

COMPARAÇÃO DE EFICIÊNCIA NO TRATAMENTO DE ESGOTOS DOMÉSTICOS: AERAÇÃO SUPERFICIAL X AERAÇÃO SUBMERSA

TOSI, Danielle Amanda; LAGE FILHO, Frederico A.

danielle.atosi@hotmail.com

Centro de Pós-Graduação Oswaldo Cruz

Resumo: O presente texto visa comparar as eficiências de dois sistemas de aeração comumente utilizados no tratamento de esgotos domésticos por Lodos Ativados em Batelada: os sistemas de aeração mecânica superficial e aeração difusa submersa. Os resultados obtidos com testes realizados neste trabalho comprovam a maior eficiência do sistema de aeração submersa em relação à superficial, baseados principalmente nos resultados de Sólidos Suspensos Voláteis (SSV), parâmetro relacionado à concentração de microbiota ativa nos tanques de aeração e que é responsável pela degradação da matéria orgânica presente nos esgotos domésticos e proporcionando assim o efetivo tratamento biológico. Nos tanques onde está aplicada a aeração submersa ocorreu o maior aumento na concentração de SSV, proporcionado por melhor oxigenação e melhor mistura no reator, com a conseqüente melhora na qualidade de tratamento e otimização do tempo de tratamento.

Palavras-chave: Lodos ativados, Esgotos domésticos, Tratamento biológico, Eficiência de Aeração.

Abstract: This technical paper aims at comparing the efficiencies of two systems of aeration, normally used in the activated sludge treatment of domestic wastewater: the superficial mechanic aeration and the submerged diffused aeration systems. The results obtained in this study show the higher efficiency of submerged aeration as compared to superficial aeration, based mainly in the results of Volatile Suspended Solids (VSS), a parameter related to the amount of active microbiota in the reactors and responsible for the degradation of organic matter in the wastewater, in other words the biological treatment. In the reactors with submerged aeration, the higher increase in the VSS concentration must have been due to better oxygenation and mixing in the reactor, with a consequent improvement in the quality of treatment and an optimization of the treatment time.

Keywords: Activated sludge, Domestic wastewater, Biological treatment, Aeration Efficiency.

1 INTRODUÇÃO

A Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) denominada Bichoró, onde foram realizados os testes para comparação entre sistemas de aeração, foco deste projeto, encontra-se na cidade de Mongaguá, Litoral Sul do estado de São Paulo, e é parte integrante das estações de tratamento da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo, SABESP.

Nesta ETE é realizado o tratamento de esgotos domésticos de aproximadamente 50 mil habitantes, entre os meses de abril e outubro, operando com aproximadamente 55% de sua

capacidade. Já nos meses de novembro a março, compreende o que chamamos de período sazonal, onde há um aumento significativo na população da cidade, chamada população flutuante, chegando a triplicar sua população no auge da referida época. Nesta fase, a operação da ETE atinge 100% de sua capacidade.

Este estudo tem como objetivo a comparação entre dois sistemas de aeração distintos: aeração mecânica superficial e aeração submersa difusa.

Esta comparação é baseada em alguns pontos principais: Emissão de aerossóis, níveis de ruído, eficiência e otimização do tratamento.

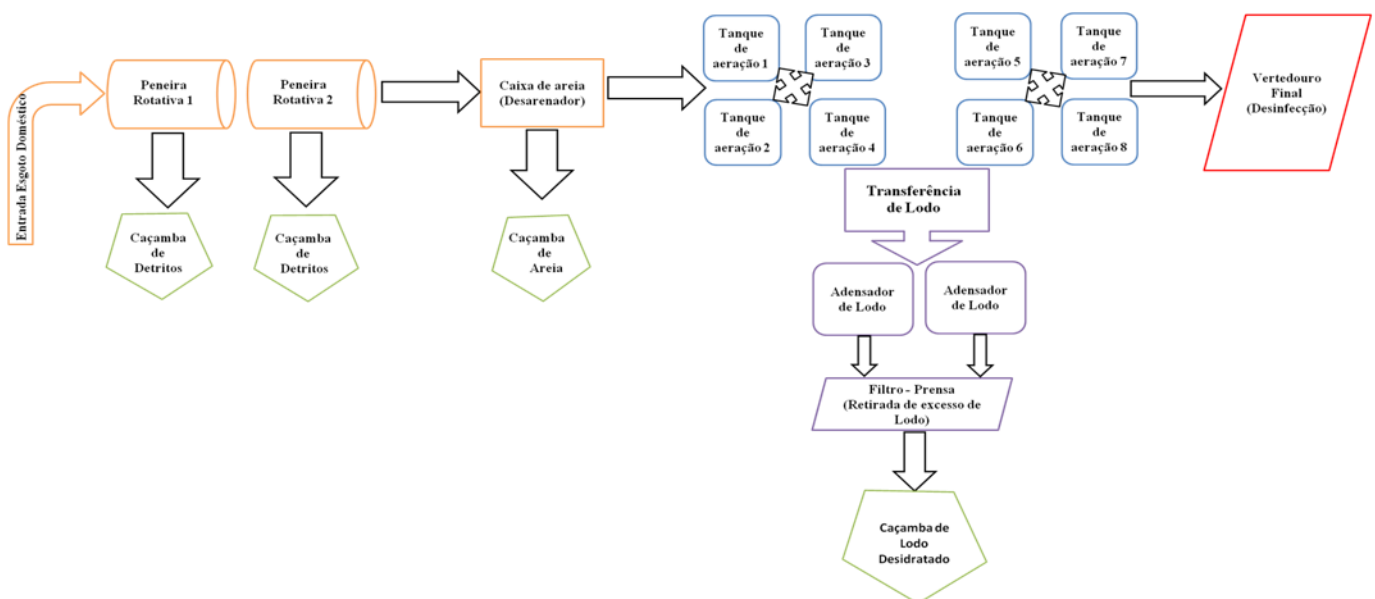
Este estudo se faz necessário, visto que a aeração é um fator fundamental para o tratamento, pois o mesmo é baseado em aerobiose.

2 A ETE

A Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) Bichoró foi projetada e tem sua outorga para operar com vazão de 140 L/s, e as 06 Estações Elevatórias de Esgoto, que integram seu sistema, tem capacidade à montante para o limite máximo de tratamento da ETE. O esgoto doméstico é coletado nas residências através da rede coletora, encaminhado aos coletores-tronco e através de Estações Elevatórias de Esgoto (EEE) é bombeado até a ETE,

A Figura 1 mostra o fluxograma das etapas do sistema de tratamento da ETE.

Figura 1 Fluxograma de Processo ETE Bichoró



O tratamento nesta ETE é realizado pelo sistema de Lodos Ativados por Batelada que consiste no desenvolvimento de uma cultura microbiológica formando flocos, chamados de lodos ativados, em um tanque de aeração, cujo alimento é o esgoto a ser tratado. (Acqua Engenharia e Consultoria S/C Ltda., 2016)

Neste processo a aeração é de suma importância, pois o lodo é composto principalmente por bactérias e fungos aeróbios e facultativos.

Os sistemas de aeração adotados nesta ETE seguem linhas distintas, onde 4 tanques de aeração possuem aeradores mecânicos superficiais, rápidos e de fluxo ascendente e os outros 4 tanques possuem difusores submersos de ar.

2.1 Tratamento Preliminar

O esgoto bombeado entra na ETE e passa primeiramente pelas peneiras, conforme mostra a Figura 2, onde os sólidos mais grosseiros, como plásticos, ficam retidos e são depositados em caçambas.

Em seguida, o esgoto, livre dos sólidos mais grosseiros, passa por uma caixa de areia, conforme Figura 2, onde ocorre deposição dos sólidos tais como a areia, por exemplo. Esses sólidos são raspados e retirados através de um parafuso classificador, que os despeja também em caçambas, para posterior destinação.

Nesta fase é adicionado Peróxido de Hidrogênio, para melhora na digestão de gorduras e aumento na oxigenação dos tanques. Esta aplicação está sob teste e sua eficiência sob avaliação, para tomada de decisão quanto a manter ou não sua utilização.

Como este processo é por bateladas, torna-se dispensável a utilização de uma caixa de gordura, pois o esgoto recebido é de origem doméstica, e a concentração de gorduras é considerada baixa para a capacidade de depuração deste sistema. Em seguida, o esgoto passa pela Calha Parshall onde é registrada a vazão de Entrada da ETE, conforme mostra a Figura 2.

Figura 2 Peneiras / Caixa de Areia



2.2 Tratamento biológico

A ETE é composta por 08 tanques de aeração que operam de forma automatizada. Cada tanque é composto por 02 aeradores, sendo que, 04 destes tanques operam sob aeração submersa difusa e 04 operam com aeração superficial rápida de fluxo ascendente, conforme mostra a Figura 3.

Nos tanques de aeração ocorrem todas as etapas de tratamento biológico compreendidas nesta ETE, que são: Enchimento (com aeração), Sedimentação e Descarte.

Enchimento

O esgoto é recebido no tanque sob aeração. Nesta fase, há a homogeneização do esgoto com a microbiota ativa existente no tanque, o chamado lodo ativado, que dá nome ao processo utilizado nesta ETE, e conseqüentemente, a entrada de oxigênio dissolvido no tanque. É durante esta fase que ocorre a degradação da matéria orgânica presente no esgoto,

ou seja, o efetivo tratamento biológico. Quanto maior a eficiência da digestão, melhor será a sedimentabilidade da biomassa.

Este estudo comparativo foi realizado a fim de avaliar qual dos dois sistemas de aeração seria mais viável para a ETE Bichoró, considerando alguns pontos importantes, principalmente, no que diz respeito à eficiência do tratamento e à formação de aerossóis, e sua influência na saúde dos funcionários e moradores do entorno. A Figura 3 mostra o sistema de aeração.

Figura 3 Tanque de aeração superficial em fase de enchimento



Sedimentação

Ao final do enchimento, os aeradores se desligam e o tanque entra no processo que chamamos de sedimentação. Durante esta fase, a biomassa se separa do esgoto tratado, chamado a partir de agora de Efluente. A Figura 4 mostra aeradores submersos (esquerda) e superficiais (direita) nas fases de sedimentação/descarte.

Figura 4 Tanques de aeração em fase de sedimentação/descarte



Ao final desta fase, o efluente, já clarificado, como mostra a Figura 5, será desinfetado e descartado para o corpo receptor.



Figura 5 Efluente Tratado (clarificado)

2.3 Desinfecção

Nesta fase, é adicionado Hipoclorito de Sódio ao efluente final, vide Figura 6, por bombeamento e de forma automática, através de sensores de nível, que ao serem atingidos pelo efluente iniciam a dosagem do agente desinfetante. Não há, nesta ETE, um tanque de contato, ou seja, o agente desinfetante é adicionado e o contato entre o ele e o efluente é realizado durante o percurso percorrido pelo por ambos no emissário até o corpo receptor. O emissário possui um quilômetro e o efluente leva de 30 a 40 minutos para percorrê-lo. O corpo receptor é o oceano, então a maré influencia no tempo do descarte, visto que, caso seja maré cheia, o canal não tem vazão.

Figura 6 Desinfecção



2.4 Tratamento de Lodos

Nos processos de tratamento por Lodos ativados convencional faz-se necessária a retirada do excesso de lodo dos tanques de aeração, e por vezes, a sua recirculação, trazendo lodo ativo para a fase inicial do tratamento. No caso do sistema em bateladas, não há recirculação de lodo, pois há lodo ativo em todas as fases do tratamento, por serem realizadas todas no mesmo tanque.

Nesta ETE, há dois Adensadores, que recebem o lodo, através de bombeamento. Após o enchimento, ficam em sedimentação por 24 horas. Então, a água sobrenadante é recirculada ao sistema, carreando consigo um pouco do lodo ativo para os tanques de aeração. O lodo adensado é, aos poucos, retirado por meio da desidratação e os adensadores são aerados por aeração superficial.

A desidratação é realizada através do Filtro-Prensa, conforme mostra a Figura 7, com adição de produtos químicos, como Cal Hidratada e Cloreto Férrico. As tortas desidratadas alcançam cerca de 30% a 35% de Massa Seca e são destinadas ao aterro sanitário, juntamente com os resíduos de caixa de areia e os detritos do peneiramento.

Figura 7 Filtro-prensa



3 SISTEMAS DE AERAÇÃO

Dentre os sistemas de aeração, podemos destacar os sistemas de ar difuso e os sistemas de aeração mecânica.

3.1 Aeração Mecânica

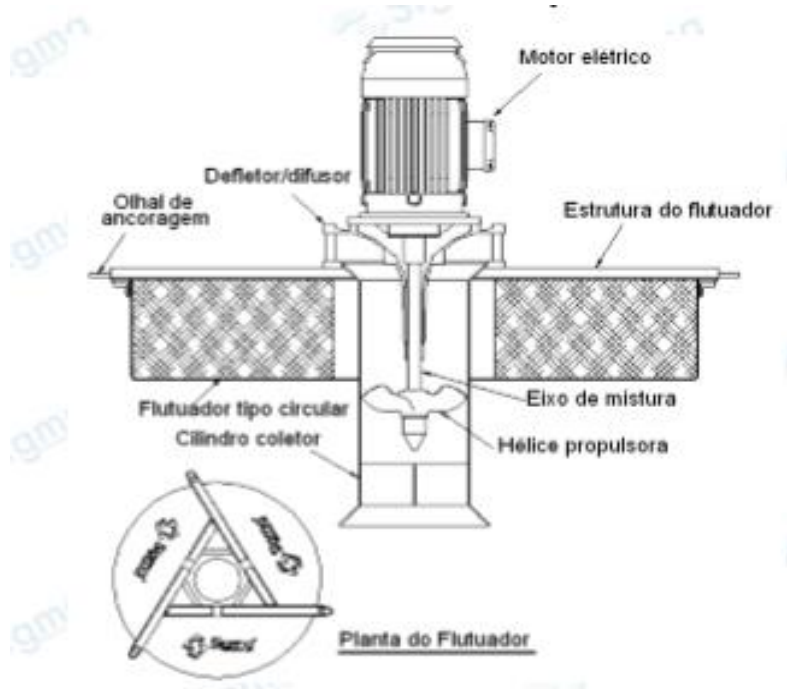
Os aeradores mecânicos superficiais, rápidos ou lentos, de fluxo ascendente ou descendente, operam sob o mecanismo de transferência de oxigênio atmosférico às gotículas do efluente aspergidas no ar. A transferência ocorre quando essas gotículas em queda entram em contato com o efluente no tanque de aeração e/ou por bolhas de ar movidas da superfície ao meio líquido. São sistemas de fácil aplicação e geralmente possuem baixo custo de investimento inicial, porém é recomendada a aquisição de aeradores reservas. (Revista TAE, Ed. n° 6, 2012 e Ed. n° 26, 2015).

Aeração Superficial Rápida de Fluxo Ascendente

Os aeradores superficiais rápidos de fluxo ascendente, conforme mostra a Figura 8, operam gerando uma turbulência no efluente, através de hélices que giram 360°, e proporcionam, assim, tanto o contato do efluente com o oxigênio atmosférico, quanto à absorção de oxigênio pela própria movimentação no tanque de aeração.

Esse sistema é muito utilizado por ser de fácil aplicação, porém, apresenta algumas desvantagens em relação a sistemas de aeração difusa. (Revista TAE, Ed. n° 26, 2015).

Figura 8 Aerador Superficial Rápido de Fluxo Ascendente



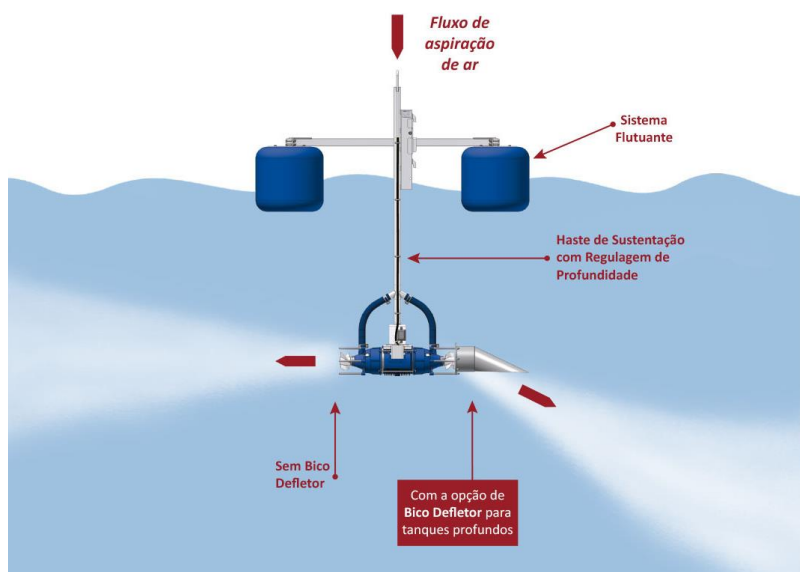
Fonte: SIGMA TRATAMENTO DE ÁGUAS LTDA. (2016)

Aeração Difusa Submersa

Os sistemas por ar difuso utilizam sopradores de ar comprimido para o fornecimento de ar, que será distribuído para o interior do tanque, promovendo aeração e mistura. O oxigênio é introduzido por meio de micro bolhas originárias de difusores, normalmente cerâmicos ou de borracha, instalados no fundo dos tanques.

No caso da ETE Bichoró, foram instalados aeradores horizontais submersos, com sistema de oxigenação por aspiração de ar atmosférico, conforme mostra a Figura 9. Sua operação se assemelha a um difusor, pelo fato de injetar oxigênio no fundo do tanque, mas promovem também a mistura da massa com o esgoto, como os aeradores mecânicos.

Figura 9 - Fluxo de operação do Aerador Submerso Higma



Fonte: Higma Inovação e Sustentabilidade (2016)

Não necessita de sopradores de ar comprimido, o que reduz o gasto energético e a emissão de ruído na ETE.

Sua manutenção tende a ser mais simples, por não haver entupimento dos difusores, como num sistema de difusão comum.

O ar é aspirado através de um tubo e vai direto para o fundo do tanque, proporcionando maior contato entre o oxigênio e o esgoto a ser tratado. No fundo está uma hélice, que promove a mistura entre a biomassa e o esgoto.

4 ASPECTOS RELEVANTES DOS SISTEMAS DE AERAÇÃO

4.1 Aeração Superficial

Níveis de Ruído: Apesar de operarem com níveis baixos, se comparados a sopradores de sistemas de ar difuso, aeradores de superfície produzem muito ruído, principalmente em caso de Estações que operam em áreas consideradas rurais.

Mistura e Oxigênio dissolvido homogêneo: as condições de mistura são boas apenas para tanques com menos de 3,0 metros de profundidade. Em se tratando de maiores profundidades, há problemas com sedimentação nos tanques, acúmulo significativo de lodo e criação de zonas de anaerobiose. Isso acarreta consequentemente, a geração de odor na ETE.

Sedimentação: O choque mecânico das hélices interfere na formação dos flocos do lodo ativado, podendo provocar aumento no tempo de sedimentação dos tanques. Isso acarreta aumento no tempo de detenção do efluente na ETE, demandando mais tempo para o tratamento do efluente.

Emissão de aerossóis: Este sistema tende a emitir uma grande quantidade de aerossóis, em comparação com diversos outros sistemas, inclusive os de aeração difusa.

4.2 Aeração Submersa (Difusa)

Níveis de Ruído: Por não possuírem sopradores nem choque da hélice com o esgoto, o nível de ruído é nitidamente reduzido, até em comparação com outros sistemas de difusores.

Emissão de aerossóis: Como todo sistema de ar difuso, a emissão de aerossóis é praticamente nula, devido não haver o choque mecânico das hélices com o esgoto.

Mistura e Oxigênio dissolvido homogêneo: Devido sua haste reguladora de profundidade, este aerador consegue alcançar o fundo do tanque, e com a injeção de ar direta e a hélice, promovem concomitantemente, a mistura e oxigenação de da biomassa e o esgoto de forma homogênea e consistente.

Sedimentação: Pelo fato de não haver choque mecânico da hélice com os flocos, a sedimentabilidade do tanque passa a ser mais fácil e rápida, do que com os aeradores superficiais, diminuindo o tempo de detenção do esgoto na ETE e otimizando o tratamento.

5 RISCOS RELACIONADOS AOS AEROSSÓIS

Aerossóis contendo microorganismos podem ser gerados por processos naturais ou atividades humanas.

Os tanques de aeração de Estações de Tratamento de Esgotos são reconhecidos como importantes fontes de aerossóis microbianos, conforme aponta Napolitano e Rowe (1966); Kenline e Scarpino (1972); Cannon (1983); Fannin *et al.* (1985), apud Brandi (2000), P.845 e, portanto, podem ser perigosos aos indivíduos expostos, primeiramente, aos trabalhadores da ETE, como consequência do contato direto com materiais contaminados ou por inalação de microorganismos em aerossol, pois transportados por via aérea, podem ser uma potencial fonte de uma ampla variedade de riscos à saúde (HICKEY e PARKER, 1975 apud BRANDI, 2000, p. 850). Existe, também, um risco potencial aos visitantes e à população do entorno das ETEs, o qual não pode ser excluído. Vários agentes potencialmente infecciosos têm sido encontrados no ar ambiente em torno das ETEs, conforme pesquisa de Hickey e Parker, (1975); Millner *et al.* (1980); Fannin *et al.* (1985), apud Brandi (2000), p.845, e uma alta prevalência de anticorpos contra vários vírus entéricos tem sido encontrada em indivíduos expostos, segundo Clark (1981a), Heng *et al.* (1994), apud Brandi (2000), p.845, porém não são relacionados efetivamente com os aerossóis.

Segundo Bovallius *et al.* (1978), apud Brandi (2000), p.845, os aerossóis são capazes de transportar microorganismos por longas distâncias e, dependendo da fonte, podem causar infecções, conforme Fraser (1980); Sattar e Ijaz (1987), apud Brandi (2000), p.845, problemas asmáticos, conforme relata Gravesen (1979), apud Brandi (2000), p. 845 e outros efeitos nocivos à saúde, segundo Jacobs (1989); Burrell (1990), apud Brandi (2000), p.845 em indivíduos susceptíveis. Dentro deste contexto, alguns autores chegam a reportar a incidência de uma forma especial de doença, conhecida como “Síndrome dos trabalhadores do esgoto”, que possui sintomas bastante característicos como febre, mal – estar, fraqueza, rinite aguda, acompanhada por sintomas gastrointestinais (BAUER, 2002, p. 3965).

Sistemas de aeração em geral, e sistemas de aeração mecânica superficial em particular, são notórios causadores de aerossóis. Esses sistemas realizam a mistura do esgoto bruto com o lodo ativado nos tanques de aeração e proporcionam a transferência de oxigênio atmosférico a essa mistura. Nesse processo, é gerado um grande leque aquoso e conseqüentemente o aerossol formado é maior do que em outros sistemas de aeração. Quando essas bolhas estouram em contato com a superfície aquosa, formam pequenas gotículas que podem ser ejetadas a 15 cm da superfície. (WOODCOCK, 1955, apud BAUER, 2002, p. 3965).

Segundo Blanchard e Syzdek (1970), apud Bauer (2002), p. 3966, as concentrações de bactérias ejetadas nessas gotículas a partir dessas bolhas foram de 10 a 1000 vezes maior do que a fonte de água, dependendo do tamanho da gotícula.

As concentrações de bactérias cultiváveis no ar do entorno medidas em diferentes alturas e distâncias dos tanques de aeração estão descritas na literatura. Brandi *et al*, (2000), apud Bauer (2002), p. 3966, realizaram uma investigação de fungos e bactérias transportados a uma distância de 2 e 10 metros dos tanques de aeração de estações com diferentes sistemas de aeração. Foram encontradas concentrações mais altas nas estações cujo sistema de aeração era mecânico, sendo 560 UFC m⁻³ para bactérias e 1110 UFC m⁻³ para fungos a uma distância de 2 m a favor do vento. Outros autores Sawyer *et al* (1996), apud Bauer (2002), p. 3966 encontraram concentrações microbianas de 126–4840 UFC m⁻³ em diferentes alturas a partir da superfície do tanque de aeração. Brenner *et al* (1988), apud Bauer (2002), p. 3966 obtiveram entre 86 e 7143 UFC m⁻³ no ar a uma distância de 25 metros do centro da superfície de aeração e a 1 metro da parede do tanque de aeração.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram realizados testes durante dois meses na ETE Bichoró, em duas etapas distintas, a fim de comparar a eficiência de tratamento em cada sistema de aeração.

Cada amostra coletada foi preservada conforme o Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras da CETESB e enviadas ao laboratório da unidade, situado em Vicente de Carvalho, Guarujá. As amostragens compreendiam o Esgoto Bruto, o Lodo Ativado dos tanques de aeração e o Efluente Tratado, conforme segue na Tabela 1 abaixo:

Tabela 1 Amostragens realizadas na ETE Bichoró

Data	Amostras	Análises Realizadas	Amostras	Análises Realizadas
16/05/2016				
23/05/2016				
30/05/2016				
06/06/2016	Esgoto Bruto e Efluente Tratado	DQO, DBO, Sólidos Sedimentáveis, pH, T°C, NH ₃ , Cloro Residual Livre e Total	Lodo Ativado dos tanques de aeração	SST, SSV, SSF, pH
13/06/2016				
20/06/2016				
27/06/2016				
18/07/2016				

As análises de Demanda Química de Oxigênio (DQO), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Nitrogênio Amoniacal (NH₃), são importantes indicadores da qualidade do processo já que, quanto maior a remoção de matéria orgânica, melhor o tratamento. O

Nitrogênio Amoniacal é um dos responsáveis pela eutrofização dos corpos d'água, por isso a importância de sua remoção no tratamento.

Os Sólidos Sedimentáveis (SS), como o próprio nome já diz, são os materiais sólidos com capacidade de sedimentação, e são importantes, pois causam assoreamento em leitos de corpos d'água, por isso devem ser removidos o máximo possível.

O tratamento de efluentes deve seguir a legislação vigente, o CONAMA 430/11, no âmbito federal e, no caso do estado de São Paulo, o Decreto 8468/76, regulamentador da Lei Estadual 997/76, também deve ser seguido.

As demais análises não são relevantes quanto à comparação de eficiência neste caso, mas foram realizadas por serem parâmetros de controle diários da operação da ETE.

No caso do lodo dos tanques de aeração, foi realizada análise da série de sólidos, que compreendem os Sólidos Suspensos Fixos, Voláteis e Totais, (SSF, SSV e SST), respectivamente.

Como parâmetro comparativo foi utilizado apenas o resultado de Sólidos Suspensos Voláteis, pois indica a biomassa ativa no tanque, aquela que promove, de fato, a degradação da matéria orgânica, e que deve estar entre 2000 mg/L e 4000 mg/L para favorecer uma boa performance no tratamento, conforme indicam as tabelas 2 e 3 abaixo.

Tabela 2 Resultados Sólidos Suspensos Voláteis – Etapa 1

Datas	Tanques Coletados Aeração Superficial	mg/L	Tanques Coletados Aeração Submersa	mg/L
16/05/2016	TQ SUP 7	1740	TQ SUB 5	2240
23/05/2016	TQ SUP 3	2710	TQ SUB 1	3500
30/05/2016	TQ SUP 4	1840	TQ SUB 2	3720
06/06/2016	TQ SUP 8	1780	TQ SUB 6	1880
MÉDIA		2018		2835

Tabela 3 Resultados Sólidos Suspensos Voláteis – Etapa 2

Datas	Tanques Coletados Aeração Superficial	mg/L	Tanques Coletados Aeração Submersa	mg/L
13/06/2016	TQ SUP 7	1010	TQ SUB 5	2780
20/06/2016	TQ SUP 3	1280	TQ SUB 1	3680
27/06/2016	TQ SUP 4	1270	TQ SUB 2	3680
18/07/2016	TQ SUP 8	3220	TQ SUB 6	4180
MÉDIA		1695		3580

Nos tanques de aeração onde foi implantada a aeração submersa difusa, houve um aumento bastante significativo no SSV, mostrando claramente que a eficiência na mistura e oxigenação do tanque foi muito superior à obtida na aeração superficial, conforme pode – se visualizar nas Figuras 10 e 11.

Figura 10 Gráfico comparativo Sólidos Suspensos Voláteis - Etapa

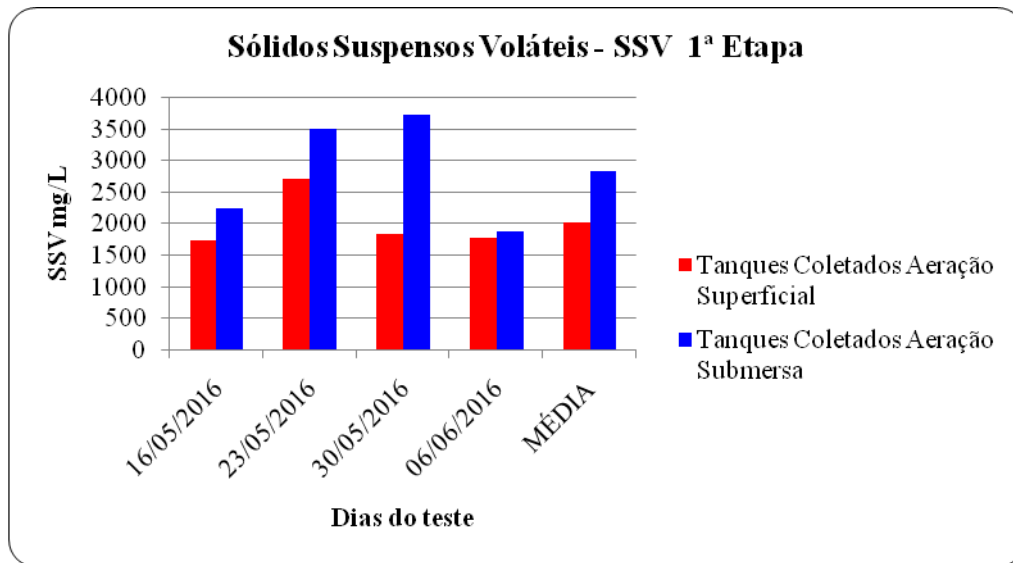
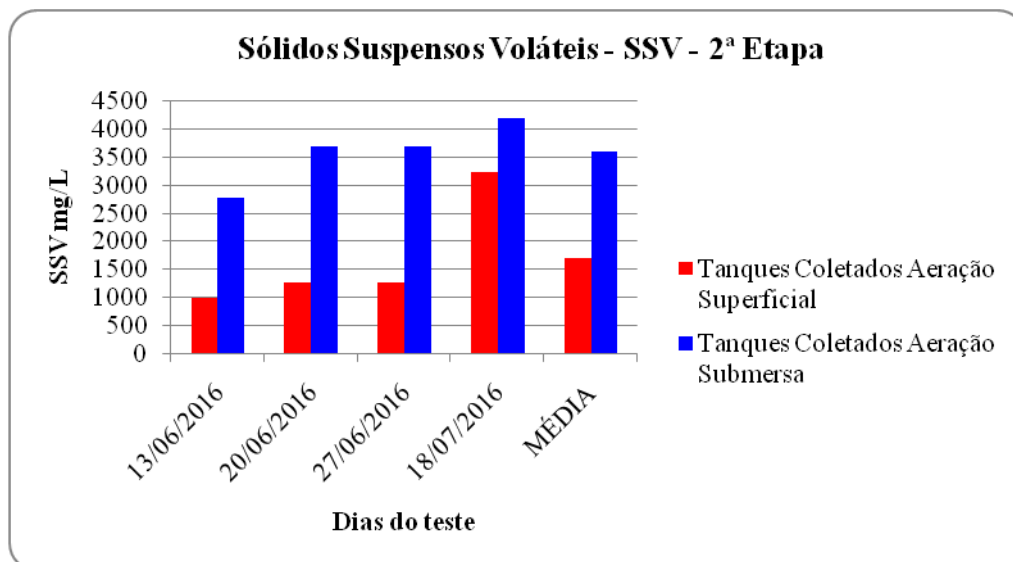


Figura 11 Gráfico comparativo Sólidos Suspensos Voláteis - Etapa 2



7 CONCLUSÃO

Conforme apontam os resultados obtidos neste estudo, a aeração submersa difusa obteve maior eficiência de tratamento, visto que os tanques onde a mesma foi aplicada apresentaram maior quantidade de biomassa ativa significativamente maior que os tanques com aeração de superfície. Com isso, em relação à aeração difusa, foi possível otimizar o tempo de tratamento da ETE. Outro ponto favorável à aeração difusa diz respeito à emissão de aerossóis, conforme pesquisa bibliográfica apresentada. Portanto, aeração difusa mostrou claramente ser a mais adequada para o sistema de tratamento da ETE Bichoró.

REFERÊNCIAS

AQUA ENGENHARIA E CONSULTORIA S/C LTDA. *Manual de lodos ativados*. Disponível em: < <http://www.acquaeng.com.br/wp-content/uploads/2010/01/manualodosativados1.pdf> >. Acesso em: 19/10.2016.

BAUER, H. *et al.* *Bacteria and fungi in aerosols generated by two different types of wastewater treatment plants*. Water Research. 36. ed. p 3965–3970. 2002.

BRANDI, G. *et al.* *Evaluation of the environmental impact of microbial aerosols generated by wastewater treatment plants utilizing different aeration systems*. Journal of Applied Microbiology. The Society for Applied Microbiology. 88. ed. 2000. p. 845-852.

CHEIS, D. “*Sistemas de aeração e seus benefícios no tratamento de efluentes*” Revista TAE, n° 26, p 10-14, agosto/2015. Disponível em: <<http://www.revistatae.com.br/artigos.asp?id=293&fase=c>>. Acesso em: 04/10/2016.

HIGRA INOVAÇÃO E SUSTENTABILIDADE. *Aeradores – Conceito e Características*. Disponível em: < <https://www.higra.com.br/produtos/aeradores> >. Acesso em: 04/10/2016.

SAKAI, S. “*Mais oxigênio no tratamento de efluentes*”. Revista TAE, n°6, abril/2012. Disponível em: <<http://www.revistatae.com.br/artigos.asp?id=71&fase=c>>. Acesso em: 04/10/2016.

SIGMA TRATAMENTO DE ÁGUAS. *Catálogo Técnico Geral*. Disponível em: <<http://sigma.ind.br/assets/img/uploads/pdf/5767e2eda3453.pdf> >. Acesso em: 04/10/2016.