



POLUIÇÃO HÍDRICA AFLUENTE AO LAGO DE FURNAS/MG

Thaís Caroline da Cruz ¹

Mariana Aparecida de Freitas Abreu²

Ronaldo Fia³

Josina Aparecida de Carvalho⁴

Júlia de Souza Murai⁵

Emerson Ludgero da Costa⁶

Recursos Hídricos e Qualidade da Água

Resumo

A disposição de efluentes com elevada carga orgânica e nutrientes como fósforo (P) e nitrogênio (N) em cursos d'água pode ocasionar desequilíbrio do sistema aquático e acarretar a redução do oxigênio dissolvido e a proliferação de algas. O objetivo do presente trabalho foi averiguar a qualidade da água em um determinado curso d'água, afluente ao Lago de Furnas/MG, submetido ao lançamento de efluente doméstico tratado. Foram determinados três pontos de coleta: ponto 01 - montante do lançamento, ponto 02 – zona de mistura e ponto 03 – jusante do lançamento de esgoto tratado. Observou-se que, mesmo antes do lançamento do esgoto tratado, a qualidade da água já se encontrava em desacordo com os critérios estabelecidos pelo órgão ambiental do estado de Minas Gerais para as águas superficiais classe 2, quanto à presença de *E. coli* ($9,2 \times 10^4$ NMP 100 mL⁻¹). Na zona de mistura (ponto 02), todas as variáveis avaliadas tiveram aumento considerável de valores, o que é normalmente esperado. No ponto 03, houve redução dos valores de OD (1,6 mg L⁻¹), devido ao aumento da DBO e sua degradação. O N teve os valores reduzidos no ponto 03, semelhante aos valores do ponto 01. Apesar da redução dos valores de P no ponto 03 (0,2 mg L⁻¹), estes mantiveram-se elevados, bem como os valores de *E. coli* ($1,6 \times 10^5$ NMP 100 mL⁻¹). O que pode levar a impactos negativos ao Lago de Furnas, causando eutrofização e suas consequências ambientais, econômicas e de saúde pública indesejáveis, bem como prejuízo às atividades de contato primário com as águas do Lago.

Palavras-chave: Qualidade de água; controle de poluição; eutrofização.

¹Graduanda em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Lavras, Departamento de Engenharia Ambiental e Sanitária, thaiscarolinee18@gmail.com

²Mestranda em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Lavras, Departamento de Engenharia Ambiental e Sanitária, marianafreitasbio@gmail.com

³Prof. Drº. Universidade Federal de Lavras – Departamento de Engenharia Ambiental e Sanitária, ronaldofia@ufla.br

⁴Coordenadora de Projetos - ARPA Rio Grande, josinacarvalho@arpariogrande.org.br

⁵Graduanda em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Lavras, Departamento de Engenharia Ambiental e Sanitária, julia.murari@estudante.ufla.br

⁶Presidente - ARPA Rio Grande, ludgeroadm@gmail.com

INTRODUÇÃO

A geração de esgoto é uma consequência do uso da água, e que se disposto no ambiente sem tratamento causa impactos ambientais negativos. Apesar da lei que instituiu as Diretrizes Nacionais para o Saneamento Básico ser de 2007 (BRASIL, 2007), o saneamento básico no Brasil ainda apresenta percentuais de cobertura relativamente pequenos, principalmente quanto aos esgotos sanitários. Vale ressaltar, ainda, que a evolução quanto a acessibilidade de redes de esgoto para a população anda a passos lentos, dado que no Brasil, a proporção de municípios com rede de esgoto passou de 47,3% em 1989 para 60,3% em 2017 (IBGE, 2017).

Em Minas Gérias a situação não é diferente do restante do país. Mesmo com o lançamento do Programa Minas Trata Esgoto nos anos de 2006 e 2008, pela Fundação Estadual de Meio Ambiente (FEAM), com o objetivo de realizar a gestão estratégica da implantação de sistemas de tratamento de esgotos, não foram verificados grandes avanços. Em 2019, Minas tinha 48% da população urbana atendida por tratamento de esgoto. Em 2020, o índice chegou a 53,7%, o que corresponde a cerca de 10,1 milhões de mineiros (MINAS GERAIS, 2021).

O aumento do aporte de carga orgânica e nutrientes como fósforo e nitrogênio em corpos receptores pode implicar na poluição do corpo hídrico, causando prejuízos ao sistema aquático e alteração nos parâmetros de qualidade da água, como verificado por Menezes et al. (2016).

Eventualmente, após o lançamento de esgoto *in natura* o corpo receptor, por meio do processo de autodepuração, pode restabelecer as características ambientais naturalmente, após as alterações provocadas pelo aumento do aporte de nutrientes e matéria orgânica (COSTA et. al, 2021). No entanto, o lançamento contínuo de efluentes com grandes cargas orgânicas podem interferir na capacidade receptora e na autodepuração do curso d'água, podendo causar o desequilíbrio do sistema aquático ocasionado a poluição dos recursos hídricos (TERCINI; MELLO JÚNIOR, 2016).

Realização



Apoio



Um dos principais problemas provocados pela poluição hídrica decorrente do lançamento de esgoto doméstico é o aumento da carga de matéria orgânica e nutrientes. A disposição de esgotos nos cursos d'água podem ter diferentes impactos, dependendo das características dos ecossistemas aquáticos, que podem ser divididos em lânticos, ambientes de água parada, com pouco movimento como lagos e represas, e ambientes lóticos com presença de águas correntes, como rios, nascentes e riachos (MINAS GERAIS, 2008).

O aumento da matéria orgânica em corpos hídricos acarreta a diminuição de oxigênio dissolvido em função do consumo excessivo por parte da matéria orgânica depositada, fazendo com que assim, haja um aumento da demanda de oxigênio dissolvido (MARTINS, 2018), podendo levar à morte os seres aeróbios aquáticos, principalmente os mais exigentes em oxigênio dissolvido. Entretanto, ambientes lóticos apresentam maior capacidade de inserção de oxigênio atmosférico na massa líquida, e mesmo com a sobrecarga orgânica, em períodos de maiores vazões podem apresentar maiores valores de oxigênio que permitem o desenvolvimento da vida aquática (DUTRA et al., 2022).

Ambientes lânticos, quando receberem maiores quantidades de nutrientes, como o nitrogênio e o fósforo, podem se tornar eutrofizados, e estão sujeitos ao maior desenvolvimento de algas e plantas aquáticas, e às consequências mais impactantes deste processo, o que pode causar prejuízos ambientais, econômico e de saúde pública (BUCCI; OLIVEIRA, 2014).

Para Morashashi et al. (2019), a eutrofização é uma das principais causas da deterioração da qualidade da água, devido ao aumento da produtividade da biomassa em decorrência do excesso de nutrientes, acarretando o desequilíbrio do sistema aquático. De acordo com Mota e Von Sperling (2009), os padrões de fósforo estão ligados à prevenção da eutrofização, pois corpos d'água lânticos são mais susceptíveis aos problemas de eutrofização do que para ambientes lóticos. Além do lançamento de esgotos não tratados, o uso e ocupação do solo, incluindo a drenagem de áreas agrícolas, influenciam a qualidade da água, podendo deteriorar a sua qualidade (FIA et al., 2015).

Apesar de as primeiras normativas em âmbito nacional e estadual que

Realização

Apoio

estabeleceram padrões de lançamento de efluentes tratados em cursos d'água datarem de 1986, com o objetivo de impor níveis de padrões de lançamento, a fim de minimizar os possíveis danos ao corpo receptor, é evidente que muito ainda precisa ser feito para manter a qualidade das águas superficiais dos rios brasileiros. É evidente ainda que a ausência de sistemas de tratamento de esgoto pode resultar na poluição de corpos hídricos, devido à morte de seres aeróbios e a proliferação de organismos aquáticos deletérios ao ambiente e à saúde pública, o que torna o monitoramento da qualidade das águas fator chave na prevenção de danos ambiental.

Assim, o objetivo do presente trabalho foi averiguar a qualidade da água em um determinado curso d'água, afluente ao Lago de Furnas/MG, submetido ao lançamento de efluente doméstico tratado.

METODOLOGIA

A Usina de Furnas está implantada no sudoeste de Minas Gerais desde as décadas de 1950 e 1960. A barragem foi construída no encontro do Rio Grande com o Rio Sapucaí. O Lago de Furnas com os seus dois braços do Rio Grande e do Rio Sapucaí, inundou aproximadamente 1.400 km², atingindo 32 municípios (POZZER; FERRÃO, 2018).

Com o intuito analisar os possíveis danos causados pelo lançamento de efluente em um determinado ponto do Lago de Furnas, foram definidos três pontos de coleta em um curso d'água que drena o município de Boa Esperança, localizado às margens do lago, e que recebe o efluente tratado de uma unidade de tratamento de esgoto doméstico. Os locais foram assim denominados: 01 - ponto antes do lançamento, 02 - ponto perto do lançamento e 03 - ponto depois do lançamento.

Foi realizada uma única coleta amostral a 0,20 cm de profundidade, em cada ponto amostral, em novembro de 2020. Foram realizadas as análises de demanda bioquímica de oxigênio (DBO), oxigênio dissolvido (OD), nitrogênio (N) e fósforo (P), e *Escherichia Coli* (*E. Coli*). As análises foram realizadas seguindo o método *Standard Methods for the*

Realização



Apoio





Examination of Water and Wastewater (APHA et al., 2012), por laboratório devidamente credenciado nos termos da Deliberação Normativa COPAM nº 216 (MINAS GERAIS, 2017) e creditado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia - Inmetro e/ou pela Rede Metrológica de Minas Gerais (RMMG).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A caracterização da água superficial dos três pontos amostrais está apresentada na Tabela 1.

Tabela 1: Resultados da caracterização da água superficial de três pontos amostrais em um curso d'água afluente ao Lado de Furnas.

Variáveis	Ponto 01	Ponto 02	Ponto 03	Padrão ⁽¹⁾
DBO (mg L ⁻¹)	2,3	89,0	5,9	≤ 5,0
OD (mg L ⁻¹)	5,2	4,2	1,6	≥ 5,0
N (mg L ⁻¹)	2,2	63,7	2,2	-
P (mg L ⁻¹)	< 0,02	7,93	0,2	≤ 0,05
<i>E. coli</i> (NMP 100 mL ⁻¹)	92.110	> 23.000.000	160.000	≤ 1.000

⁽¹⁾ Valores de referência para qualidade de água estabelecidos pela DN Conjunta COPAM/CERH nº 1/2008 para águas superficiais classe 2.

Em relação à matéria orgânica, nota-se que antes do despejo do esgoto tratado (Ponto 01), o curso d'água apresentava-se com condição de qualidade equivalente à classe 2, com valor de DBO inferior a 5 mg L⁻¹ e OD superior a 5 mg L⁻¹. Entretanto, após o despejo, ainda na zona de mistura (Ponto 02), nota-se valor de DBO cerca de 19 vezes superior ao limite estabelecido pela normativa ambiental analisada. E valores de OD ainda relativamente elevados, provavelmente, pois ainda não houve a adaptação dos microrganismos ao efluente lançado para que houvesse o consumo de OD, e

Realização



Apoio



consequentemente, redução no seu valor. O aumento do aporte de matéria orgânica no corpo receptor acarreta a redução de OD, devido ao consumo durante o processo respiratório das bactérias que estabilizam a matéria orgânica (VON SPERLING, 2014).

Após a zona de mistura (Ponto 03), houve redução da concentração de DBO, tanto pela homogeneização do efluente com a água do manancial, quanto pela degradação da matéria orgânica, o que proporcionou redução nas concentrações de OD, deixando o ambiente impróprio para a vida aquática aeróbia. De acordo com a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos, concentrações de OD entre 0 a 2 mg L⁻¹ são insuficientes para manter a vida aquática, de 2 a 4 mg L⁻¹ de OD somente poucas espécies de peixes podem sobreviver, de 4 a 7 mg L⁻¹ de OD é aceitável para peixes em regiões de clima quente (USEPA, 1986).

Independente se tratado ou não, Menezes et al. (2016) e Fia et al. (2015) avaliando o mesmo curso d'água urbano em Lavras-MG, observaram que o despejo de esgotos alterou a qualidade do curso d'água aumentando a concentração de DBO e reduzindo o OD. Em análise das variáveis de qualidade do Riacho Mussuré, tendo como objetivo avaliar se o lançamento de efluente causava danos ao meio, Belmont et al. (2018) analisaram dois pontos do curso d'água, um próximo à nascente com OD de 5,2 mg L⁻¹ e DBO de 15,7 mg L⁻¹, e outro próximo à cidade com OD de 3,3 mg L⁻¹ e DBO de 23,1 mg L⁻¹. Evidenciando assim que mesmo próximo à nascente, pode haver contribuição de atividades antrópicas dentro da bacia hidrográfica que degradam a qualidade da água.

Semelhante ao observado para a matéria orgânica, verificou-se que as concentrações de nitrogênio e fósforo eram reduzidas antes do lançamento do esgoto tratado, aumentando consideravelmente na zona de mistura e reduziram posteriormente. A forma de nitrogênio avaliada no presente trabalho foi de nitrogênio total, enquanto a DN COPAM/CERH nº1/2008 estabelece que o nitrogênio amoniacal total deve ser inferior a 3,7 mg L⁻¹ de N, para valores de pH iguais ou inferiores a 7,5. Apesar de não ter sido avaliado o pH das amostras no presente trabalho, acredita-se que como outras águas da região o pH seja inferior a 7,5. Ainda, sabendo que a concentração de nitrogênio amoniacal total é inferior ao nitrogênio total, que engloba as formas nítricas, então pode-se

Realização

Apoio

considerar no presente trabalho que com exceção da zona de mistura, o valor de nitrogênio total tendeu à normativa ambiental para classe 2.

Em relação ao fósforo, elemento indispensáveis para o crescimento de algas (MOTA; VON SPERLING, 2009), por isso mais preocupante em relação às águas que contribuem para o Lago de Furnas, notou-se que na zona de mistura os valores foram cerca de 160 vezes superior ao limite estabelecido para ambientes lóticos ($0,05 \text{ mg L}^{-1}$ de P). Mesmo após o processo de homogeneização com a água do manancial e a depuração parcial, os valores ainda permaneceram superiores ao estabelecido seja para ambientes lóticos, seja para ambientes lênticos ($0,03 \text{ mg L}^{-1}$ de P), o que demanda muita atenção dos órgãos de controle para minimizar os impactos no Lago de Furnas (WIEGAND et al., 2016).

Em um estudo de análise da qualidade da água da represa do Ribeirão Mimoso em Morrinhos-GO, Castro (2021) em análise ao parâmetro fósforo total encontrou um valor máximo de $0,16 \text{ mg L}^{-1}$, evidenciado que o uso e a ocupação do solo da bacia podem causar impactos negativos no ambiente lênticos, principalmente devido à eutrofização.

Os valores de *E. coli* observados na zona de mistura ($2,3 \times 10^7 \text{ NMP } 100 \text{ mL}^{-1}$) são relativamente próximos ao valor mínimo da faixa observada para efluentes domésticos sem tratamento $1 \times 10^9 \text{ NMP } 100 \text{ mL}^{-1}$ (VON SPERLING, 2014). Os valores observados são condizentes com aqueles observados em cursos d'água que recebem esgoto doméstico sem tratamento ou parcialmente tratados (FIA et al., 2015; MENEZES et al., 2016).

Independente do ponto analisado, a presença de *E. coli* foi sempre superior aos limites estabelecidos pela DN COPAM/CERH nº1/2008, considerando que a água seja utilizada para diversos fins, exceto balneabilidade. Ao serem considerados os limites para balneabilidade, o que ocorre muitas vezes às margens do Lago de Furnas onde são realizadas atividades de lazer e de contato primário, os valores deveriam ser inferiores a 800 *E. coli* por 100 mL, para esta ser considerada satisfatória (BRASIL, 2000).

Apesar de ter sido avaliado apenas um curso d'água afluente ao Lago de Furnas, acredita que, pelos baixos índices de saneamento em Minas Gerais, a situação seja corriqueira em diferentes cursos d'água que contribuem para a represa. Evidencia-se,

Realização

Apoio

então, que deve haver maior controle das agências reguladoras e fiscalizadoras, bem como maior investimento por parte dos setores público e privados quanto ao tratamento de esgotos e efluentes industriais na região. Um trabalho que envolva toda a bacia hidrográfica é essencial para manutenção da qualidade da água e a continuidade dos benefícios que o mesmo traz para a região e entorno.

CONCLUSÕES

A partir da avaliação realizada, pode-se concluir que de forma geral, em relação à matéria orgânica, o curso d'água ainda apresentou características que não permitiam a vida aquática no Ponto 03, com reduzidos valores de OD. E elevados valores de P e *E. coli* que podem causar impactos negativos ao Lago de Furnas, causando eutrofização e suas consequências ambientais, econômicas e de saúde pública indesejáveis, bem como prejuízo às atividades de contato primário com as águas do Lago.

AGRADECIMENTOS

Nossos agradecimentos especiais à ARPA Rio Grande, pela disponibilização de dados, apoio financeiro e suporte técnico na supervisão deste trabalho. À UFLA pela parceria e participação, por meio da orientação das alunas responsáveis pelo desenvolvimento desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

- APHA - American Public Health Association; AWWA - American Water Works Association; WEF - Water Environment Federation. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 22nd Ed.: American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. Washington, DC.
- BELMONT, M. A. F. et al. Avaliação física e química da água do Riacho Mussurú – João Pessoa-PB. **Revista Campo do Saber**, v. 4, n. 4, p. 10-35, 2018.
- BRASIL. Lei 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece as diretrizes nacionais para o Saneamento Básico. Brasília, DF: Presidência da República. Disponível em:<

Realização



Apoio



http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm>. Acesso em 01 de fev. 2022.

BRASIL. Resolução CONAMA nº274, de 29 de novembro de 2000, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**.n.18, de 25 de janeiro de 2001, Seção 1, páginas 70-71.

BUCCI, M. H.S.; OLIVEIRA, L. F.C. Índices de qualidade da água e de estado trófico na represa Dr. João Penido (Juiz de Fora, MG). **Rev. Ambient. Água**, v.9, n.1, p.130-148, 2014.

CASTRO, Y. L. **Diagnose da qualidade da água da represa do Ribeirão Mimoso, Município de Morrinhos-GO**. 2021. 24p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia). Instituto Federal Goiano, Morrinhos, 2021.

COSTA, V. M. et al. Estudo da autodepuração em um trecho do Rio Sorocaba, SP-Brasil. In: **Meio Ambiente, Sustentabilidade e Tecnologia**. v. 5 Recursos Hídricos. Belo Horizonte – MG: Poisson, 2021. Capítulo 4.

DUTRA, W. C.; FIA, R.; RIBEIRO, C. Modelagem da qualidade da água do Rio Paraíba em Juiz de Fora/MG: diagnóstico e prognóstico. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, v.57, n.2, p.256-267, 2022.

FIA, R.; TADEU, H.C.; MENEZES, J.P.C.; FIA, F.R.L.; OLIVEIRA, L.F.C. Qualidade da água de um ecossistema lótico urbano. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.20, n.1, p.267-275, 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Produto Interno dos Municípios 2017. Disponível em:

<<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/cristais/pesquisa/38/46996>> Acesso em:19 mar.

MARTINS, A P. R. **Monitoramento ambiental do corpo hídrico receptor de efluente do aterro sanitário de Rio Branco-Acre**. 2018. 96p. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Elaboração e Gerenciamento de Projetos para a Gestão Municipal de Recursos Hídricos). Instituto Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.

MENEZES, J. P. C.; BITTENCOURT, R. P.; FARIAS, M. DE S.; BELLO, I. P.; FIA, R.; OLIVEIRA, L. F. C. DE. Relação entre padrões de uso e ocupação do solo e qualidade da água em uma bacia hidrográfica urbana. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 21, p. 519-534, 2016.

MINAS GERAIS. Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01, de 05 de maio de 2008. **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**. Minas Gerais, 2008.

MINAS GERAIS. Deliberação Normativa COPAM nº 216, de 27 de outubro de 2017. **Dispõe sobre as exigências para laboratórios que emitem relatórios de ensaios ou certificados de calibração referentes a medições ambientais**. Minas Gerais, 2017.

MINAS GERAIS. **Panorama de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário, 2021**. Disponível em: <

https://www.agenciaminas.mg.gov.br/ckeditor_assets/attachments/12543/panorama_abastecimento_de_agua_e_esgotamento.pdf > Acesso em: 21 mar. 2022.

MORASHASHI, A. C. et al. Avaliação e comparação do acúmulo de fósforo por biofilme formado sobre lâminas de vidro e de filme polimérico biodegradável (Ecovio® modificado). **Revista Brasileira de Ciência, Tecnologia e Inovação**, v. 4, n. 2, p. 131-145, 2019.

MOTA, F. S. B.; VON SPERLING, M. **Nutrientes de esgoto sanitário: utilização e remoção**. Rio de Janeiro: ABES, 2009. 428 p. PROSAB/ FINEP.

POZZER, C.E.; FERRÃO, A. M. A. O Plano de Desenvolvimento do Lago de Furnas de 1975: o desafio da integração regional. **Interações**, v. 19, n. 4, p. 871-887, 2018.

Realização

Apoio



TERCINI, J. R. B.; MELLO JÚNIOR, A. V. Simulation model of DO and BOD integrating river and reservoir applied to the Tietê River. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.21, n.2, p. 338 - 346, 2016.

United State Environmental Protection Agency -USEPA. **Ambient water quality criteria for dissolved oxygen** – EPA 440586003, Washington, DC, 1986.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 4. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2014. 452p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, v.1).

WIEGAND, M. C.; PIEDRA, J. I. G.; ARAÚJO, J. C. Vulnerabilidade à eutrofização de dois lagos tropicais de climas úmido (Cuba) e semiárido (Brasil). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.21, n.2, p.415-424, 2016.

Realização



Apoio

