


II-542 - VERIFICAÇÃO DO ATENDIMENTO AO PADRÃO DE LANÇAMENTO DA ETE MALVAS EM JUAZEIRO DO NORTE – CE
Jadyni Ester Matos e Silva⁽¹⁾

Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) campus Juazeiro do Norte.

Yannice Tatiane da Costa Santos⁽²⁾

Tecnóloga em Gestão Ambiental pelo Instituto Federal do Ceará – Campus Fortaleza. Mestre em Engenharia Sanitária pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Doutora em Química Biológica pela Universidade Regional do Cariri (URCA). Professora do Instituto Federal do Ceará- Campus Juazeiro do Norte.

Germário Marcos Araújo⁽³⁾

Tecnólogo em Recursos Hídricos/Saneamento Ambiental (CENTEC Cariri). Mestre em Engenharia Sanitária pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Doutor em Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Professor do IFCE campus Juazeiro do Norte.

Eduarda Moraes da Silva⁽⁴⁾

Engenheira Ambiental e Sanitária pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) campus Juazeiro do Norte. Mestranda em Desenvolvimento Regional Sustentável na Universidade Federal do Cariri (UFCA).

Clara Beatryz Gomes Vieira⁽⁵⁾

Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) campus Juazeiro do Norte.

Endereço⁽¹⁾: Rua Princesa Isabel, 990 - São Miguel - Juazeiro do Norte - Ceará - CEP: 63010-495 - Brasil - Tel: +55 (87) 98878-2122 - e-mail: jadynimattos@gmail.com.

RESUMO

Lagoas de estabilização é uma tecnologia de tratamento de esgotos amplamente utilizada no mundo, principalmente em localidades onde há disponibilidade de área e condições climáticas favoráveis, características estas que estão presentes na região nordeste do Brasil. No entanto, a operação e manutenção dos sistemas nem sempre são realizadas de forma adequada, fazendo com que o efluente final possa não atender os padrões de lançamento exigidos pela legislação ambiental. Assim sendo, com o intuito de avaliar a conformidade do efluente final do sistema de lagoas de estabilização ETE – Malvas, localizado no município de Juazeiro do Norte-CE, foi realizado um monitoramento apenas na lagoa de maturação, onde foram analisadas as variáveis: Sólidos Suspensos Totais (SST), Sólidos Sedimentáveis (SS), Temperatura (T), Potencial Hidrogeniônico (pH), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Coliformes Termotolerantes (CTe), conforme metodologias padrões do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Dos parâmetros analisados, apresentaram valores de acordo com a legislação, o pH, Temperatura, Sólidos Sedimentáveis e DBO filtrada. Os parâmetros de SST e de CTe em algumas coletas, ficaram acima dos padrões estabelecidos e isso pode ser atribuído a possíveis falhas nos processos de tratamento da ETE, já que a quantidade elevada de algas observada na lagoa de maturação pode ter contribuído para a diminuição da incidência da radiação solar e conseqüentemente nas remoções dos coliformes termotolerantes.

PALAVRAS-CHAVE: Lagoa de maturação, Conformidade, CONAMA e COEMA, Parâmetros, Efluente final.



INTRODUÇÃO

O lançamento de efluentes em corpos receptores representa um ponto crucial nos processos de tratamento de águas residuais. O crescimento populacional, a industrialização e as práticas agrícolas intensivas têm contribuído para um aumento significativo na produção de efluentes e a maneira como esses resíduos são lançados em corpos d'água tem implicações na saúde dos ecossistemas e na qualidade da água disponível para consumo humano.

Os sistemas de lagoas de estabilização constituem-se na forma mais simples para o tratamento dos esgotos. Há diversas variantes dos sistemas de lagoas de estabilização, com diferentes níveis de simplicidade operacional e requisitos de área. As lagoas usualmente utilizadas nos projetos são as lagoas facultativas e as lagoas aeradas facultativas. Além destas lagoas, cujo principal objetivo é a remoção da matéria carbonácea, analisam-se também as lagoas de maturação, direcionadas à remoção de organismos patogênicos (VON SPERLING, 2002).

A crescente demanda por uma gestão sustentável dos recursos hídricos tem impulsionado esforços significativos na otimização das estações de tratamento de esgoto. Nesse contexto, a avaliação da conformidade do efluente final surge como um componente essencial para garantir a preservação ambiental e principalmente a saúde pública.

O foco na qualidade do efluente final reflete o atendimento a normativas rigorosas que visam assegurar a proteção dos corpos d'água receptores. As legislações vigentes dentro do Ceará para o estabelecimento de parâmetros, padrões, diretrizes e condições para a gestão do lançamento de efluentes é a resolução nº 430 de 2011 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) de forma nacional e a resolução nº 2 de 2017 do Conselho Estadual do Meio Ambiente (COEMA), onde pode-se analisar a conformidade do efluente final dentro da legislação.

A compreensão desses aspectos é essencial não apenas para atender às exigências regulatórias, mas também para garantir a eficácia das estações de tratamento de esgoto na promoção da qualidade ambiental. Diante dessas perspectivas o presente trabalho tem o intuito de analisar a conformidade do efluente final do sistema de lagoas de estabilização ETE-Malvas em Juazeiro do Norte – CE, quanto à concentração de material orgânico e de nutrientes contidos no efluente final que é lançado no rio salgadinho, para isso, foi realizado o monitoramento do efluente do sistema durante o período de Março a Julho de 2023.

OBJETIVO

O trabalho objetivou caracterizar o efluente tratado da estação de tratamento de esgotos (ETE) Malvas do município de Juazeiro do Norte-Ce por meio dos parâmetros físico-químicos de sólidos suspensos totais (SST), sólidos sedimentáveis, temperatura, pH, demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e coliformes termotolerantes, com intuito de verificar sua conformidade com os padrões de lançamento estabelecidos pela resolução CONAMA nº 430/2011 e COEMA nº 02/2017, com monitoramento realizado durante o período de Março a Julho de 2023.

METODOLOGIA

O sistema de lagoas utilizado para o desenvolvimento do trabalho foi a ETE Malvas, localizada no município de Juazeiro do Norte - CE, que fica localizado no extremo Sul do estado do Ceará, no chamado Vale do Cariri, distante cerca de 560 km de Fortaleza, pela BR 116. Com área territorial de 258,788 km² e 286.120 habitantes (IBGE, 2022).

A Estação é constituída por cinco lagoas de tratamento: duas Lagoas Anaeróbias (LA), duas Lagoas Facultativas (LF) e uma Lagoa de Maturação (LM), como descrito na Figura 1. As coletas para as análises foram realizadas apenas na saída da lagoa de maturação, que se trata do efluente final descrito como “P” na Figura 1.



Figura 1: Vista Aérea ETE Malvas 2023

As coletas foram realizadas no período de Março a Julho de 2023, sempre no período da manhã e de forma quinzenal. Durante os meses da fase experimental as análises foram realizadas no Laboratório de Engenharia Ambiental e Sanitária (LEAS), que é vinculado ao curso de bacharelado em Engenharia Ambiental e Sanitária do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - IFCE campus Juazeiro do Norte - CE.

Os métodos analíticos utilizados para as análises das amostras foram os métodos padronizados e descritos no “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater” (APHA, 2012). Os parâmetros analisados foram Sólidos Suspensos Totais (SST), Sólidos Sedimentáveis (SS), Temperatura (T), Potencial Hidrogeniônico (pH), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Coliformes Termotolerantes (CTe).

RESULTADOS OBTIDOS

Os valores obtidos durante a fase experimental estão apresentados na Tabela 1, onde é possível observar os dias e meses das coletas e os respectivos resultados obtidos. Os parâmetros de temperatura e pH foram determinados in loco, e os demais foram realizados no Laboratório de Engenharia Ambiental e Saneamento (LEAS) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) – Campus Juazeiro do Norte.

Tabela 1 - Resultados das Análises

Data das Coletas	DBO mg/L	pH	Temp °C	SST mg/L	SS mL/L	Coliformes Termotolerantes NMP/100/mL
15/mar.	128,3	7,73	26,8	108	0,3	1,30E+03
29/mar.	162,4	7,68	25,8	89	0	1,40E+05
26/abr.	110	7,86	26,4	43	0,2	3,90E+03
17/mai.	274,5	7,43	24,8	84	0,1	3,50E+05
24/mai.	211,9	7,85	26,1	100	0,2	2,40E+03
31/mai.	108,8	7,92	25,5	178	0	1,60E+04



21/jun.	162,3	7,68	25,9	128	0,1	1,70E+05
28/jun.	229,2	7,28	25,1	41	0,2	1,40E+02
5/jul.	114,1	7,18	24,7	173	0,3	5,00E+02

Para a interpretação dos resultados analisados foi elaborado uma tabela comparativa com os parâmetros e seus respectivos valores permitidos dentro das legislações que serão utilizadas para a verificação da conformidade do efluente final, são elas a CONAMA n° 430/2011 e a COEMA n° 02/2017 e estão dispostas na Tabela 2.

Tabela 2 - Padrão de lançamento de efluente nas legislações

Parâmetro	CONAMA 430/11 (federal)	COEMA 02/17 (estadual)
Amônia	-	-
OD	-	> 3 mg/L
pH	entre 5 e 9	entre 5 e 9
Temperatura	inferior a 40°C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°C no limite da zona de mistura	inferior a 40°C
Sólidos Suspensos Totais	-	a) até 150,0 mg/L para lagoas de estabilização; b) até 100 mg/L, para as demais tecnologias.
Sólidos Sedimentáveis	até 1 mL/L em teste de 1 hora em cone Imhoff	até 1 mL/L em teste de 1 hora em cone Imhoff
Alcalinidade	-	-
DBO	máximo de 120 mg/L, sendo que este limite somente poderá ser ultrapassado no caso de efluente de sistema de tratamento com eficiência de remoção mínima de 60% de DBO	até 120 mg/L

DQO	-	até 200,0 mg/L
Fósforo Total	-	-
Coliformes Termotolerantes	-	até 5000 NMP/100ml
Sulfeto	-	até 1 mg/L
Sulfato	-	até 500 mg/L

ANÁLISES DOS RESULTADOS

pH e Temperatura

A análise de pH e temperatura em lagoas de estabilização é essencial para garantir a eficiência dos processos de tratamento de esgoto. Essas análises ajudam a otimizar as condições para a atividade microbiana, a remoção de nutrientes, a precipitação de compostos químicos, e o controle de odores e patógenos. Além disso, permitem ajustes operacionais conforme as variações sazonais e ambientais, assegurando a eficácia contínua do sistema de tratamento.

Conforme mostra as Figuras 2 e 3 os valores de pH e Temperatura apresentaram valores dentro do padrões estabelecidos nas duas legislações na qual estão sendo analisadas (CONAMA n° 430 e COEMA n° 02/17), onde o pH deve se manter em uma faixa entre 5 e 9, e a temperatura abaixo de 40°C.

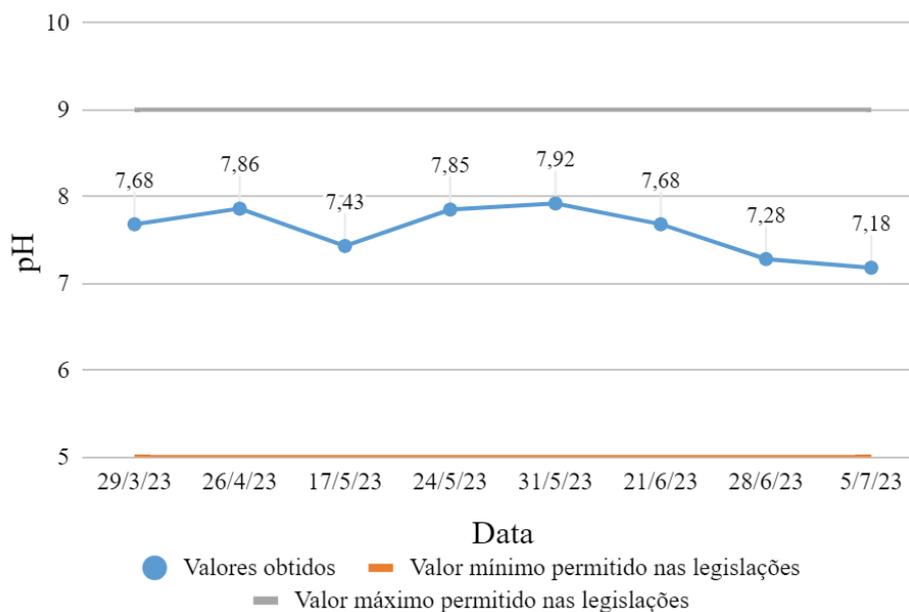


Figura 2 - Valores do pH

O pH se manteve ligeiramente alcalino para quase todas as coletas, valores estes abaixo do comumente obtido em lagoas de maturação e lagoas de polimento, que costumam apresentar valores iguais ou superior a 9 de pH assim como os obtidos por BITTON (2005); KELLNER e PIRES (1998), em suas pesquisas. Nestes estudos as lagoas de maturação onde os valores não estão próximos à faixa de 8 a 9 tendem a ter uma remoção de

coliformes mais baixas em relação às lagoas que excedem o pH 9. Esses valores podem repercutir na redução da eficiência de remoção do sistema em outros parâmetros, como fósforo total, nitrogênio e coliformes termotolerantes como foi citado.

A temperatura do efluente é um parâmetro fundamental no monitoramento de lagoas de estabilização, pois influenciam de forma direta na funcionalidade das algas. As algas precisam de luz para produzir energia através do processo de fotossíntese, ou seja, quanto mais luz disponível para a fotossíntese mais energia irão produzir (VON SPERLING, 2002) e assim mais energia terão para se multiplicar e com isso há aumento da densidade fitoplanctônica, o que aumenta a necessidade de nutrientes para produção dos metabólitos secundários, como os carboidratos. Esse consumo de nutrientes pelas algas aumenta a eficiência da lagoa (D'ALESSANDRO; SAAVEDRA, 2018).

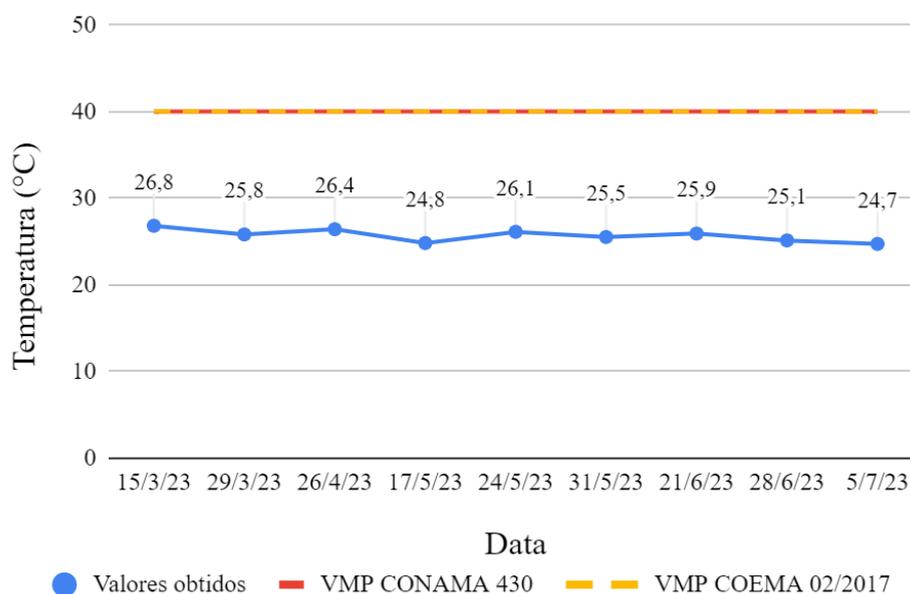


Figura 3 - Valores da Temperatura (°C)

O parâmetro da temperatura analisado no período estudado se manteve constante em uma faixa que variou de 24 °C a 26,8 °C em todas as coletas, como pode ser observado na Figura 3. Essa faixa de temperatura que foi encontrada na lagoa favorece o metabolismo bacteriano e a remoção de matéria orgânica.

Sólidos Suspensos Totais e Sólidos Sedimentáveis

Sólidos Suspensos Totais e sólidos sedimentáveis são indicadores diretos da quantidade de partículas sólidas removidas do esgoto. A eficiência do tratamento pode ser avaliada pela redução desses sólidos ao longo do processo. A alta concentração de SST e sólidos sedimentáveis no efluente final pode indicar ineficiência no processo de tratamento, resultando em poluição dos corpos d'água receptores. No entanto, para efluentes de lagoas de estabilização por ser um sistema natural que utilizam algas para o fornecimento de oxigênio, estas, estão presentes nas lagoas facultativas e de maturação, sendo esperado um teor elevado de SST no efluente, sendo inclusive contemplada na legislação, que traz essa particularidade para os sistemas de lagoas de estabilização, com valores mais altos que os demais sistemas de tratamento (SILVA; MARA, 1979).

Para essas variáveis os valores ficaram bem abaixo do permitido nas legislações, com exceção de duas coletas para o parâmetro de sólidos suspensos totais que ficaram acima do permitido, como é demonstrado nas Figuras 4 e 5.

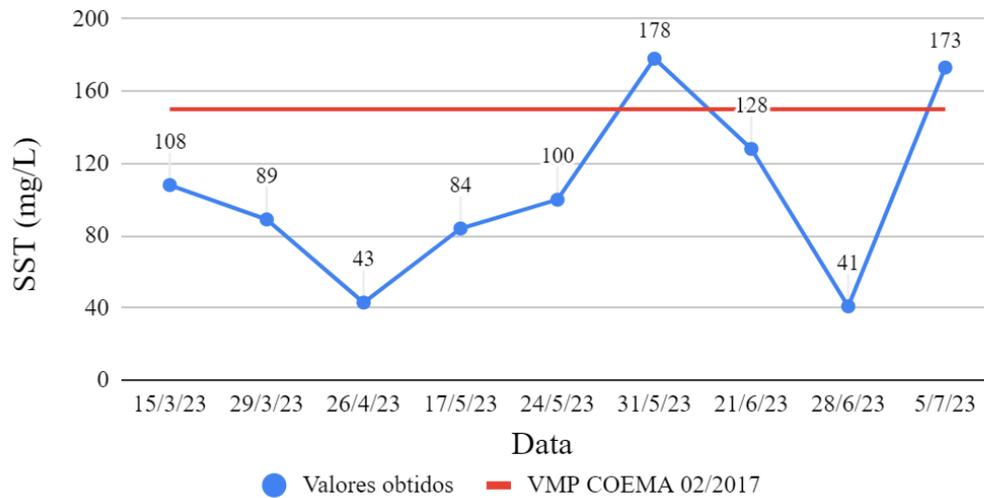


Figura 4 - Sólidos Suspensos Totais

Os sólidos suspensos totais em níveis elevados podem afetar a turvação, aumentar as temperaturas da água e diminuir os níveis de oxigênio dissolvido (OD). Isto pode fazer com que a água aqueça mais rapidamente porque as partículas suspensas absorvem mais calor e diminuem o oxigênio, o que pode afetar negativamente a vida aquática. Os sólidos em níveis elevados retardam também a fotossíntese de plantas aquáticas ao reduzir a transferência de luz. Isso explica o que pode estar ocorrendo no sistema de tratamento já que apresenta menores valores de pH e SST fora dos padrões em duas coletas.

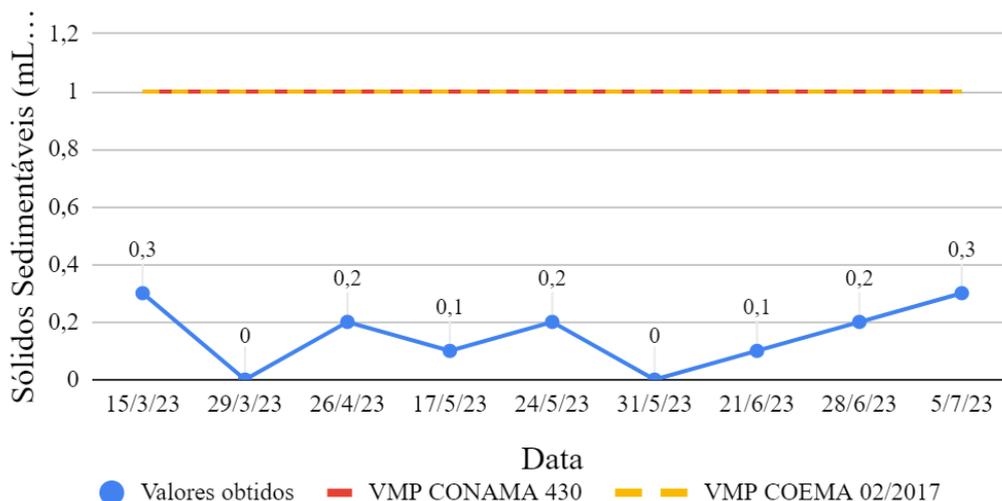


Figura 5 - Sólidos Sedimentáveis

A análise de sólidos sedimentáveis é fundamental para garantir que os efluentes estejam livres de contaminação, e como pode ser visualizado na figura 5 os valores obtidos estão atendendo as legislações vigentes. Como a maioria dos sólidos presentes na lagoa de maturação estão relacionados às algas, que tem características mais de flotação do que a decantação, os valores obtidos já eram esperados.

Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

A DBO mede a quantidade de oxigênio necessária para a decomposição biológica da matéria orgânica presente no esgoto. Altos níveis de DBO indicam uma grande quantidade de matéria orgânica, o que significa maior poluição. Os sistemas de lagoas de estabilização são muito eficazes na eliminação de patógenos, mas produzem grandes quantidades de sólidos suspensos e DBO (sólidos suspensos superiores a 30 mg/L, DBO superior a 30 mg/L) de acordo com os padrões estabelecidos pelos países desenvolvidos (LEON & MOSCOSSO, 1999 apud PEREIRA 2000).

Ao monitorar a DBO, é possível avaliar a carga orgânica do esgoto antes e depois do tratamento. Uma redução significativa na DBO indica que o tratamento está funcionando corretamente. Valores altos são esperados quando nos resultados devido a alta concentração de algas que estão presentes nas lagoas de maturação, havendo essa separação esses valores decaem (VALE, M. 2006)

Quanto à análise dos resultados de DBO foi utilizado os valores obtidos nas experimentações e uma equação elaborada por SILVA et al. (2000), (Figura 6), onde é possível obter os valores da DBO filtrada estimada, visto que as analisadas pelo presente trabalho não foram filtradas, e a legislação estabelece valores para amostras filtradas, devido a interferência das algas presentes na lagoa de maturação.

$$DBO \text{ filtrada} = 0,2284 \cdot (DBO \text{ bruta})^{1,0925}$$

$$r^2 = 0,9884$$

Figura 6 - Equação para DBO Filtrada (SILVA et al.,2000)

Os resultados obtidos estão dispostos na Figura 7, com os resultados das análises e com os dados da equação.

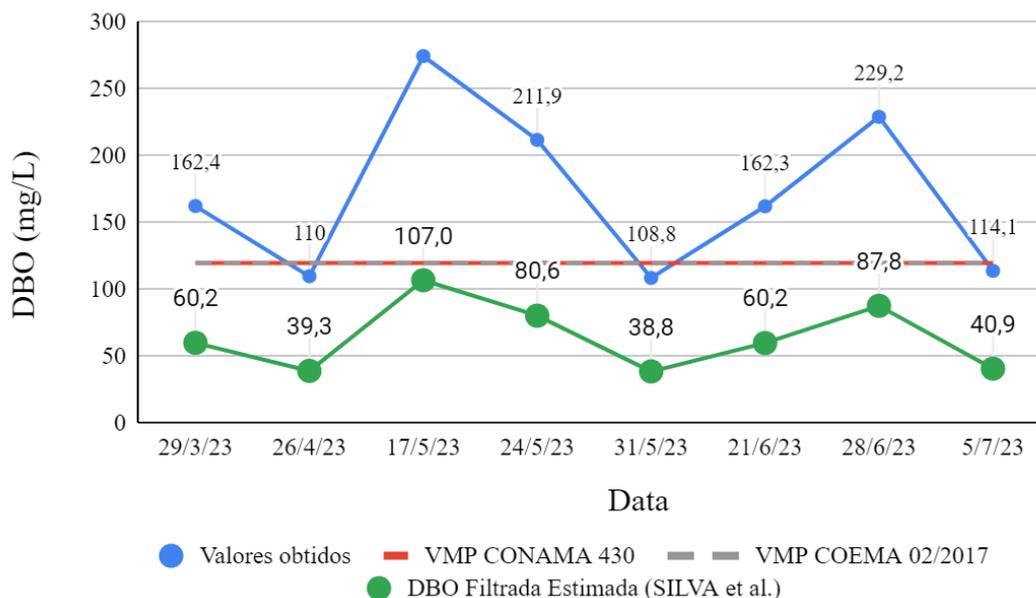


Figura 7 - Resultados DBO

Na legislação o valor máximo permitido para saída é de 120 mg/L para DBO, e devido a presença das algas os dados ficaram fora do padrão estipulado, porém com a estimativa da filtração os valores ficam dentro do esperado na norma, mostrando que a DBO filtrada é o parâmetro mais adequado para avaliar a performance da lagoa (SILVA et al.,2000).

A DBO serve como um indicador chave do desempenho operacional das lagoas de estabilização. Variabilidades nos níveis deste parâmetro podem sinalizar problemas operacionais, como sobrecarga orgânica, falhas mecânicas ou biológicas, e necessidade de manutenção ou ajustes no sistema de tratamento.

Coliformes Termotolerantes

A presença de coliformes termotolerantes é um dos critérios utilizados para determinar a qualidade do efluente tratado. Manter os níveis de coliformes baixos é um indicativo de que o tratamento está funcionando adequadamente e que o efluente pode ser liberado no meio ambiente sem causar danos significativos. As lagoas de maturação podem alcançar elevadas eficiências na remoção de coliformes. Colabora para a remoção dos patógenos a conjugação dos seguintes fatores: radiação solar (radiação ultravioleta); pH alcalino ($\text{pH} > 8,5$) e OD elevado (SILVA, 2006).

Para os Coliformes Termotolerantes a legislação COEMA 02/17 aponta como limite até 5000 NMP/100ml, nos resultados obtidos quatro das nove coletas ultrapassaram esse limite estipulado pela legislação como pode ser observado na Figura 8.

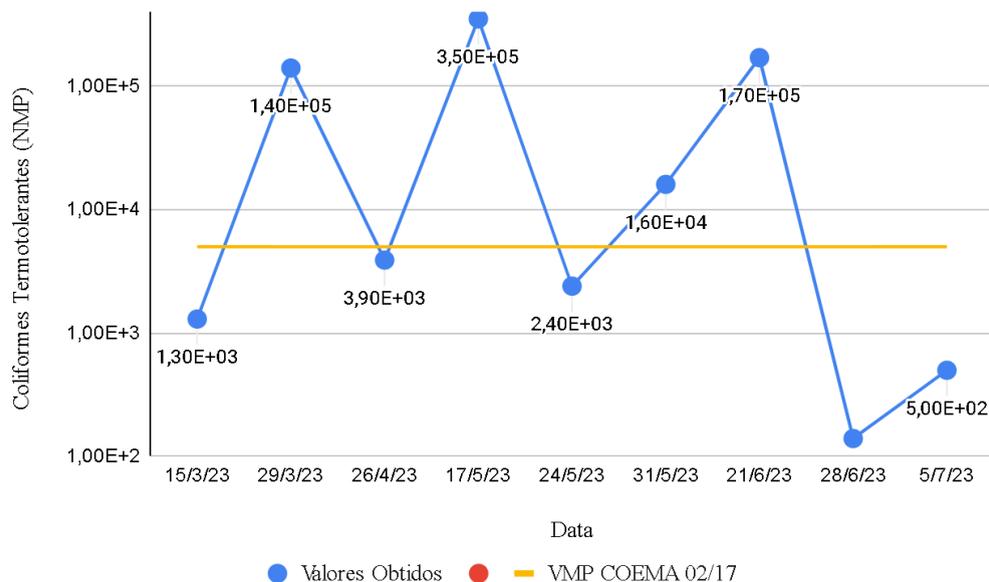


Figura 8 - Resultados CTe

O parâmetro de coliformes termotolerantes pode indicar inadequações no processo de tratamento e, conseqüentemente, representar um risco para a saúde pública e como indicado nos resultados em algumas coletas, os valores obtidos foram superiores ao estabelecido pela legislação ambiental, sugerindo assim possíveis falhas nos processos de tratamento da ETE, especialmente na lagoa de maturação. A quantidade elevada de algas observada na lagoa pode ter contribuído para a diminuição da incidência da radiação solar e conseqüentemente nas remoções dos coliformes termotolerantes.

CONCLUSÃO

Com base nos resultados das análises realizadas, foi possível observar que o sistema de tratamento está, em sua maioria, atendendo a legislação ambiental para quase todos os parâmetros, onde considerando a DBO filtrada estimada, os únicos parâmetros que apresentaram valores fora dos padrões, foram os coliformes termotolerantes e sólidos suspensos totais, mas ainda assim, na maioria das coletas realizadas, esses



parâmetros apresentaram-se dentro dos padrões de lançamento exigidos. Portanto é possível concluir que o efluente atendeu, em sua maioria das análises realizadas, aos padrões de lançamento estabelecidos pela Resolução CONAMA n° 430/2011 e COEMA n° 02/2017. Vale salientar que estas legislações não estabelecem um plano de amostragem, o que poderia orientar os responsáveis pelos sistemas de tratamento em relação à frequência de análises de conformidade, tempo de detenção hidráulica atuais das lagoas, etc.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA; AWWA; WEF. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 22 th edition. Washington: APHA, 2012.
2. BITTON, G. **Wastewater microbiology**. 3ed. New Jersey: Wiley, 2005. 746p.
3. BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA n° 430**, de 13 de maio de 2011.
4. CEARÁ. Conselho Estadual de Meio Ambiente (COEMA). **Resolução COEMA n° 02**, de 02 de fevereiro de 2017.
5. D’ALESSANDRO, E.; SAAVEDRA, N. **Desempenho de uma Lagoa de Maturação na ETE de Trindade (GO): ESTUDO DE CASO.**, 16 de maio de 2018.
6. IBGE - **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Cidades. 2022. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br>> – acessado em 25 de maio de 2024.
7. KELLNER, E. e PIRES, E. C. **Lagoas de estabilização**. Rio de Janeiro: ABES, 1998
8. PEREIRA, C. M. **Avaliação do uso de peixes planctófagos como auxiliares do tratamento de efluentes**. Dissertação de Mestrado. Departamento de Aqüicultura - Universidade Federal de Santa Catarina, 2000.
9. SALES MORAIS, N. W.; DOS SANTOS, A. B. **Análise dos padrões de lançamento de efluentes em corpos hídricos e de reúso de águas residuárias de diversos estados do Brasil**. , 11 dez. 2017.
10. SILVA, F. J., et al. **COMPARAÇÃO ENTRE AMOSTRAS BRUTAS E FILTRADAS PARA AVALIAÇÃO DO CONTEÚDO ORGÂNICO DE EFLUENTES DE LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO.**, dez. 2000.
11. SILVA, F. **Número de dispersão em lagoas de maturação**. , jun. 2006.
12. SILVA, S. A. e MARA, D. D. **Tratamento biológico de águas residuárias: Lagoas de estabilização**. 1a ed., Rio de Janeiro: ABES, 1979.
13. VON SPERLING, M. **Lagoas de estabilização**. 2.ed. Belo Horizonte: UFMG, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2002.
14. VALE, M. **Avaliação da eficiência remoção de matéria orgânica e microbiológica de Três Sistemas de Lagoas de Estabilização em Série na Grande Natal-RN: BEIRA RIO, JARDIM LOLA I E JARDIM LOLA II**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal - RN, p. 94. 2006.