

II - 154 – UTILIZAÇÃO DE OLIGOMINERAIS NA EFICIENTIZAÇÃO DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTOS – LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO

Jorge Luis Rabelo⁽¹⁾

Engenheiro Mecânico pela Escola de Engenharia Mackenzie, com especialização em Engenharia de Saneamento pela Faculdade de Saúde Pública da USP.

Lucas de Albuquerque Silveira Nunes⁽²⁾

Graduando em Química pela Uninter

Lea Ferreira Rocha⁽³⁾

Bacharel em Química pela Universidade Estadual de Londrina

Endereço⁽¹⁾: Av. Padre Antonio Brunetti, 1234 Vila Rio Branco – Itapetininga - SP - Brasil - Tel: (15) 3275-9205 - e-mail: jrabelo@sabesp.com.br

RESUMO

Na área atendida pela Sabesp na região de Itapetininga, optou-se pela implantação de sistemas de tratamento de esgotos do tipo lagoas de estabilização, devido à disponibilidade de áreas, menores custos de implantação e de operação, entre outros fatores. Das 71 estações em operação 60 são do tipo lagoa de estabilização nas suas mais diversas composições, sejam elas lagoas anaeróbias, facultativas, sistema australiano, lagoa aerada de mistura completa seguidas de lagoa de sedimentação e maturação, além de sistemas que devido ao aumento de carga necessitaram de adequações para atendimento dos parâmetros legais por meio de instalação de aeradores.

As estações foram dimensionadas e construídas visando atender um crescimento vegetativo previsto à época do projeto, que pode ter se modificado ao longo do tempo. Outra alteração, com relação aos dados de projeto é a carga orgânica que tem oscilado bastante de acordo com as características da população atendida, sendo que a DBO de entrada tem variado de local para local entre 250 e 1000 mg/l. O aumento da eficiência do tratamento em lagoas de estabilização tem sido decorrente de implantação de sistemas de aeração, em lagoas anaeróbias e lagoas facultativas. Esta melhoria, invariavelmente, é dispendiosa devido ao custo de implantação e também pelos custos de energia elétrica e de manutenção dos aeradores.

Buscando soluções mais viáveis financeiramente procuramos no mercado tecnologias que pudessem ser adaptadas aos sistemas de tratamento de esgotos e que trouxessem aumento de eficiência e aumento de capacidade do tratamento de esgotos. A utilização de placas rígidas com oligominerais, sistema originalmente desenvolvido para a cultura de ostras no oceano e posteriormente utilizada no aquarismo mostrou-se viável para a aplicação em sistemas de tratamento de esgotos.

PALAVRAS-CHAVE: Aumento de Capacidade, Melhoria da eficiência, Oligominerais, Tratamento de esgotos.

INTRODUÇÃO

Algumas estações de tratamento de esgoto – ETE – do tipo lagoa de estabilização, encontram-se operando acima de sua capacidade e, conseqüentemente, tratando esgotos com eficiência insatisfatória. Se considerarmos uma estação que teve um aumento significativo em sua carga orgânica, somente será possível atender o mínimo de eficiência exigida pela legislação vigente, se houver aumento de sua capacidade, podendo ser feito por ampliação da estação com construção de novos módulos, introdução de tratamentos químicos, aplicação de bioremediador ou até a implantação de aeração visando postergar o investimento na ampliação do sistema.

A implantação de aeração por menor que seja seu custo de implantação em relação à ampliação da ETE, tem custos contínuos de operação e de manutenção, que não são baixos, e em alguns locais demandariam de infraestrutura elétrica para sua instalação, pois não há energia disponível.

O processo de tratamento de lagoas de estabilização é puramente biológico e ocorre de forma espontânea no ambiente da lagoa. A introdução de oxigênio, através da implantação de aeração visa potencializar o desenvolvimento de bactérias aeróbias que tem se mostrado bastante eficientes no tratamento de esgotos. Buscamos uma alternativa para potencializar o tratamento biológico com menor custo de implantação, operação e manutenção que a aeração.

O uso de placas rígidas com oligominerais tem sido utilizada para purificação de águas marinhas na cultura de ostras com bons resultados, e mais recentemente seu uso em aquários e piscinas, tem contribuído na manutenção da qualidade dessas águas.

Para os testes deste material em sistemas de tratamento de esgotos, escolhemos a ETE Santa Terezinha, localizada no município de Lupércio/SP, que vinha apresentando resultados de eficiência de remoção de carga orgânica abaixo de 80%, como pode ser verificado na Tabela 1. A escolha deste sistema baseou-se na necessidade de melhoria de sua eficiência, bem como na sua capacidade nominal e tempo de detenção, que está dentro da faixa sugerida pelo fornecedor, que demandariam uma quantidade menor de placas se comparado com outros sistemas de maior vazão.

O trabalho está direcionado para a melhoria da eficiência na remoção de carga orgânica no sistema de tratamento de esgotos, monitorando principalmente os resultados de DQO (demanda química de oxigênio) e DBO (demanda bioquímica de oxigênio), E.Coli, sólidos sedimentáveis e oxigênio dissolvidos também serão monitorados.

OBJETIVOS

O principal objetivo deste estudo é a melhoria da eficiência na remoção de DBO no sistema de tratamento de esgotos da ETE Santa Terezinha em Lupércio-SP, com custos menores que a implantação de sistema de aeração, que a aplicação de bioremediador e que possa postergar investimentos na ampliação da ETE. Outros benefícios podem ser gerados, tais como melhoria dos valores de coliformes totais, de oxigênio dissolvido e de sólidos sedimentáveis totais no efluente final.

METODOLOGIA

Diante das limitações apresentadas pela Estação de Tratamento de Esgotos de Santa Terezinha, onde existe restrição de área para implantação de outras alternativas, bem como a necessidade de simplicidade de operação, visto que não há operadores disponíveis para este sistema, e a necessidade de otimização de recursos financeiros, optamos pela instalação de placas rígidas de hidrocarbonetos com oligominerais com tecnologia O2eco- TWC™, fornecidas pela empresa O2ECO tecnologia ambiental.

Trata-se de placas de hidrocarbonetos com adição de oligominerais, que propiciam a bioestimulação na lagoa de tratamento. Utilizadas como substrato para o crescimento dos microorganismos presentes na lagoa, promovendo a multiplicação exponencial de grupos de bactérias autóctones presentes na microbiota local. É um sistema onde não há adição de quaisquer espécies de bactérias exóticas ao meio, evitando o risco de contaminação por microorganismos externos.

As placas criam um ambiente propício, atuando como CORAIS, possibilitando o desenvolvimento da biota da lagoa, maior digestão da carga orgânica existente e conseqüentemente reduzindo a carga orgânica no efluente (saída do tratamento).

A ETE Santa Terezinha tem as seguintes características:

Tipo = Lagoa de estabilização – Lagoa Facultativa

Capacidade Nominal – 1,9 l/s

Área = 3.120 m²

Volume = 4.368 m³

Tempo de detenção hidráulico = 26,6 dias

A figura 1 apresenta foto aérea da área da ETE.

Figura 1: Foto aérea da ETE Santa Terezinha



Por tratar-se de lagoa facultativa, a capacidade de remoção de carga orgânica para este tipo de configuração é de 75 a 85%. A tabela 1 apresenta o histórico de resultados de DBO, eficiência na remoção de DBO, E.Coli, Oxigênio dissolvido e sólidos sedimentáveis entre janeiro de 2021 e fevereiro de 2022.

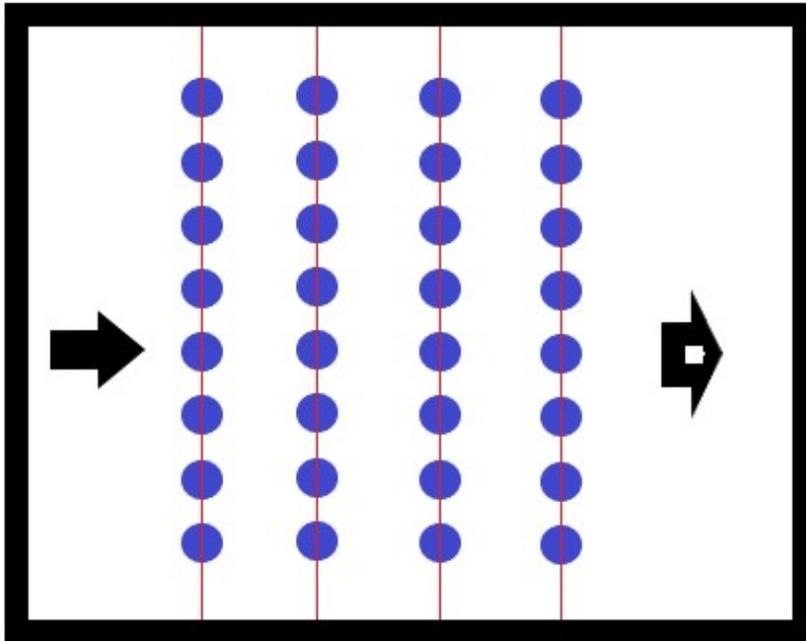
Tabela 1: Resultados de ensaios da ETE Santa Terezinha entre jan/21 e ago/22.

Município	Sistema	Data	DBO entrada	DBO saída	Remoção	E-coli Efluente	OD Efluente	Sólidos Sedimentáveis
Lupercio	Santa Terezinha	19/01/2021	500	105	79,00%	0	0	0,3
Lupercio	Santa Terezinha	17/02/2021	820	65	92,07%	0	0,42	0,2
Lupercio	Santa Terezinha	24/02/2021	844	145	82,82%	0	0	0,1
Lupercio	Santa Terezinha	25/03/2021	420	90	78,57%	0	0	0,3
Lupercio	Santa Terezinha	28/04/2021	788	220	72,08%	0	0	0,3
Lupercio	Santa Terezinha	21/06/2021	763	105	86,24%	0	0	0,1
Lupercio	Santa Terezinha	26/07/2021	633	137	78,36%	0	0	0,40
Lupercio	Santa Terezinha	11/08/2021	760	190	75,00%	0	0	0,4
Lupercio	Santa Terezinha	01/09/2021	297	48	83,84%	1725000	0,37	0,2
Lupercio	Santa Terezinha	28/10/2021	580	110	81,03%	0	0	0,3
Lupercio	Santa Terezinha	09/11/2021	390	150	61,54%	703000	0,37	0,2
Lupercio	Santa Terezinha	20/12/2021	480	110	77,08%	0	0	0,5
Lupercio	Santa Terezinha	04/01/2022	520	80	84,62%	1314000	0,37	0,3
Lupercio	Santa Terezinha	14/02/2022	680	105	84,56%	0	0	< 0,2
Lupercio	Santa Terezinha	03/03/2022	398	110	72,36%	1236000	0,63	0,2
Lupercio	Santa Terezinha	06/04/2022	560	100	82,14%	2613000	< 0,37	0,4
Lupercio	Santa Terezinha	02/05/2022	450	90	80,00%	1211000	< 0,37	0,2
Lupercio	Santa Terezinha	08/06/2022	640	100	84,38%	4611000	2,39	0,2
Lupercio	Santa Terezinha	06/07/2022	660	110	83,33%	2187000	1,59	0,4
Lupercio	Santa Terezinha	02/08/2022	680	190	72,06%	0	0	0,2

A Instalação das placas, conforme orientação do fabricante, deve ser feita da seguinte forma:

- 1 Kg de placa cerâmica para cada 100 m² de área;
- Tempo de detenção sugerido de no mínimo 5 dias;
- Tempo de aclimatação de 1 a 2 meses;

Desta forma, no dia 02/08/2022, instalamos 32 placas distribuídas em 4 linhas com 8 placas em cada conforme disposição abaixo:



Para o acompanhamento do desempenho e eficiência do sistema foram realizadas coletas quinzenais nos primeiros meses de aplicação e posteriormente no mínimo 1 coleta mensal, e monitorados os resultados de DBO de entrada e saída, E.Coli, Oxigênio dissolvido e Sólidos sedimentáveis totais.

TEORIA E COMPOSIÇÃO

Em 1934, um fisiologista de Harvard, Alfred Redfield, analisou dados de nitrato e fosfato para os oceanos Atlântico, Índico, Pacífico e Mar de Barents. Redfield participou de várias expedições para análise *in situ* de carbono, nitrogênio e fósforo do plâncton marinho e referenciando dados coletados por outros pesquisadores. A análise de Redfield dos dados coletados o levou a descoberta de uma razão atômica N:P próxima a 20:1 (posteriormente corrigida para 16:1) e era muito semelhante à média N:P do fitoplâncton. Redfield descobriu a notável congruência entre a química do oceano profundo e a química dos seres vivos, como o fitoplâncton na superfície do oceano. Ambos têm proporções N:P de cerca de 16:1 em termos de átomos. Quando os nutrientes não são limitantes, a proporção elementar molar C:N:P na maioria dos fitoplânctons é de 106:16:1. Redfield pensou que não era mera coincidência que os vastos oceanos tivessem uma química perfeitamente adequada às necessidades dos organismos vivos. Os recentes casos de derramamento de óleo e petróleo no oceano tem chamado atenção, principalmente pelo seu consumo pela própria vida microbótica da região, havendo uma explosão da população pela quantidade excessiva de alimento, sendo ele em sua quase totalidade hidrocarbonetos.

O bioremediador/biofilme é feito de placas de ceras de parafinas, ceras microcristalinas, óleo bruto, hidrocarbonetos e oligominerais, as ceras são misturadas ao óleo bruto e aos hidrocarbonetos simples para formar uma placa com diversas fontes de carbono disponível, os oligominerais, também chamados de metaloides ou elementos traços, são minerais baixo peso molecular, apresentam fácil absorção e função essencial para os microrganismos, exemplos: manganês, cobre, cobalto, ouro, prata, selênio. Substratos a base

de óleo, são adequados para o crescimento microbiano, onde muitas espécies de bactérias heterotróficas, algumas espécies de microrganismos que podem colonizar a placa, são: *Bacillus* sp; *Bacillus cereus*; *Bacillus pumilus*; *Bacillus thuringiensis*; *Bacillus licheniformis*; *Bacillus subtilis*; *Acinetobacter* sp; *Mycobacterium* sp; *Nocardia* sp; *Paecilomyces* sp; *Holomonas* sp; *Lactobacillus*; *Tenacibaculum* sp; *Lysinibacillus* sp; *Burkholderia* sp; *A B C D 35 Pseudomonas* sp; *Aeromonas* sp.; *Rheinheimera* sp.; *Exiguobacterium* sp. Todas utilizam hidrocarbonetos como fonte de energia.

Os mecanismos de reação da desnitrificação biológica causa a transferência de elétrons originados de material orgânico, compostos reduzidos de enxofre, ou hidrogênio molecular para os compostos oxidados de nitrogênio no lugar do oxigênio, a fim de produzir energia para o metabolismo celular. Existem diversos tipos de enzimas que realizam a reação de desnitrificação, como nitrato redutase, nitrito redutase, óxido nítrico redutase e finalmente a óxido nitroso redutase. A equação estequiométrica global para a desnitrificação biológica utilizando-se de metanol como fonte de carbono externo ou doador de elétrons, considerando-se que parte do metanol, DQO ou DBO consumidos seja utilizada para a síntese de novas células, pode-se obter um balanço de massa geral considerando-se as parcelas de $N-NO_3^-$ que são realmente convertidas a N_2 e quais são assimiladas na síntese celular.



RESULTADOS

A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos após a instalação das placas de oligominerais.

Tabela 2: Resultados de ensaios da ETE Santa Terezinha entre ago/22 e fev/23

Município	Sistema	Data	DBO entrada	DBO saída	Remoção	E-coli Efluente	OD Efluente	Sólidos Sedimentáveis
Lupercio	Santa Terezinha	16/08/2022	440	80	81,82%	0	0	< 0,2
Lupercio	Santa Terezinha	31/08/2022	950	150	84,21%	0	0	< 0,2
Lupercio	Santa Terezinha	12/09/2022	580	160	72,41%	822,0	< 0,37	2,0
Lupercio	Santa Terezinha	04/10/2022	720	100	86,11%	0	0	0,4
Lupercio	Santa Terezinha	10/10/2022	580	80	86,21%	0	0	< 0,2
Lupercio	Santa Terezinha	08/11/2022	640	250	60,94%	92080	< 0,37	0,3
Lupercio	Santa Terezinha	06/12/2022	680,0	100,0	85,29%	0	0	< 0,2
Lupercio	Santa Terezinha	08/12/2022	619,0	178,0	71,24%	0	0	< 0,2
Lupercio	Santa Terezinha	10/01/2023	420	55	86,90%	1918000	7,59	0,2
Lupercio	Santa Terezinha	13/02/2023	500,0	65,0	87,00%	0	0	< 0,2
Lupercio	Santa Terezinha	07/03/2023	380	80	78,95%	0	0	< 0,2

De acordo com os resultados obtidos é possível verificar que nos primeiros quatro meses não houveram alterações significativas com relação a DBO, Oxigênio Dissolvido e Sólidos Sedimentáveis. O valor médio de remoção de carga orgânica no período anterior à utilização das placas foi de 79,55%, enquanto que após a utilização das placas o resultado médio foi de 80,10%. Apenas os resultados de E.Coli tiveram melhora no período, porém não se manteve em janeiro de 2023.

Avaliação por período maior será necessária para verificar se os resultados apresentados em janeiro, fevereiro e março de 2023 se mantêm, mostrando que o período de aclimação das placas é maior que o sugerido pelo fabricante.

Com relação ao aspecto visual, houve significativa alteração de cor da lagoa, que apresentava aspecto acinzentado e já a partir de setembro começou a apresentar cor verde, característica de lagoas facultativas. Além disso a mancha de sobrenadantes diminuiu bastante após o mesmo prazo.

Vale salientar que nos meses de outubro a dezembro tivemos chuvas muito acima das expectativas, com isso, agravado pelos lançamentos de águas pluviais no sistema de tratamento de esgotos tivemos uma operação anormal do sistema. A diluição do efluente não foi constatada pois as coletas foram feitas em período pós chuva, ficando apenas a amostra do efluente alterada pela vazão maior de saída.

As figuras 1 a 4 contêm resultados comparativos, obtidos em ensaios, da eficiência da remoção de DBO antes e após a utilização das placas de oligominerais.

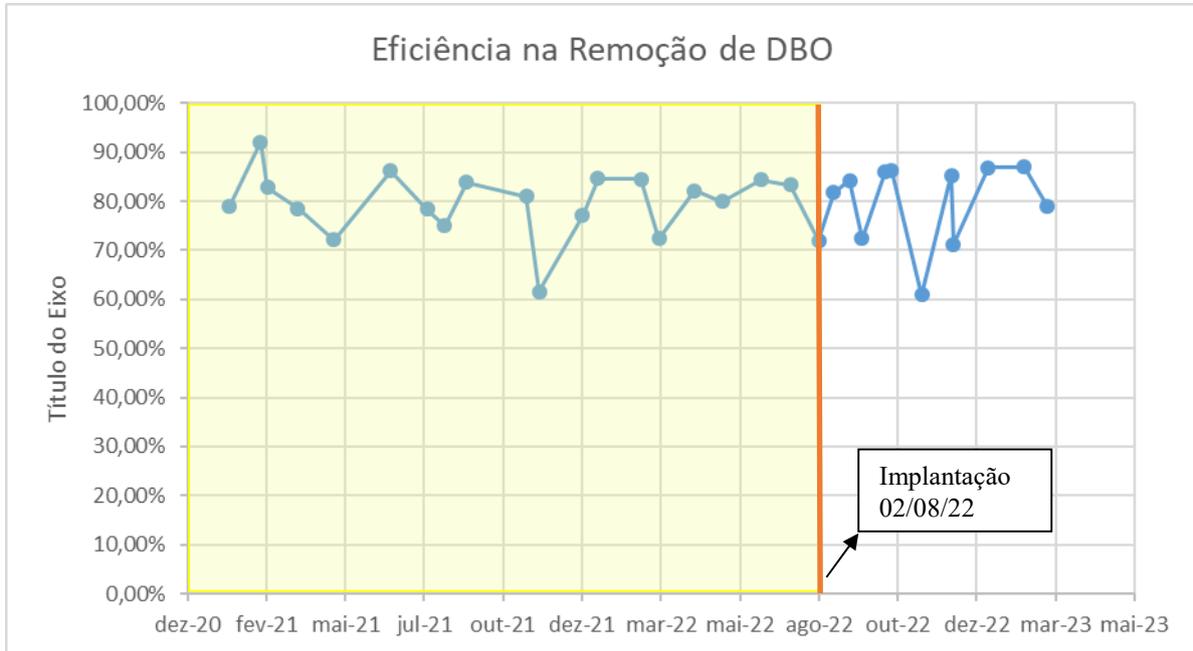


Figura 1: Remoção de DBO na ETE Santa Terezinha.

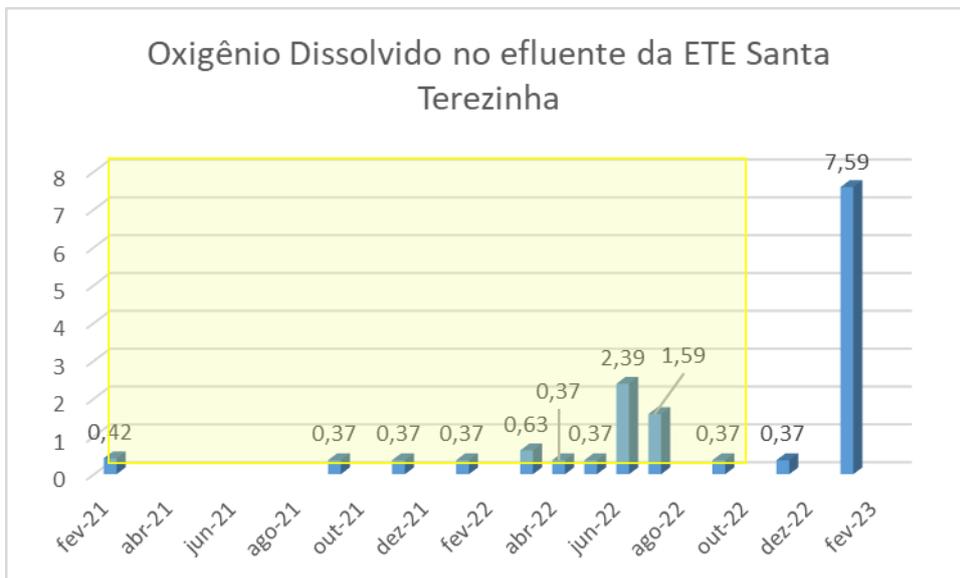


Figura 2: Oxigênio dissolvido no efluente da ETE Santa Terezinha.

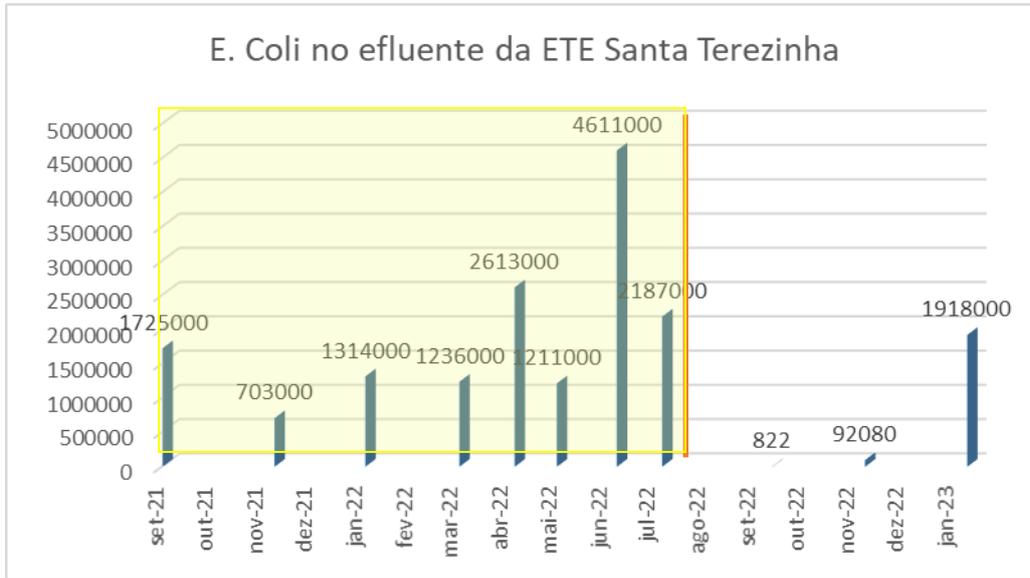


Figura 3: E.Coli no efluente da ETE Santa Terezinha.

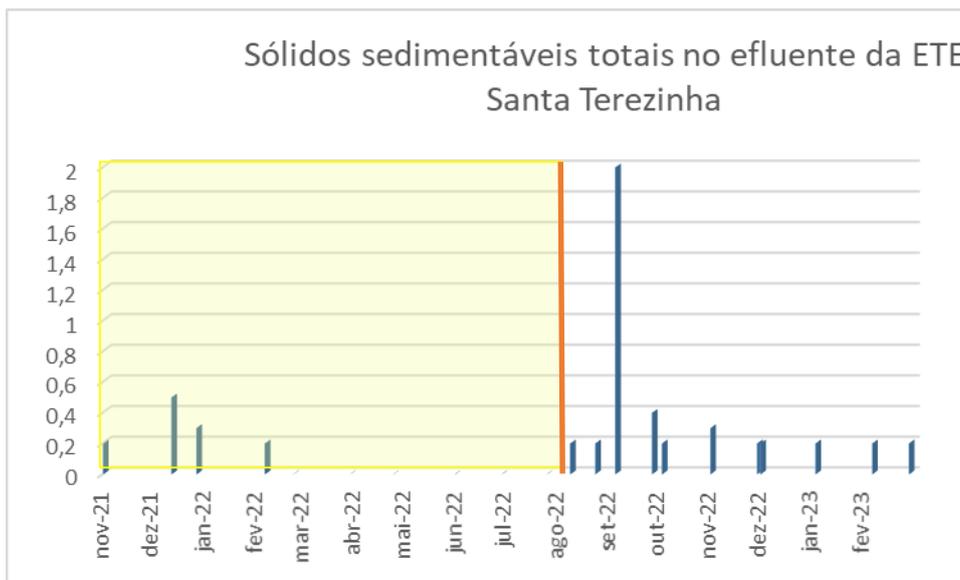


Figura 4: Sólidos sedimentáveis totais no efluente da ETE Santa Terezinha.

CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

Os resultados decorrentes da instalação de placas de hidrocarbonetos com oligominerais são inconclusivos, porém promissores.

A mudança das características da lagoa quanto a sua coloração, mostra que a proliferação de bactérias ocorreu adequando a biota ao tipo de tratamento requerido. A alteração da tonalidade cinza, característica de ação anaeróbia, para a tonalidade verde, característica de lagoas facultativas devido à presença de algas comprova que as placas têm cumprido seu papel de potencializar o desenvolvimento da biota.

A estação de tratamento de esgotos de Santa Terezinha deve continuar sendo monitorada, visto que a ação das placas não apresentou os resultados esperados quanto a melhoria da remoção de carga orgânica no sistema. Nos meses de janeiro e fevereiro houve pequena melhora, mas não foi mantido no mês de março de 2023.

Como trata-se de projeto piloto, é viável alterar a taxa de aplicação, pode ser que a taxa proposta esteja inadequada para o tipo de aplicação. Os resultados mostraram que o período de aclimatação foi maior que o sugerido pelo fabricante, sendo assim é necessário manter o monitoramento para verificar a eficiência do sistema.

Desta forma novas possibilidades devem ser testadas, com a adição de bioremediadores e controle de pH, por exemplo para acompanhar alterações na eficiência da remoção da carga orgânica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BAIRD, C; CANN M; GRASSI M. T; KONDO M. M. Química Ambiental, 4ª ed. Porto Alegre: Ed. Bookman, 2011.
2. BROWN, T. L.; JR, H. E. L.; BURSTEN, B. E.; BURDGE, J. R. Química: a ciência central. 9. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2002. 952 p. ISBN 85-87918-42-7.
3. ANDRADE NETO, C. O. Sistemas simples para tratamento de esgotos sanitários: experiência brasileira. Rio de Janeiro: ABES, 1997.
4. Conselho Nacional do Meio Ambiente (Brasil). Resolução nº 357, de 18 de Março de 2005. DOU 053, 18 de Março de 2005; pag. 58-63. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/>>.
5. Conselho Nacional do Meio Ambiente (Brasil). Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. DOU 92, 16 de Maio de 2011; pag. 89. <<http://www.mma.gov.br/>>.
6. Conselho Nacional do Meio Ambiente (Brasil). Resolução nº 274, de 29 de Novembro 2000. 18, 25 de Janeiro de 2001, Seção 1, pag. 70-71. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/>>.
7. Aislabic, J. M.; Balks, M. R.; Foght, J. M.; Waterhouse, E. J. Hydrocarbon spills on Antarctic soils: effects and management. Environmental Science & Technology, v.38, n.5, p.1265-1274, 2004.
8. BRITO, E M S, Degradação de óleo por bactérias isoladas dos sedimentos de manguezal da APA: Tese de Doutorado em geociências. Rio de Janeiro, Universidade Federal Fluminense. 2004.
9. Bruno Corrêa Meurer MEURER B. C; PEREIRA O. A. F. C; SANTOS E. P. D; RODRIGUES A. R. J; ROSA M; PENETRA M. B. S. Evaluation of new bio-stimulation technology as a solution for the pollution of Rio de Janeiro lagoons. Pensar – BioUSU, 3: 44 – 51. Rio de Janeiro, 2017.
10. Assunção LPG, Rohlf DB. Biorremediação em áreas contaminadas. Goiás. Tese: Doutorando em Biociências forenses – PUC/IFAR; 2012.
11. CUARTAS N; Diana CRISTINA D. Biorremediación para la degradación de hidrocarburos totales presentes en los sedimentos de una estación de servicio de combustible. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira. 2012.
12. FRIAS, Amanda Rosa Rodrigues de; SANTOS, Eidy de Oliveira. TECNOLOGIAS COMERCIAIS PARA BIORREMEDIAÇÃO DE CORPOS HÍDRICOS. Episteme Transversalis, [S.l.], v. 11, n. 3, dez. 2020. ISSN 2236-2649. Disponível em: <<http://revista.ugb.edu.br/ojs302/index.php/episteme/article/view/2186>>.
13. Coelho LM, Rezende HC, Coelho LM, Souza PAR, Melo, DFO, Coelho, NMM. Bioremediation of Polluted Waters Using Microorganisms. In: Shiomi N. Bioremediation of Wastewater and Polluted Soil. Vienna: Intech; 2015.
14. U.S.C. 1251 ET SEQ. Federal Water Pollution Control Act, 1992. Disponível em: <<https://www.law.cornell.edu/uscode/text/33/chapter-26>>.
15. ABBAS, H.; NASR, R.; SEIF, H. Study of waste stabilization pond geometry for the wastewater treatment efficiency. Ecological Engineering, v. 28, n. 1, p. 25-34, 2006.
16. ABIS, K. L.; MARA, D. D. The performance of pilot-scale primary-facultative wastestabilization pond in the UK. Water and Environment Journal, v. 18, n. 2, p. 107-111, 2004.
17. APHA et al.. Standard methods for the examination of water and wastewater. 24. ed. New York : Public Health Association Inc, 2022.