 127-140.
- SUREHMA. Superintendência dos Recursos Hídricos e Meio Ambiente. Portaria N°004/91 DE 21 DE MARÇO DE 1991.
- van Dam, J.W.; Trenfield, M.A.; Stretten, C.; Harford, A.J.; Parry, D. & van Dam, R.A. 2018. Assessing chronic toxicity of aluminium, gallium and molybdenum in tropical marine waters using a novel bioassay for larvae of the hermit crab *Coenobita variabilis*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 165: 349-356.
- Wang, F.; Kang, P.; Li, Z. & Niu, Q. 2019. Role of MLL in the modification of H3K4me3 in aluminium-induced cognitive dysfunction. *Chemosphere*, 232: 121-129.
- Yuan, N.; Wang, C.; Wendling, L.A. & Pei, Y. 2017. Ecotoxicological assessment of dewatered drinking water treatment residue for environmental recycling. *Environmental Technology*, 38(18): 2241-2252.

Recebido em: 24/11/2021

Aprovado em: 14/01/2021

How to cite:

Silveira, A.D.S.; Okumura, M.L.H.S. & Yamaguchi, N.U. 2021. Avaliação Preliminar da Qualidade das Águas do Ribeirão Morangueiro por Descarte Irregular de Lodo de Estação de Tratamento de Água. *Anuário do Instituto de Geociências*, 44: 35145. DOI 1982-3908_2021_44_35145