



132 - AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE LAGOAS APLICADAS AO TRATAMENTO DE EFLUENTES SANITÁRIOS APÓS REMOÇÃO DE LODO (ESTUDO DE CASO)

Yasmine Westphal Benedet⁽¹⁾

Engenheira Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina. Pós-graduação em Química Industrial pela FAESA - Faculdades Integradas Espírito-Santenses.

Patrick Ikaru Ferraz Suzuki⁽²⁾

Técnico em Meio Ambiente pelo Centro Universo de Educação e Desenvolvimento. Engenheiro de Produção pela Multivix - Empresa Brasileira de Ensino Pesquisa e Extensão.

Nattália Tose Lopes⁽³⁾

Engenheira Química pela FAACZ - Faculdades Integradas de Aracruz. Mestra em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável pela UFES – Universidade Federal do Espírito Santo.

Sara Cristina Silva⁽⁴⁾

Engenheira Química pela Universidade Federal do Espírito Santo. Mestra em Engenharia Química pela Universidade Estadual de Campinas.

Endereço⁽¹⁾: Rua Arara Azul, 187 – Novo Horizonte - Serra - ES - CEP: 29.163-306 - Brasil - Tel: (27) 3060-6553 - e-mail: y.benedet@tommasiambiental.com.br.

RESUMO

Muitos sistemas de tratamento de esgotos domésticos do Brasil foram projetados e construídos para operar por meio de lagoas de estabilização, devido principalmente à baixa complexidade de operação e baixo custo de manutenção. O desenvolvimento urbano e o crescimento populacional proporcionam um aumento considerável de geração de efluentes e, conseqüentemente, de geração de lodo, comprometendo diretamente a eficiência do tratamento. Aliado à falta de manutenção dos sistemas e à deficiência de tecnologias desenvolvidas, o acúmulo de lodo em lagoas de estabilização tornou-se um problema, sendo realizado, na maioria das vezes, apenas quando a saturação resulta em carreamento de lodo, junto ao efluente tratado. Neste contexto, torna-se imprescindível a manutenção desses sistemas de tratamento, como forma de garantir a qualidade do efluente tratado. Desta maneira, este trabalho apresenta as metodologias utilizadas e os resultados alcançados antes e após a manutenção de uma estação de tratamento de esgotos domésticas, do tipo lagoas de estabilização. Os estudos realizados nessa estação resultaram em uma melhoria da qualidade do tratamento dos efluentes antes de seu lançamento no corpo receptor.

PALAVRAS-CHAVE: Tratamento de Efluente, Lagoa de Estabilização, Lodo.

INTRODUÇÃO

A demanda quantitativa por recursos hídricos para o abastecimento urbano e industrial é crescente. Como consequência da utilização da água, há a geração de efluentes caracterizados de acordo com as atividades desenvolvidas. O tratamento e destinação adequados desses efluentes constituem etapas fundamentais para o contínuo atendimento da população de forma sustentável. A qualidade do efluente lançado está diretamente relacionada com a qualidade da água captada, assim como a sobrevivência dos corpos hídricos e ecossistemas envolvidos (YAAKOB *et al.*, 2011).

Nesse sentido, as Estações de Tratamento de Efluente (ETE) são projetadas para promover a remoção das cargas poluentes presentes nos diversos tipos de efluentes por meio de processos físicos, químicos e/ou biológicos, atendendo aos padrões de qualidade estabelecidos pelos órgãos ambientais responsáveis e minimizando os impactos ambientais (ELLER, 2013).

Dentre as inúmeras tecnologias aplicadas ao tratamento de esgoto sanitário, tradicionalmente utilizadas, encontram-se os filtros biológicos, lagoas de estabilização, lagoas de alta taxa, sistemas de lodos ativados, entre outros (GIACOBBO, 2011). Na escolha destas tecnologias elege-se como critério de seleção fatores como: área disponível, custos de implantação, eficiência necessária, utilização de equipamentos

eletromecânicos, consumo de energia, sofisticação de implantação e operação e necessidade de mão de obra especializada.

As lagoas de estabilização constituem uma das alternativas mais usuais, com satisfatório custo-benefício, baixa complexidade de operação e baixo custo de manutenção, quando comparadas às outras tecnologias. Ainda que essa opção exija considerável área disponível, de forma geral, é bastante indicada para as condições climáticas brasileiras (PIMPÃO, 2011). O tratamento de efluentes por lagoas de estabilização ocorre por meio de processos naturais, envolvendo principalmente bactérias e algas, podendo ocorrer através de três zonas denominadas: anaeróbia, aeróbia e facultativa (FRANÇA, 2010). Estes sistemas permitem diferentes níveis de simplicidade operacional e diversas variantes, como requisito de área, por exemplo. A Figura 1 mostra o esquema do funcionamento do sistema integrado entre bactérias e algas em lagoas de estabilização.

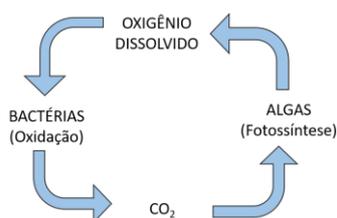


Figura 1 – Funcionamento do sistema integrado entre bactérias e algas.

O avanço demográfico no Brasil e no mundo e o desenvolvimento urbano acarretam um aumento considerável de geração de efluentes e, conseqüentemente, de geração de lodo, que, caso acumulado, compromete diretamente a eficiência de tratamento das lagoas facultativas (FRANÇA, 2010), devido a diminuição do volume útil necessário para o tratamento do esgoto, e também do tempo de retenção do efluente da lagoa. A falta de manutenção dos sistemas e a deficiência de tecnologias específicas desenvolvidas para este fim, intensificam o problema, que passa a receber prioridade quando a saturação resulta em carreamento de lodo junto do efluente tratado. Torna-se necessária, portanto, a manutenção desses sistemas de tratamento, como forma de minimizar os impactos que afetam diretamente a operação, garantindo uma boa funcionalidade do processo de tratamento. A Tabela 1 apresenta a frequência recomendada de remoção de lodo para as principais variantes do sistema de lagoas de estabilização para tratamento de esgoto, de acordo com Von Sperling (2005).

Tabela 1: Frequência recomendada de remoção do lodo (Von Sperling, 2005).

Sistemas de Tratamento	Frequência de Remoção de Lodo
Tratamento Primário	Variável (a)
Lagoa Facultativa	>20 Anos
Lagoa Anaeróbia – Lagoa Facultativa	<20 Anos
Lagoa Aerada Facultativa	<10 Anos
Lagoa Aerada Mistura Completa – Lagoa Decantação	< 5 Anos

Dentre as técnicas de remoção de lodo em lagoas de estabilização, destaca-se a dragagem, que consiste em uma técnica mecanizada, possibilitando a remoção quase completa do lodo em um tempo menor de operação, além de retirar o lodo com elevada concentração de sólidos (GONÇALVES, 1999). Uma vez que, sem a utilização de equipamentos específicos, as atividades de dragagem podem se tornar complexas, lentas e onerosas, além do baixo rendimento alcançado, é imprescindível a escolha adequada do equipamento e dos procedimentos com o intuito de obter maior eficiência e rendimento na manutenção dos sistemas de lagoas de estabilização.

Neste contexto, o presente projeto foi um estudo de caso, cujo principal objetivo foi avaliar o aumento da eficiência do tratamento de efluente sanitário em lagoas de estabilização, por meio do monitoramento dos parâmetros DBO₅, turbidez e sólidos suspensos totais (SST), após a realização da atividade de dragagem de lodo utilizando tecnologia de alta eficiência.

METODOLOGIA

CARACTERIZAÇÃO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO ESTUDADA

A Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) onde o estudo foi realizado está localizada no estado do Espírito Santo, sendo responsável pelo tratamento de uma vazão média de 64,4 m³/h. O sistema da Estação de Tratamento de Esgoto, Figura 2, é composto por dois Reatores Anaeróbios de Fluxo Ascendente – RAFA (UASB) operando em paralelo e duas lagoas facultativas em série. Antecedendo aos reatores estão implantadas unidades de tratamento preliminar, que possuem gradeamento e caixa de areia. Desde o início de sua operação, no ano de 1984, não havia sido realizada manutenção para remoção do lodo acumulado nas lagoas, resultando em uma saturação do sistema de tratamento.

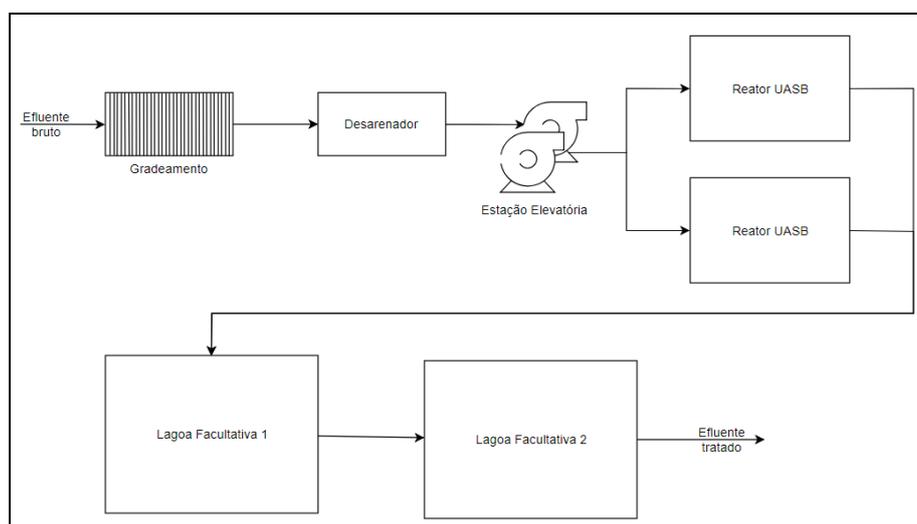


Figura 2 – Esquema representativo da ETE.

A Tabela 2 apresenta as dimensões das lagoas facultativas.

Tabela 2: Características das lagoas facultativas.

Parâmetro	Valor	Unidade
Área Superficial	28.353	m ²
Profundidade	2,5	m

OPERAÇÃO

A operação de dragagem de lodo se iniciou em dezembro de 2017 e foi concluída em janeiro de 2018 (Figura 3). Para a realização da atividade em ambas as lagoas facultativas, foi utilizado o equipamento especializado Truxor DM-5045 (Dorotea Mekaniska AB). Foram removidas 5.008 toneladas de lodo em um período de 15 dias. O lodo removido, com uma média de teor de sólidos de 10% foi transportado até uma empresa de rejeitos especializada na região, desaguado e realizada a disposição final. O custo da operação de dragagem pode variar bastante, dependendo do volume de material, das características do local, do teor de sólidos, entre outros inúmeros fatores, ficando na faixa, em média, de R\$80 até R\$150/m³. Ainda devem ser considerados os custos com transporte, desaguamento e destinação final.



Figura 3 - Operação de dragagem de lodo na ETE.

EFICIÊNCIA DE TRATAMENTO

Após a realização da dragagem de lodo das lagoas facultativas, foram comparados os dados coletados antes e após a operação, com o intuito de avaliar a melhoria da eficiência de tratamento. Os parâmetros analisados nas amostras coletadas foram demanda bioquímica de oxigênio - DBO₅, turbidez e sólidos suspensos totais - SST, de acordo com as metodologias descritas na Tabela 3.

Tabela 3 – Metodologias de análise.

Parâmetros	Unidade	Metodologia	Referência
DBO ₅	mg/L de O ₂	SM5210A	APHA, 2017
Turbidez	UNT	SM2130B	APHA, 2017
SST	mg/L	SM2540D	APHA, 2017

A Tabela 4 apresenta os pontos de amostragem realizados.

Tabela 4 – Pontos de amostragem.

Pontos de Amostragem	Matriz	Local de coleta
Ponto 1	Efluente bruto	Antes do tratamento preliminar
Ponto 2	Efluente tratado	Após as lagoas facultativas

RESULTADOS

Os resultados da avaliação da eficiência do sistema de tratamento estudado para os parâmetros de controle antes da atividade de dragagem, período de amostragem de 14 de março a 21 de novembro de 2017, estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 – Resultados analíticos do efluente bruto e tratado antes da manutenção das lagoas.

	Parâmetros Data	DBO₅ (mg/L)	Turbidez (mg/L)	SST (mg/L)
Efluente Bruto (Ponto 01)	14/mar	313,85	140,00	158,0
	30/mar	175,22	96,80	158,6
	25/abr	165,03	99,80	107,0
	23/mai	185,76	101,00	128,0
	22/ago	272,48	49,00	149,0
	07/nov	142,70	120,00	96,0
	21/nov	107,20	133,00	158,0
	Média	194,60	105,65	136,4
Efluente Tratado (Ponto 02)	14/mar	88,25	192,00	114,0
	30/mar	78,47	103,00	105,0
	25/Abr	80,03	156,00	186,0
	23/mai	84,54	76,20	90,6
	22/ago	96,11	31,00	100,0
	07/nov	115,70	175,00	94,0
	21/nov	95,40	119,00	104,0
	Média	91,21	121,74	113,3
Remoção (%)	Média	46,82	-10,55	5,7

A partir da Tabela 5, pode-se observar que para o parâmetro DBO₅, o tratamento biológico empregado na ETE promoveu uma redução média de 46,82% no período estudado. Este valor é relativamente baixo quando comparado com dados reportados pela literatura para este tipo de tratamento, que alcança 75% a 85% de remoção (VON SPERLING, 2005). Também se observa um aumento de turbidez no efluente tratado, assim como baixa remoção de sólidos suspensos totais.

Desta forma, os resultados analíticos apresentados na Tabela 5 indicam um comprometimento da eficiência do tratamento, o que pode ser causado pela saturação de lodo nas lagoas facultativas, considerando uma eficiência de tratamento estável no reator UASB. O excesso de lodo ocasiona uma redução do tempo de detenção hidráulico do efluente no sistema, gerando implicações diretas na remoção de DBO₅. Os valores de turbidez e SST, apresentados na Tabela 5 para os efluentes bruto e tratado, corroboram com essa hipótese. Observa-se um aumento na turbidez do efluente tratado de 10,5% em relação ao efluente bruto, e uma remoção média de SST de 5,7%. A diminuição do volume útil da lagoa pode resultar no aumento da velocidade de escoamento do efluente, levando ao carreamento de partículas sólidas sedimentáveis.

Os resultados da avaliação da eficiência do sistema de tratamento estudado para os parâmetros de controle após a atividade de dragagem, período de amostragem de 16 de fevereiro a 5 de julho de 2018, estão dispostos na Tabela 6.

Tabela 6 – Resultados analíticos do efluente bruto e tratado após a manutenção das lagoas.

	Parâmetros Data	DBO ₅ (mg/L)	Turbidez (mg/L)	SST (mg/L)
Efluente Bruto (Ponto 1)	16/fev	325,60	168,00	336,0
	03/abr	133,76	221,00	474,0
	17/abr	226,00	114,00	118,0
	16/mai	335,00	90,40	158,0
	05/jul	328,00	339,00	382,0
	Média	270,0	186,48	293,6
Efluente Tratado (Ponto 2)	16/fev	93,40	105,00	56,0
	03/abr	54,56	120,00	39,0
	17/abr	37,36	64,60	50,0
	16/mai	38,90	42,40	48,0
	05/jul	98,00	71,60	162,0
	Média	64,50	80,72	71,0
Remoção (%)	Média	75,00	51,70	72,0

De acordo com a Tabela 6, pode-se observar que a eficiência de remoção média de DBO₅ após a dragagem atingiu 75,00%. A concentração média de DBO₅ no efluente tratado para o período estudado foi de 64,50mg/L, valor 30% inferior à concentração de DBO observada antes da manutenção. Em relação à turbidez e SST, observa-se diminuições significativas na concentração desses parâmetros, alcançando valores médios de eficiência de 51,70% e 72,0%, respectivamente. Isso sugere que a remoção do lodo teve influência significativa na diminuição do processo de carreamento de partículas sólidas pelo efluente.

Nota-se ainda que, mesmo que a concentração média de DBO₅ do efluente bruto tenha sido superior no período após dragagem (270,0 mg/L) em relação ao período anterior (194,6 mg/L), a eficiência de remoção se mostrou maior após a manutenção. A Figura 4 permite uma melhor visualização dos valores médios de remoções alcançados para os parâmetros avaliados, antes e após a remoção de lodo.

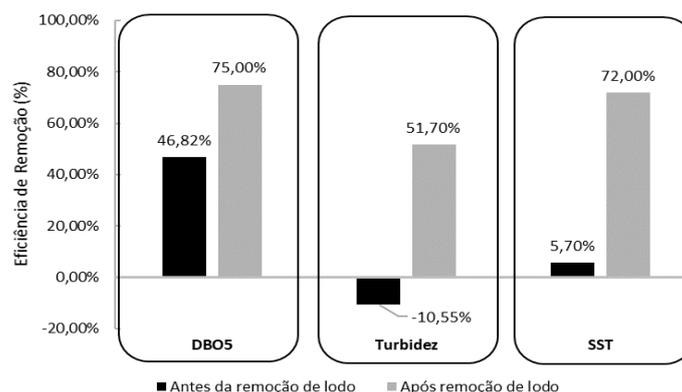


Figura 4 – Eficiência de remoção dos parâmetros avaliados antes e após dragagem de lodo das lagoas.

Em análise à Figura 5, pode ser observado que a eficiência de remoção obtida para os distintos parâmetros monitorados, anterior à atividade de dragagem, apresentam grande variância e não mostram uma tendência significativa. As eficiências obtidas após a atividade de dragagem, por sua vez, se mostraram menos dispersas para todos os parâmetros analisados. Tal diagnóstico relata a maior estabilidade do sistema de tratamento da estação em estudo após a atividade de dragagem realizada.

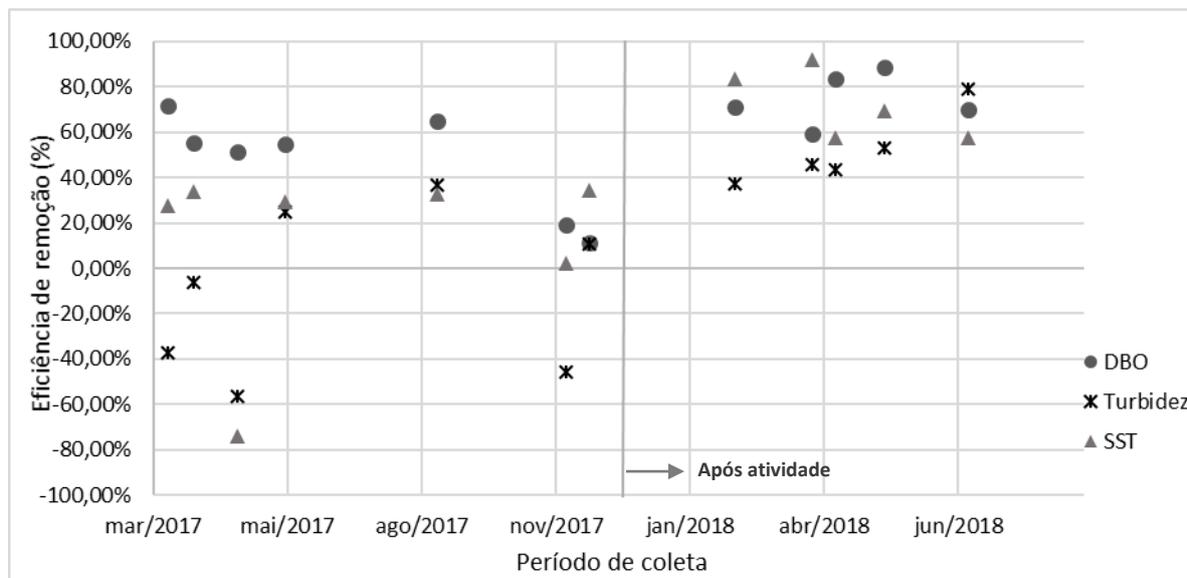


Figura 5 – Comparação da variância nos valores de eficiência de remoção antes e após a atividade de remoção de lodo - dragagem.

Os dados obtidos passaram por um tratamento estatístico a fim de determinar se as médias das eficiências dos parâmetros analisados, antes e após a atividade de dragagem, se diferem entre si. Para isso, realizou-se o Teste de Tukey e, uma vez que todas as diferenças entre as médias foram superiores ao TSD (Tukey Significant Difference), rejeitou-se a hipótese de igualdade entre as médias, ou seja, a remoção de lodo nas lagoas promoveu o aumento da eficiência no tratamento de efluente.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A escolha de tecnologias mais eficazes, eficientes e seguras para a realização dos serviços de remoção de lodo de lagoas de estabilização é fundamental para a recuperação dos sistemas, além de promover a redução de impactos ambientais e a exposição da equipe com o lodo biológico.

De acordo com o acompanhamento dos parâmetros do efluente bruto e tratado, antes e após a manutenção de duas lagoas de estabilização, observou-se que a operação de dragagem apresentou influência estatisticamente significativa na eficiência de remoção de DBO₅, turbidez e SST. Para a DBO₅, parâmetro crítico para a operação, a eficiência de remoção aumentou em aproximadamente 30% após a remoção de lodo.

Em todos os parâmetros avaliados foi observado um aumento na eficiência do tratamento, sendo alcançados valores de remoção de 75,00% para DBO₅, 51,70% para turbidez e 72,00% para SST em relação ao afluente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRASIL. CONAMA (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE). Resolução Conama nº 340, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Brasília:MMA,2011.
- ELLER, C. M. Caracterização dos componentes traços efluentes no aproveitamento energético do biogás gerado em Reator UASB no tratamento de esgoto doméstico. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória. 2013.
- FRANÇA, J. T. L., STEFANUTTI, R., CORAUCCI FILHO, B., ANARUMA FILHO, F., FRANÇA, L. L. L. Remoção de lodo de lagoas de estabilização e seu acondicionamento em bag. Revista DAE, v. 185, p. 53-63, 2010.

4. GIACOBBO, A., FERON, G. L., RODRIGUES, M. A. S., BERNARDES, A. M., MENEGUZZI, A. Utilização de Biorreator a membrana para tratamento de efluentes. *Revistas Holos*, 2011, v.1, p.13-29.
5. GOOGLE Earth website. Disponível em: <http://earth.google.com>. Acesso em: 28 set. 2018.
6. GONÇALVES, R. F.: Gerenciamento do lodo de lagoas de estabilização não mecanizadas. Rio de Janeiro: PROSAB, 1999.35p.
7. PIMPÃO, H. Avaliação dos impactos ambientais da estação de tratamento de esgoto do bairro CPA II – lagoa encantada em Cuiabá/MT utilizando indicadores ambientais. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Edificações e Ambiental) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2001.
8. Standard Methods for the Examination of water and Wastewater. 2017. 23º edition. American Publican Health Association/American Water Works Association/Water Environment/Federation, Washington, DC.
9. VON SPERLING, M. Princípio do Tratamento Biológico de Áreas Degradadas. Introdução a Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgoto. 3 ed. - Belo Horizonte: UFMG, 2005.
10. YAAKOB, Z. K. F., EHSAN, A. S. R. S. ABDULLAH, M. S. T. An overview of microalgae as a wastewater treatment. *Jordan International Energy Conference*, 2011, v.4, p.620-639.