



Avaliação da eficiência de ETEs para cidades de pequeno porte do Norte de Minas Gerais

Evaluation of WWTP efficiency for small towns in Northern Minas Gerais

Evaluación de la eficiencia de ETARs para ciudades pequeñas del Norte de Minas Gerais

DOI: 10.55905/revconv.17n.10-425

Originals received: 09/23/2024

Acceptance for publication: 10/16/2024

Laís Pereira Dias

Graduanda em Engenharia Agrícola e Ambiental
Instituição: Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)
Endereço: Jequitinhonha – Minas Gerais, Brasil
E-mail: laispereiradias@yahoo.com.br
Orcid: <https://orcid.org/0009-0000-0140-0725>

Fernando Colen

Doutor em Agronomia
Instituição: Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP)
Endereço: Montes Claros – Minas Gerais, Brasil
E-mail: fernandocolenuufmg@gmail.com
Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-6039-1240>

Sidney Pereira

Doutor em Agronomia
Instituição: Universidade Federal de Goiás (UFG)
Endereço: Montes Claros – Minas Gerais, Brasil
E-mail: profsidneypereira@gmail.com
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8869-3512>

Júlia Ferreira da Silva

Doutora em Microbiologia Agrícola
Instituição: Universidade Federal de Lavras (UFLA)
Endereço: Montes Claros – Minas Gerais, Brasil
E-mail: julia.ica.ufmg@gmail.com
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-6515-679X>



Cecília Matos Queiroz

Graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental

Instituição: Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)

Endereço: Montes Claros – Minas Gerais, Brasil

E-mail: cecilia.mq@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0009-0000-1271-5677>

RESUMO

As lagoas de estabilização se configuram como uma tecnologia de baixo custo operacional as quais são fundamentais para a universalização dos serviços de esgotamento sanitário em países em desenvolvimento como o Brasil. O estudo realizado analisou a performance desses sistemas em três Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) na região Norte de Minas Gerais durante os anos de 2020, 2021 e 2022, evidenciando as possíveis variações da eficiência de tratamento em sistemas de tratamento secundário com reatores anaeróbios de fluxo ascendente – RAFA e lagoas de estabilização, sendo estas facultativas e de polimento, baseando-se nos principais parâmetros de eficiência analisados na operação, como DBO e DQO, além da relação DQO/DBO, e de outros parâmetros que garantem a efetividade dos sistemas de tratamento na remoção de carga orgânica, como o pH e sólidos em suas variantes. Os dados de verificação da eficiência foram coletados após lagoa de estabilização e observou-se o atendimento às legislações vigentes ao longo de todo o período avaliado com pouca variação ao longo dos anos, mediante das variáveis estatísticas aplicadas como: média, desvio padrão e coeficiente de variação, evidenciando o bom desempenho do modelo de sistema tratado analisado.

Palavras-chave: saneamento básico, engenharia sanitária, tratamento secundário de efluentes, padrão de lançamento de efluentes.

ABSTRACT

Stabilization ponds are configured as a low-operational-cost technology that is fundamental for the universalization of sanitation services in developing countries like Brazil. The conducted study analyzed the performance of these systems at three Wastewater Treatment Plants (WWTP) in the northern region of Minas Gerais during the years 2020, 2021, and 2022, highlighting possible variations in treatment efficiency in secondary treatment systems with Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactors (UASB) and stabilization ponds, including facultative and polishing ponds. This analysis was based on key efficiency parameters, such as BOD and COD, and the COD/BOD ratio, and other parameters that ensure the effectiveness of treatment systems in removing organic load, such as pH and solids in their various forms. Efficiency verification data were collected after the stabilization ponds, and it was observed that compliance with current legislation was maintained throughout the evaluated period, with little variation over the years, according to the applied statistical variables such as mean, standard deviation, and coefficient of variation, demonstrating the good performance of the analyzed treatment system model.

Keywords: basic sanitation, sanitary engineering, secondary wastewater treatment, effluent discharge standards.



RESUMEN

Las lagunas de estabilización se configuran como una tecnología de bajo costo operativo, la cual es fundamental para la universalización de los servicios de saneamiento en países en desarrollo como Brasil. El estudio realizado analizó el rendimiento de estos sistemas en tres Estaciones de Tratamiento de Aguas Residuales (ETAR) en la región norte de Minas Gerais durante los años 2020, 2021 y 2022, destacando las posibles variaciones en la eficiencia del tratamiento en sistemas de tratamiento secundario con reactores anaeróbicos de flujo ascendente (RAFA) y lagunas de estabilización, incluyendo facultativas y de pulido, basándose en los principales parámetros de eficiencia analizados en la operación, como la DBO y DQO, así como la relación DQO/DBO, y otros parámetros que aseguran la efectividad de los sistemas de tratamiento en la eliminación de carga orgánica, como el pH y los sólidos en sus diversas variantes. Los datos de verificación de la eficiencia se recolectaron después de la laguna de estabilización, y se observó el cumplimiento de la legislación vigente durante todo el período evaluado, con poca variación a lo largo de los años, según las variables estadísticas aplicadas como: media, desviación estándar y coeficiente de variación, evidenciando el buen desempeño del modelo de sistema de tratamiento analizado.

Palabras clave: saneamiento básico, ingeniería sanitaria, tratamiento secundario de efluentes, estándares de descarga de efluentes.

1 INTRODUÇÃO

Saneamento básico, por conceito, expressa aquilo que contempla os serviços e as infraestruturas voltadas ao abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos e drenagem, e manejo das águas pluviais, como pontuado na Política Nacional de Saneamento Básico instituída pela Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007 (Brasil, 2007).

A busca pela universalização dos serviços de esgotamento sanitário, no Brasil, foi reafirmada em 2020 pelo Novo Marco Legal do saneamento básico. Sancionado pela Lei nº 14.026/20, a mesma garante que em até 2033 90% da população brasileira terá acesso ao tratamento e coleta de esgoto bem como 99% da população terá acesso ao abastecimento de água potável (Brasil, 2020).

Deste modo, dados do último censo demográfico realizado em 2022, apontam que 56% da população brasileira tem acesso à rede de esgoto sanitário, contudo, apenas 52,2% do efluente coletado recebeu tratamento adequado. Ainda, o estudo aponta que as cidades de pequeno porte, considerando até 10 mil habitantes, representam quase metade dos 5.570 municípios brasileiros (44,8%) (SNIS, 2022).



Na esfera estadual, Minas Gerais aparece entre os três estados com maior percentual de conexão à rede de esgoto do País, com 80,74%, precedido de São Paulo e Rio de Janeiro com 91,3% e 84,38%, respectivamente. Todavia, o levantamento apontou que apenas 43,7% do esgoto gerado em Minas Gerais foi tratado (SNIS, 2022).

Ainda que exista o entendimento por parte da população de que o tratamento e destinação correta do efluente gerado estão intrinsicamente ligados à qualidade da água, e ao meio ambiente (Silva *et al.*, 2019), é possível observar pelos dados, que existe um déficit de sistemas de esgotamento sanitário nas áreas urbanas e rurais em todo País.

Uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) tem como principal objetivo mitigar os impactos dos lançamentos de efluentes, reduzindo o máximo possível da carga orgânica presente nestes, por meio da estabilização dos componentes orgânicos e inorgânicos presentes nos mesmos e por conseguinte, nos corpos hídricos. Diante disso, deve-se seguir os padrões de lançamento das legislações vigentes, objetivando uma eficiência de tratamento adequada para que fatores como a eutrofização de rios e o desequilíbrio da ictiofauna não ocorram.

Nesse sentido, entre os níveis e processos de tratamento de efluentes utilizados no Brasil, as lagoas de estabilização de efluentes e suas variantes constituem um sistema em nível secundário, por processo biológico que apresenta boa eficiência. Von Sperling (2019) pontua que elas constituem-se a forma mais simples para o tratamento de esgotos, apontando como vantagens a simplicidade de operação, devido à necessidade de nenhum ou pouco equipamento entre as suas variantes.

As lagoas de estabilização, ainda, podem ser consideradas como o sistema mais adequado para países tropicais em desenvolvimento, por ser favorecido pelas condições climáticas de temperatura elevada e abundante ao longo do ano, além de possuírem custos de operação baixo custo e a disponibilidade de terrenos serem relativamente fáceis (Leite *et al.*, 2005).

Sendo assim, a presença dos sistemas de tratamento de esgoto por lagoas de estabilização, pode ser encontrada em algumas cidades do Norte de Minas Gerais, com características climatológicas semiáridas, com redução do índice pluviométrico e má distribuição de chuvas ao longo do ano, conhecida socioeconomicamente ainda pelos seus baixos indicadores sociais.

Desta forma, o objetivo com o presente estudo é avaliar a variação da eficiência de tratamento de 03 ETEs em cidades de pequeno porte da região Norte de Minas Gerais com sistemas de tratamento compostos por lagoas de estabilização, ao longo dos anos 2020, 2021 e

2022, por meio dos principais parâmetros de qualidade analisados na operação, como: DBO, DQO, pH, sólidos, além da relação DQO/DBO.

2 METODOLOGIA

Para a realização deste estudo, foram utilizados os dados dos resultados das análises dos efluentes de 03 ETEs do Norte de Minas Gerais, cedidos pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais – COPASA, dos anos de 2020 até 2022, em conformidade com as condições e padrões de lançamento de efluentes estabelecidos pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM e CERH/MG nº 08 de 21 de novembro de 2022.

As Estações de Tratamento de Efluentes foram selecionadas com base na semelhança do tipo de tratamento utilizando reatores do tipo RAFA - reator anaeróbio de fluxo ascendente, ou do inglês, UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) e lagoas de estabilização.

A ETE 01, atende uma população de 3.768 habitantes (IBGE, 2022), situada nas coordenadas: 16° 50' 36.968" S 43° 35' 30.568" W, possui vazões médias anuais dos anos analisados de 1,99 L s⁻¹ (2020), 2,64 L s⁻¹ (2021) e 2,67 L s⁻¹ (2022). Possui como componentes em sua unidade de tratamento: 01 medidor de vazão, 01 desarenador, 01 sistema de gradeamento, 01 sistema de bombeamento, 01 reator anaeróbio de fluxo ascendente (RAFA), 01 lagoa facultativa e 01 leito de secagem. O lançamento final dos efluentes líquidos tratados é no Rio Juramento, de classe 02, pertencente à bacia do Rio São Francisco.

A ETE 02, atende uma população de 6.354 habitantes (IBGE, 2022), situada nas coordenadas centrais 17° 16' 47,44" S e 43° 57' 27,38" O. Possui vazões médias anuais dos anos analisados de 2,50 L s⁻¹ (2020), 2,64 L s⁻¹ (2021), 2,67 L s⁻¹ (2022). A ETE é composta por 01 medidor de vazão, 01 desarenador, 01 sistema de gradeamento, 01 bomba, 02 reatores (RAFA), 01 lagoa de polimento, 01 calha Parshall, 03 leitos de secagem e 01 queimador de biogás. O efluente líquido tratado é lançado no ribeirão Lavagem, de classe 02, cerca de 300 metros de distância da área útil da ETE.

A ETE 03, atende uma população de 2.928 habitantes (IBGE, 2022), situada nas coordenadas Lat: 16° 50' 53,98" S - Long 43° 41' 46,53" W (sirgas 2000). Possui vazões médias anuais dos anos analisados de 1,15 L s⁻¹ (2020), 2,89 L s⁻¹ (2021), 2,26 L s⁻¹ (2022). O sistema da ETE é composto por tratamento preliminar com medidor de vazão, gradeamento e



desarenador, reator (RAFA), leito de secagem de lodo e lagoa facultativa. O lançamento final do efluente tratado é feito no Rio Verde Grande, de classe 02, pertencente à bacia do Rio São Francisco.

Para o presente estudo, foram selecionados os parâmetros analisados nas ETEs considerando o automonitoramento, condicionante presente nas licenças ambientais dos empreendimentos, realizado bimestralmente ao longo dos anos. As análises dos parâmetros físico-químicos selecionados foram realizadas no Laboratório Regional de Montes Claros da COPASA-MG, certificado pela ISSO 17.025. Posteriormente avaliou-se a qualidade e variação ao longo do período selecionado da eficiência de tratamento, por meio das variáveis estatísticas média, desvio padrão e coeficiente de variação, dos parâmetros de cada sistema e seus possíveis impactos nos corpos receptores.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Em atendimento aos limites estabelecidos pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM e CERH/MG nº 08 de 21 de novembro de 2022, os resultados evidenciaram bom desempenho operacional a partir dos valores de eficiência de remoção da carga orgânica dos parâmetros de DBO e DQO. Além disso, são discutidas as limitações do estudo e possíveis direções para pesquisas futuras. É fundamental que tanto os resultados quanto a discussão sejam fundamentados em evidências sólidas e que contribuam significativamente para o avanço do conhecimento sobre o tema abordado.

Segundo Magno e Oliveira (2009), a diferença entre esses parâmetros é que, a demanda bioquímica de oxigênio (DBO) mede a quantidade de oxigênio necessária para que os microrganismos biodegradem a matéria orgânica, enquanto a demanda química de oxigênio (DQO) representa a quantidade de oxigênio necessária para oxidar quimicamente a matéria orgânica.

Assim sendo, pode-se avaliar tais parâmetros a partir da relação DQO/DBO. Von Sperling (2018) afirma que essa relação varia de acordo com as características do efluente e pelas etapas de tratamento, sendo que quanto maior a eficiência do tratamento na remoção da matéria orgânica biodegradável, maiores serão os valores encontrados, podendo chegar a 4,0 ou 5,0.

Desta forma, na Tabela 1 estão abordadas as variações em cada ETE.



Tabela 1 - Variação da relação DQO/DBO

Relação DQO/DBO do efluente final			
Mês/ano	ETE 01	ETE 02	ETE 03
Janeiro/20	5,89	2,89	7,04
Março/20	7,53	6,49	1,41
Maio/20	5,19	6,56	6,65
Julho/20	6,13	5,32	11,17
Setembro/20	4,64	8,26	4,81
Novembro/20	7,29	4,40	5,12
Média anual:	6,11	5,65	6,03
Desvio Padrão anual:	1,14	1,88	3,21
C.V anual:	18,61%	33,22%	53,19%
Janeiro/21	7,50	4,69	5,32
Março/21	5,99	3,21	5,24
Maio/21	4,61	5,65	4,92
Julho/21	3,32	4,43	4,84
Setembro/21	4,91	6,18	5,54
Novembro/21	5,00	4,88	4,53
Média anual:	5,22	4,84	5,07
Desvio Padrão anual:	1,41	1,03	0,37
C.V anual:	26,97%	21,27%	7,28%
Janeiro/22	5,65	3,91	1,56
Março/22	5,34	2,53	4,14
Maio/22	3,92	4,48	3,52
Julho/22	4,49	4,27	4,78
Setembro/22	6,12	11,72	4,31
Novembro/22	5,37	5,50	5,82
Média anual:	5,15	5,40	4,02
Desvio Padrão anual:	0,80	3,24	1,43
C.V anual:	15,60%	60,01%	35,55%
Média geral	5,49	5,30	5,04
Desvio padrão geral	1,17	2,14	2,09
C.V geral	21,31%	40,38%	41,47%

Fonte: Autores, 2024

Em consonância com a Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011 dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, estabelecendo para a DBO o valor máximo de 120 mg L^{-1} , limite este que só poderá ser ultrapassado em sistemas com eficiência de remoção mínima de 60% (Brasil, 2011). Todavia, no âmbito estadual, a normativa determina o mesmo percentual de eficiência mínima, porém limita o valor máximo do efluente em 60 mg L^{-1} .

É importante atentar-se a esse parâmetro pois a eficiência de remoção contribui na garantia da quantidade de oxigênio dissolvido suficiente para a obtenção da recuperação natural do corpo hídrico receptor (Magno e Oliveira, 2009).

Não há valores estabelecidos de DQO na legislação federal, entretanto, a DN Conjunta COPAM-CERH/MG nº 08/2022 determina valor máximo para efluentes de até 180 mg L^{-1} ou



tratamento com eficiência de redução de DQO em no mínimo 55% e média anual igual ou superior a 65% (Minas Gerais, 2022).

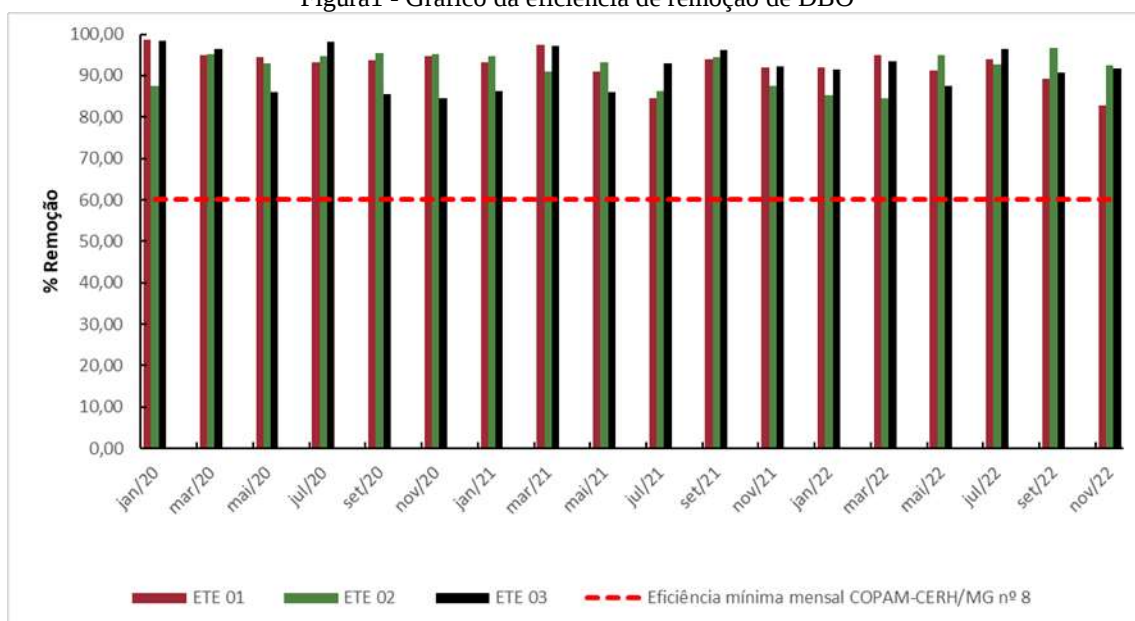
Deste modo, no presente estudo foi possível constatar que:

- a) A ETE 01 apresentou eficiência de remoção de DBO média de 92,55%, ao longo do período analisado, com desvio padrão de 3,95 e coeficiente de variação de 4%. Para o parâmetro DQO, a média de remoção foi de 81,83%, com taxa de variação de 8% e desvio padrão de 6,36.
- b) A ETE 02 apresentou eficiência de remoção de DBO média de 91,92%, ao longo do período analisado, com desvio padrão de 3,92 e coeficiente de variação de 4%. Para o parâmetro DQO, a média de remoção foi de 80,67%, com taxa de variação de 7% e desvio padrão de 5,83.
- c) A ETE 03 apresentou eficiência de remoção de DBO média de 91,73%, ao longo do período analisado, com desvio padrão de 4,78 e coeficiente de variação de 5%. Para o parâmetro DQO, a média de remoção foi de 85,32%, com taxa de variação de 10% e desvio padrão de 8,72.

Os Gráficos das Figuras 1 e 2 revelam a variação de DBO e DQO ao longo do período analisado, evidenciando que a eficiência de remoção sempre esteve acima da mínima estabelecida nas legislações vigentes.

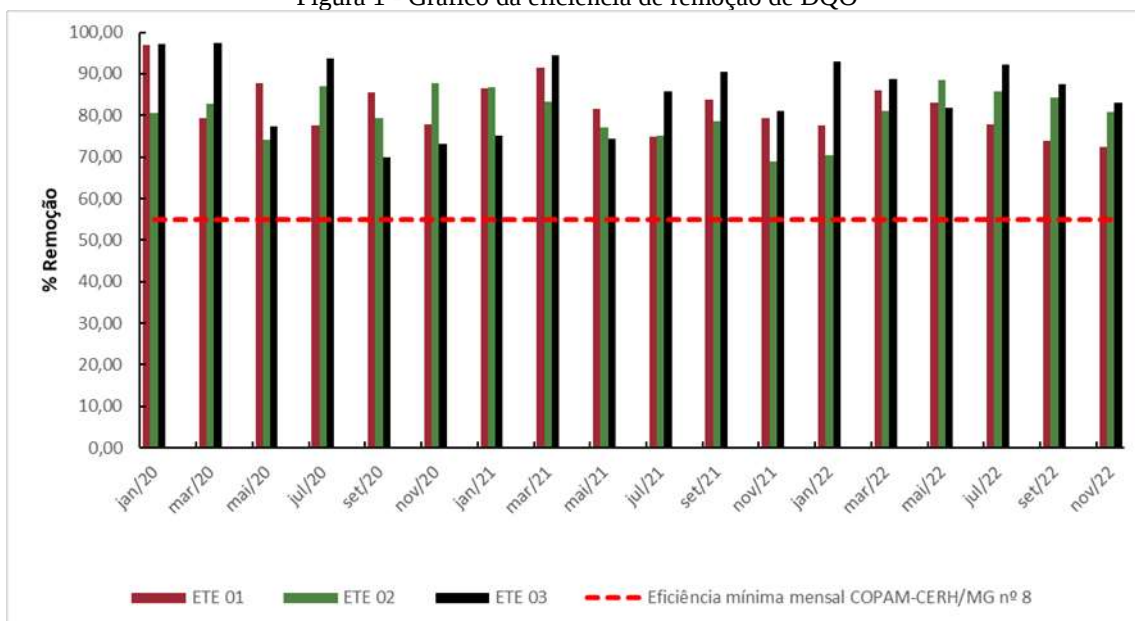


Figura1 - Gráfico da eficiência de remoção de DBO



Fonte: Autores, 2024.

Figura 1 - Gráfico da eficiência de remoção de DQO



Fonte: Autores, 2024.

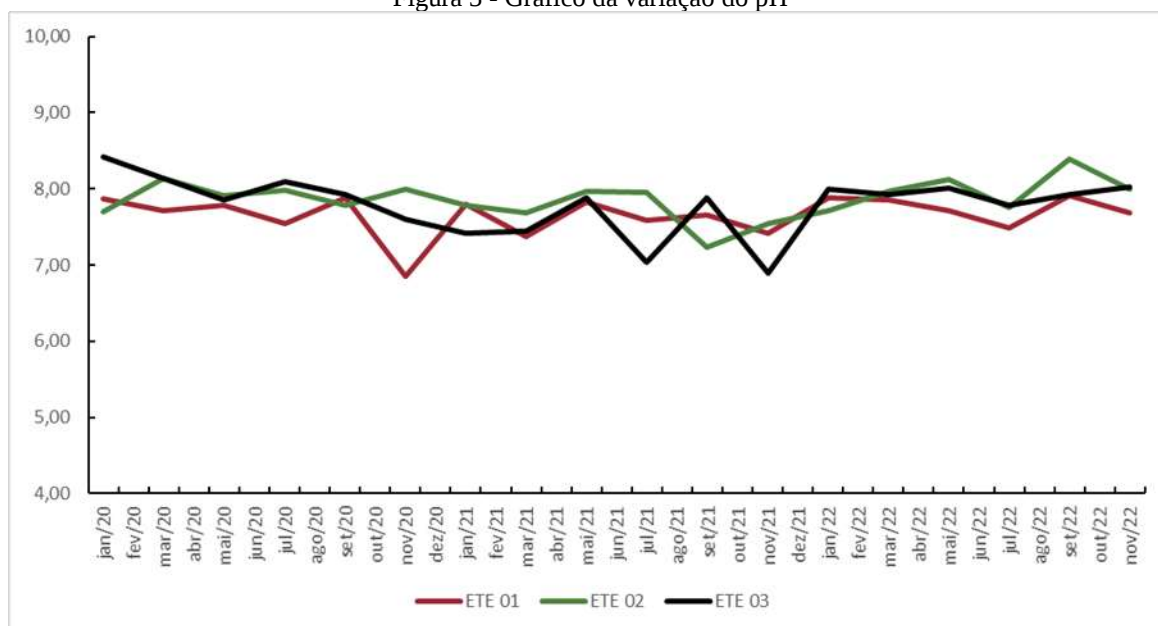
Outro parâmetro fundamental de controle em ETE é o pH, utilizado no controle operacional das ETEs para expressar importante aplicabilidade na digestão anaeróbia e processos oxidativos (Jordão e Pessoa, 2014). Valores de pH muito discrepantes da neutralidade podem causar efeitos à população aquática e também aos microrganismos responsáveis pelo tratamento biológico dos esgotos (Forgearini, 2019).



Pode-se observar na Figura 3 que este parâmetro se manteve dentro dos limites nas três estações de tratamento analisadas, ou seja, não constaram valores inferiores nem superiores aos limites mínimo e máximo estipulados na Resolução Conama nº 430/2011 e DN Conjunta COPAM-CERH/MG, que estabelecem uma faixa entre 5,0 e 9,0.

Em consonância, observou-se ainda na Figura 3, que o parâmetro em questão garantiu a eficiência das ETEs ao longo dos anos, permanecendo entre os limites mínimo e máximo estabelecidos nas legislações vigentes. Os valores médios foram de 7,66, 7,87 e 7,79 nas ETE 01, 02 e 03, respectivamente. A taxa de variação calculada foi de apenas 5% ao longo dos anos, como ilustrado abaixo:

Figura 3 - Gráfico da variação do pH



Fonte: Autores, 2024.

Manter o controle e monitoramento do pH é importante para garantir a eficiência dos processos de tratamento e a qualidade final do efluente tratado, além de evitar danos aos equipamentos e sistemas biológicos da estação. Fatores como a infiltração de água de chuva no sistema de esgoto, a qual pode diluir ou concentrar os componentes químicos do efluente, a temperatura, a presença de oxigênio, a salinidade bem como outros fatores ambientais, podem influenciar a atividade microbiana e as reações químicas existentes, afetando o pH (Forgearini, 2019).



Outros parâmetros importantes para a avaliação da qualidade do efluente tratado como sólidos suspensos totais (SST), sólidos sedimentáveis, sendo esses virtualmente ausentes ($<1,0$) e óleos e graxas (OG), se mantiveram abaixo dos limites estabelecidos na DN COPAMCERH/MG nº 08/2022, a qual determina valores de 150 mg L^{-1} para SST e 100 mg L^{-1} de OG máximos. Em contrapartida, outros parâmetros como fósforo (P) e coliformes termotolerantes (E. coli) apresentaram valores acima do permitido nas legislações vigentes, com variações de $1,27 \text{ mg L}^{-1}$ até $15,20 \text{ mg L}^{-1}$ para fósforo (P), e $3,7 \times 10^2 \text{ NMP } 100 \text{ mL}^{-1}$ até $2,4 \times 10^6 \text{ NMP } 100 \text{ mL}^{-1}$ para E. coli. Tais variações refletem que a eficiência de tratamento desses parâmetros nas ETEs, pode ter sido influenciada tanto por fatores climáticos, como chuvas e temperaturas, como por fatores operacionais no sistema. Altos níveis de matéria orgânica, assim como a disponibilidade de nutrientes como nitrogênio e fósforo podem promover o crescimento desses microrganismos termotolerantes além de apresentarem risco de eutrofização dos corpos hídricos receptores (Jordão e Pessôa, 2014).

Os efluentes das três ETEs analisadas apresentaram ótimos resultados de eficiência de remoção da carga orgânica, com médias de eficiência acima de 90%, e pouca variação ao longo dos anos analisados, evidenciando o bom desempenho das lagoas de estabilização através também da relação DQO/DBO. A partir dos resultados obtidos, foi possível observar ainda que as lagoas de estabilização podem favorecer a retenção de elementos nutrientes inorgânicos, devido ao elevado tempo de detenção hidráulica.

Vale citar ainda que os efluentes gerados em lagoas de estabilização podem apresentar grande potencial para reúso agrícola na fertirrigação, devido aos teores de nutrientes presentes, atentando-se às legislações vigentes de reaproveitamento de efluentes. O uso do efluente, desta forma, poderá necessitar de ações corretivas na operação, como tratamento adicional ou maior intensificação no monitoramento de parâmetros de qualidade.

Deste modo, Leite et al (2005), pontuam que as lagoas de estabilização caracterizam uma tecnologia já consolidada para o tratamento de águas residuárias, principalmente em países em desenvolvimento, devido aos reduzidos custos de implantação, manutenção e operação, além das boas eficiências de remoção de DBO, como foi possível observar no presente estudo.

Todavia, o acúmulo de sólidos, assim como a presença de algas, podem comprometer a eficiência das lagoas, além de agirem indiretamente sobre o meio aquático, dificultando a

penetração da luz, a manutenção da vida aquática, provocando o aquecimento da água que acarretará na redução de oxigênio dissolvido no meio (Crizel e Lara, 2020).

5 CONCLUSÃO

O presente estudo evidenciou, através da análise dos principais parâmetros de qualidade operacional, que foi possível identificar tendências e pequenas variações ao longo do período observado na performance das ETEs, fornecendo dados essenciais que podem aprimorar a gestão e operação desses sistemas de tratamento. Os resultados obtidos são importantes para entender a eficácia das lagoas de estabilização e contribuir para a melhoria contínua dos processos de tratamento de esgoto na região do Norte de Minas Gerais.

Em relação à eficiência de tratamento na remoção da carga orgânica, o estudo revelou que as ETEs não apresentaram variações significativas ao longo dos três anos analisados. Apesar de algumas flutuações sazonais e operacionais, bem como variações ambientais, fatores climáticos e de temperatura presentes na região, como a concentração das chuvas por curto período de tempo e a estiagem prolongada durante o maior período do ano, as lagoas de estabilização demonstraram uma capacidade consistente de reduzir a carga orgânica dos efluentes.

Desta forma, os parâmetros de qualidade, como DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio e DQO – Demanda Química de Oxigênio, indicaram que, em geral, as ETEs conseguiram alcançar níveis satisfatórios de remoção de matéria orgânica, refletindo na eficácia do sistema. Os resultados encontrados ainda reforçam a viabilidade das lagoas de estabilização como tecnologia adequada para o tratamento de esgoto na região, oferecendo uma alternativa sustentável e eficiente para a gestão de águas residuais.

AGRADECIMENTOS

Os autores deste presente estudo agradecem à Companhia de Saneamento de Minas Gerais – COPASA, pela disponibilização dos dados e informações necessárias que constituem o trabalho.



REFERÊNCIAS

BRASIL. CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente, 2011. **Resolução nº 430, 13 de maio de 2011**. Disponível em:

<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>> Acesso em: 18 de maio, 2024.

BRASIL. **Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007**. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a política federal de saneamento básico. Diário Oficial da União 2007; 08 janeiro. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/Lei/L11445.htm> Acesso em: 18 de maio, 2024

BRASIL. **Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020**. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, para atribuir à Agência 2007; 08 janeiro. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/Lei/L11445.htm> Acesso em: 18 de maio, 2024

CERH-MG. Conselho Estadual de Recursos Hídricos de Minas Gerais (2022). **Deliberação Normativa Conjunta COPAM e CERH/MG nº 08, de 21 de novembro de 2022**. Disponível em: <[siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=56521#:~:text=DELIBERAÇÃO NORMATIVA CONJUNTA COPAM-CERH/MG Nº 8, DE 21 DE NOVEMBRO](http://siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=56521#:~:text=DELIBERAÇÃO%20NORMATIVA%20CONJUNTA%20COPAM-CERH/MG%20Nº%208,%20DE%2021%20DE%20NOVEMBRO)> Acesso em: 26 de julho, 2024.

CRIZEL, Marcelo Guerreiro; LARA, Ana Claudia. Avaliação da eficiência de uma estação de tratamento de efluentes instalada em uma universidade federal: questão de gestão ambiental. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 8, n. 3, 2020.

FORGEARINI, Patrícia. **Análise da eficiência de uma estação de tratamento de efluentes compacta com incremento de sua carga orgânica através da adição de resíduos sanitários**. Rio Grande do Sul, 2019. Monografia. Disponível em: <https://www.univates.br/bduserver/api/core/bitstreams/80d50ff3-c339-414e-92e1760c0e768c03/content>>. Acesso em 05 de julho, 2024.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Brasileiro de 2022**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022.

JORDÃO, Eduardo Pacheco; PESSÔA, Constantino Arruda. **Tratamento de esgotos domésticos**. 7. ed. Rio de Janeiro; 2014.

LEITE, Valderi Duarte; *et al.* Tratamento de águas residuárias em lagoas esiduárias em lagoas de estabilização para aplicação na fertirrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, (Suplemento), p.71-75, 2005 Campina Grande, PB, DEAg/UFCG - <http://www.agriambi.com.br>. Acesso em 09 de julho de 2024.

MAGNO, Paulo Sérgio do Livramento; de OLIVEIRA, Josafá Ribeiro. **Tratamento de efluentes através de lagoas de estabilização: comparação entre eficiência teórica e eficiência real**. Águas Subterrâneas, 2009.

SILVA, Bruna B. P. *et al.* **Tratamento biológico de efluentes: lagoas de estabilização, princípios e importância**. Faculdade de Tecnologia Oswaldo Cruz, 2019.



SNIS – **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento**. Ministério das Cidades. Disponível em: <https://www.cidades.gov.br>. 2022. Acesso em 22 de abril de 2024.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Vol. 1, 4. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais; 2018.

VON SPERLING, Marcos. **Lagoas de estabilização**. Vol. 3, 3. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais; 2019.