

II-131 – REMOÇÃO DE MICROALGAS EM EFLUENTES DE LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO

Moisés Andrade de Farias Queiroz⁽¹⁾

Engenheiro Sanitarista e Ambiental – UEPB. Mestrando em Engenharia Sanitária – UFRN, Laboratório Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental/LARHISA.

Cícero Onofre de Andrade Neto

Engenheiro Civil. Mestre em Engenharia Civil (Concentração em Engenharia Sanitária) e Doutor em Recursos Naturais (Concentração em Recursos Hídricos). Atualmente é Professor Associado IV da Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

André Luis Calado Araújo

Engenheiro Civil – UFPA. Mestre em Engenharia Sanitária – UFCG e Doutor em Engenharia Civil – University of Leeds.

Vanessa Becker

Graduada em Ciências Biológicas pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Mestre em Ecologia – UFRS e Doutora em Ciências Biológicas (Botânica) – UFRJ.

Dayana Melo Torres

Graduada em Ciências Biológicas (Bacharelado e Licenciatura) – UFRN. Mestre em Engenharia Sanitária – UFRN.

Endereço⁽¹⁾: Alameda das Mansões, 3693 – Cond. Bairro Latino – bl. 14 – apart. 104 – Candelária – Natal – RN – CEP: 59064902 – Brasil – Tel: (84) 8748-8098 - e-mail: eng.moisesandrade@gmail.com

RESUMO

O presente trabalho avaliou o desempenho de biofiltros submersos, em escala piloto, na remoção de algas de efluentes de lagoas de estabilização. Os filtros analisados estavam localizados na estação de tratamento de esgotos ETE Ponta Negra, em Natal. O sistema experimental foi constituído por dois filtros paralelos, um utilizado para tratamento do efluente da lagoa facultativa e o outro para o efluente da lagoa de maturação. O material de enchimento dos filtros foi predominantemente brita nº 2, misturado com porções de brita nº 1 e 3. Na pesquisa os filtros trabalharam ambos com tempo de detenção hidráulica de 6 horas. O monitoramento do sistema foi realizado no período de Julho a Dezembro de 2012, tendo quatro pontos amostrais, dois em cada filtro, sendo a entrada e saída de cada um. Ao longo do período experimental foram investigados os parâmetros pH, OD (oxigênio dissolvido), DQO total, sólidos suspensos totais, fósforo total e clorofila “a”. O filtro biológico da Lagoa Facultativa teve uma queda de 50% do OD, redução de 25% de DQO, 44% de Clorofila “a” e 37% de Sólidos Suspensos. O filtro da lagoa de Maturação houve consumo de oxigênio em torno de 50%, remoção de 19% de DQO, 33% de Clorofila “a” e 20% de Sólidos Suspensos. Observou-se que os efluentes finais dos filtros apresentaram uma correlação maior e mais significativa entre Sólidos suspenso e a Clorofila “a”.

PALAVRAS-CHAVE: Lagoa de estabilização, remoção de microalgas, biofiltros submersos.

INTRODUÇÃO

O Brasil, por ser um país tropical, especialmente o Nordeste Brasileiro, apresenta excelentes condições climáticas para aplicar a tecnologia de tratamento de esgotos por lagoas de estabilização. O sistema de lagoas de estabilização se constitui numa das tecnologias mais simples e baratas empregadas no tratamento de esgotos, principalmente em regiões de clima quente, que favorece o seu bom funcionamento.

Apesar das vantagens oferecidas pelo tratamento com lagoas de estabilização, o efluente produzido por tais processos geralmente apresentam elevadas concentrações de sólidos suspensos (SS), assim como a presença significativa de algas nos efluentes. Com a crescente exigência dos órgãos ambientais por uma melhor qualidade dos efluentes das estações de tratamento de esgotos, as lagoas de estabilização passam a ter seu uso limitado em função da frequente presença de sólidos suspensos em seu efluente. Os sólidos suspensos podem provocar

consequências indesejáveis no corpo receptor, como o aumento da demanda de oxigênio no mesmo ou o surgimento de problemas de cor, odor e sabor na água, em função da presença de algas.

Torna-se desejável o desenvolvimento de um processo de polimento dos efluentes dos sistemas de lagoas de estabilização, objetivando a remoção de sólidos suspensos, proporcionando que eles se mantenham em condições de acompanhar as crescentes exigências dos padrões de qualidade adotados atualmente.

O biofiltro submerso é uma tecnologia bastante promissora como pós-tratamento, principalmente para efluentes de lagoas de estabilização, pois são sistemas baratos, que propiciam a remoção de microalgas e sólidos suspensos. Nos filtros acontecem os processos de sedimentação, assimilação biológica, flotação e retenção física devida ao efeito de filtração.

Este estudo teve como objetivo principal avaliar a remoção de microalgas de efluentes de sistemas de lagoa de estabilização em biofiltros submersos, bem como caracterizar os efluentes de lagoas facultativas e de maturação, que alimentam os filtros submersos.

MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada na Estação de Tratamento de Esgoto de Ponta Negra, localizada no município de Natal. A ETE recebe efluentes predominantemente domésticos e possui as seguintes etapas de tratamento: 1- tratamento preliminar: grade e caixa de areia; 2 - tratamento secundário: uma Lagoa Facultativa Primária e duas Lagoas de Maturação em série.

A pesquisa utilizou dois biofiltros submersos em escala piloto, que foram alimentados com efluentes do sistema de lagoas de estabilização.

O sistema piloto de pós-tratamento está instalado nas dependências da ETE Ponta Negra. Os filtros foram construídos em alvenaria de tijolos, ambos apresentando as seguintes características físicas e hidráulicas: 4,10 m de comprimento; 1,00 m de largura; altura total e útil de respectivamente 1,80 m e 1,70 m. Cada filtro é alimentado por esgotos diferentes, sendo um alimentado pelo efluente da lagoa facultativa e o outro pelo efluente final da segunda lagoa de maturação (Efluente final da ETE).

Foi realizado testes de granulometria, utilizando a metodologia da NBR NM 248-2003, para caracterizar a brita pré-existente no sistema de filtros. Conclui-se que a brita utilizada na pesquisa é predominantemente nº 2, embora contendo porções de brita nº 1 e 3.

Os filtros têm fluxo descendente, com vazão em cada filtro regulada para um Tempo de Detenção Hidráulico de 6 h cada (vazão unitária de 14,4 m³/dia).

Os filtros foram cobertos por tijolos para diminuir a influência da luminosidade e radiação sobre lamina d'água dos mesmos (Figura 2).

Foram realizadas coletas em quatro pontos de amostragem (nas entradas e saídas dos filtros) e posteriormente encaminhadas aos laboratórios para as seguintes análises: DQO, Fósforo Total e Sólidos Suspensos, seguindo metodologias padronizadas pelo "Standard Methods" (APHA *et al.*, 2005), exceto para o parâmetro clorofila "a", que foi determinado segundo Jones (1979), extração por metanol. As análises foram realizadas no Laboratório de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental – LARHISA da Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN.

Para Oxigênio dissolvido e pH foram utilizados medidores de campo, cuja a medição foi realizada *in loco*, o oxímetro utilizado foi da marca HANNA e modelo HI-9146, e o pHmetro da marca SANIXIN e modelo SX751.

Ressalta-se que as condições operacionais dos filtros eram péssimas, pois os filtros apresentavam mais de 20 anos, eram enterrados e os mesmos só passaram por manutenção na parte superior para realização desta pesquisa, não tendo conhecimento da sua estrutura na sua profundidade. O material de enchimento nunca foi retirado desde a época da construção, nunca foi limpo, podendo estar colmatado parte do seu meio filtrante e consequentemente diminuindo sua eficiência.

A análise estatística foi verificada se a remoção foi significativa entre as entradas e saídas dos filtros foram através do Teste t, ao nível de 5% de significância. Foi aplicada a correlação de Pearson (r) para conferir a relação entre sólidos suspensos e Clorofila “a”.

Os biofiltros submersos da pesquisa são apresentados na figura 1 e 2:



Figura 1: Biofiltros Submersos na época da construção.



Figura 2 - Biofiltros Submersos em situação operacional no período da pesquisa.

RESULTADOS

Mesmo sob condições operacionais precárias, os filtros apresentaram consideráveis eficiências em nível de pós-tratamento para os parâmetros de matéria orgânica, sólidos suspensos e clorofila “a”, devendo ser atribuído à atuação dos mecanismos de sedimentação, retenção física e assimilação biológica.

Os dados apresentados são referentes ao período de julho de 2012 a dezembro 2012, totalizado 23 coletas. As Tabelas 01 e 02 apresentam os resultados referentes à Entrada e à Saída dos filtros, levando em consideração os dois afluentes (efluentes das lagoas) sendo um proveniente da lagoa facultativa e o outro da lagoa de maturação.

Tabela 1: Dados do filtro alimentado com o efluente da Lagoa Facultativa.

PARÂMETROS	Entrada no Filtro		Saída do filtro		Eficiência
	Média	(Mínimo-Máximo)	Média	(Mínimo-Máximo)	
DQO (mg/L)	427	(204,45-772,36)	320	(141,67-690,5)	25%
pH	6,9	(6,72-7,39)	6,8	(6,46-7,39)	-
OD (mg/L)	2,2	(0,86-6,23)	1,1	(0,74-2,88)	-
Fósforo Total (mg/L)	4,79	(1,5-7,3)	4,79	(1,9-8,7)	0%
Sólidos Suspensos (mg/L)	240	(135,3-298,9)	128	(53-255)	37%
Clorofila “a” (µg/L)	2643	(176,5-3978,5)	1474	(486-2630)	44%

Tabela 2: Dados do filtro alimentado com o efluente da Lagoa Maturação.

PARÂMETROS	Entrada no Filtro		Saída do filtro		Eficiência
	Média	(Mínimo-Máximo)	Média	(Mínimo-Máximo)	
DQO (mg/L)	368	(177,96-612,1)	299	(175-500)	19%
pH	7,1	(6,69-7,52)	7,06	(6,67-7,37)	-
OD (mg/L)	2,3	(1,22-6,28)	1,2	(0,86-2,57)	-
Fósforo Total (mg/L)	5,29	(2,86-7,75)	4,93	(2,82-6,67)	7%
Sólidos Suspensos (mg/L)	138	(61-218)	109	(47-193)	20%
Clorofila “a” (µg/L)	1323	(244,69-2313,22)	880	(318,5-1973)	33%

Os valores de pH tenderam a um leve aumento entre os filtros, comparando o filtro da facultativa e o da maturação, mas analisado separadamente ocorreu uma leve queda no pH, concluindo que não há mudança significativa entre as médias ($p < 0,05$).

Para a DQO as remoções médias foram em torno de 25% e 19% para os filtros com efluente da lagoa facultativa e de maturação, respectivamente. Os valores encontrados em ambos os filtros nesta pesquisa foram significativamente menores na sua saída ($p > 0,05$), para o filtro da facultativo $p = 0,025$ e para de maturação $p = 0,02$. ARAÚJO *et. al.* (2005) mediram concentrações menores no efluente final variando de 124 a 134 mg/L e eficiências variando de 31% a 39%. Ressalta-se que o tipo de enchimento utilizado nos filtros da pesquisa de ARAÚJO *et. al.* (2005) foram anéis de plástico corrugado (conduíte) e argilas expandidas com diâmetros médios de 30 e 15 mm, e em condições operacionais com filtros não colmatados.

No oxigênio dissolvido foi observado uma queda de 50% na concentração média no efluente final dos filtros, tendo concentrações finais de 1,12 e 1,13 mg/L, do filtro da facultativo e da maturação, respectivamente. Os níveis de oxigênio dissolvido foram considerados baixos, embora o sistema tenha apresentado elevada biomassa de algas.

Mesmo durante o perfil diário, nas horas de intensa radiação solar o OD não teve grandes variações, fato esse explicado pela pouca radiação e luminosidade dentro do filtro, limitando a produção do oxigênio dissolvido pelas algas, tendo um aumento no consumo por partes das próprias algas e bactérias pertencentes aos biofilmes formados ao redor das britas e bactérias presentes no lodo preso nos interstícios dos filtros. Foram realizados 19 medições para o parâmetro de Oxigênio dissolvido, devido a problema com aparelho de medição. As variações do OD são apresentadas nas figuras 3 e 4:

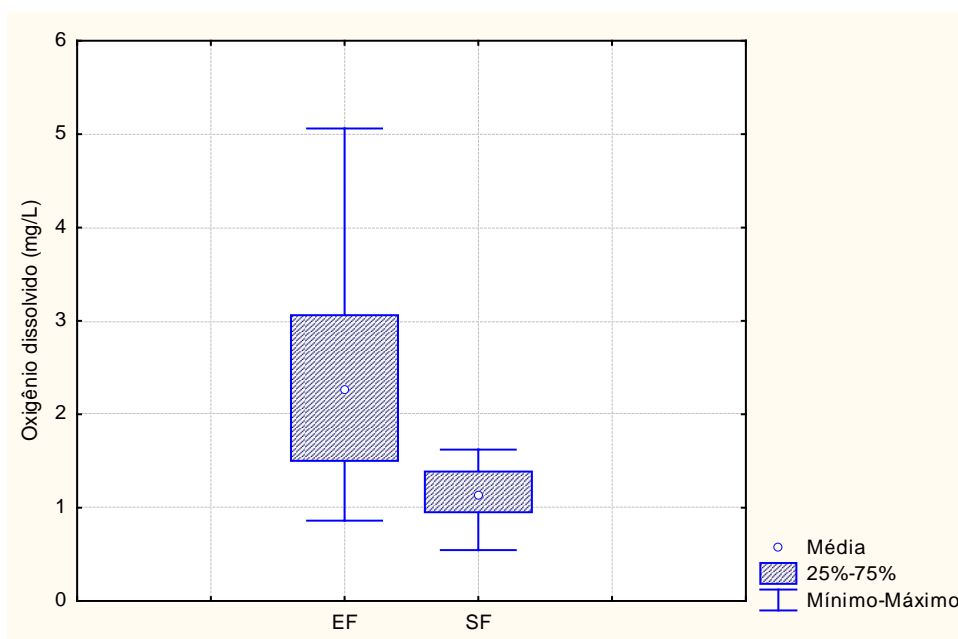


Figura 3: Comportamento do Oxigênio dissolvido (OD) no filtro com Efluente da Lagoa de Facultativa. EF: Entrada do filtro da Facultativa. SF: Saída do filtro da Facultativa

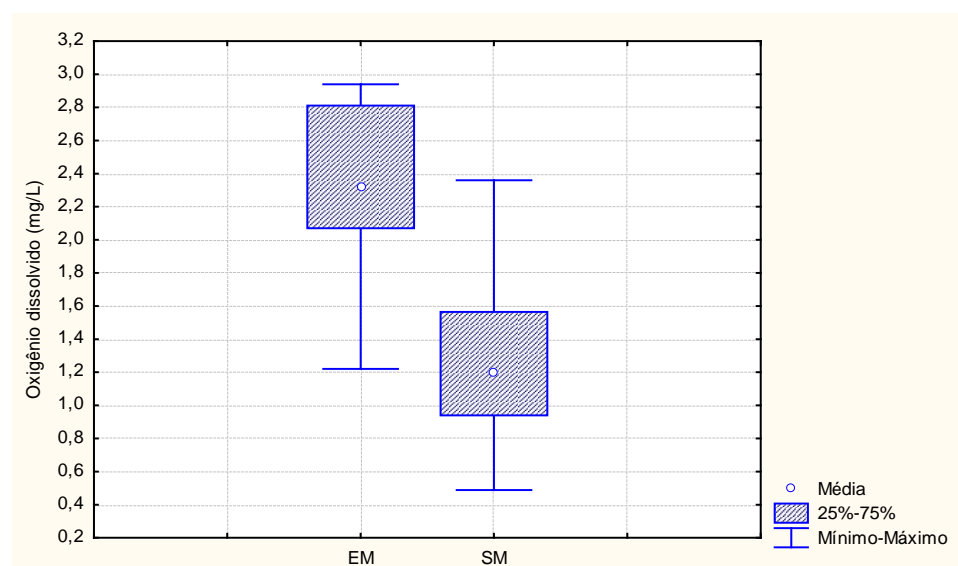


Figura 4: Comportamento do Oxigênio dissolvido (OD) no filtro com Efluente da Lagoa de Maturação. EM: Entrada do filtro da Maturação. SM: Saída do filtro da Maturação

Com relação a fósforo total, no filtro da Lagoa Facultativa a concentração média se manteve igual, tanto para a entrada como na saída, o filtro da Lagoa de Maturação houve um decréscimo na concentração de saída, computando uma remoção de fósforo total de 7%, essa redução na saída do filtro da lagoa de maturação, tais concentrações de entrada e saída não se mostraram significativas, considerando o nível de significância de 5%. NEDER *et al.* (2001) encontraram eficiências em torno de 22%.

Os valores médios de SS nos efluentes dos filtros foram 128 e 109 mg/L no filtro da Facultativa e filtro da maturação, respectivamente, o que gerou um desempenho de 37% (Facultativa) e 20% (Maturação) em relação aos seus efluentes. Estas eficiências foram menores que as observadas por OLIVEIRA *et al.* (1997) conseguiu 90%, enquanto NEDER *et al.* (2001) obteve 95% e ARAÚJO *et al.* (2005) alcançou 44%.

Com relação às concentrações do SS nos efluentes dos filtros, notou-se que as concentrações foram maiores do que as apresentadas nos estudos de OLIVEIRA e GONÇALVES (1999) e LUDUVICE *et al.* (2001), obtiveram 37 e 12,5 mg/L, respectivamente. Vale salientar, no entanto, que estes autores trabalharam com condições operacionais diferentes, como por exemplo: TDH e o controle da concentração afluenta de sólidos suspensos, tornando menores do que a utilizada nesta pesquisa.

As remoções de clorofila “a” ficaram em torno de 44% para o filtro da lagoa facultativa e 33% para o da lagoa de maturação, o valores médios nos efluentes dos filtros foram 1474 µg/L (Facultativa) e 880 µg/L (Maturação). Valores baixos de eficiência, quando comparados aos apresentados por OLIVEIRA *et al.* (1997), que obteve eficiências na ordem de 90%, e ARAÚJO *et al.* (2005), que conseguiu remoções variando de 72% a 82%.

As concentrações de clorofila “a” estiveram muito elevadas tanto no afluenta como no efluente dos filtros, valores desconhecido para a literatura, fato esse explicado devido ao período da pesquisa. Durante os meses de Julho a Dezembro de 2012 em Natal/RN, foi marcado por forte calor e intensa radiação, consequentemente influenciando na atividade fotossintética das algas, aumentando a clorofila “a” nos efluentes.

Através do coeficiente de Pearson buscou-se correlacionar Sólidos Suspensos e Clorofila “a”, observando a relação dos parâmetros nas entradas e nas saídas dos filtros, e concluiu-se que houve uma correlação maior nos efluentes dos filtros do que nos efluentes das lagoas.

Para o filtro da lagoa facultativa o coeficiente de correlação (r) saiu de uma correlação nula $r=0,045$ e baixa significação dos dados, para uma correlação moderada e positiva $r=0,51$ e significativa ($p>0,05$) relação entre os dados na saída (Figuras 5 e 6).

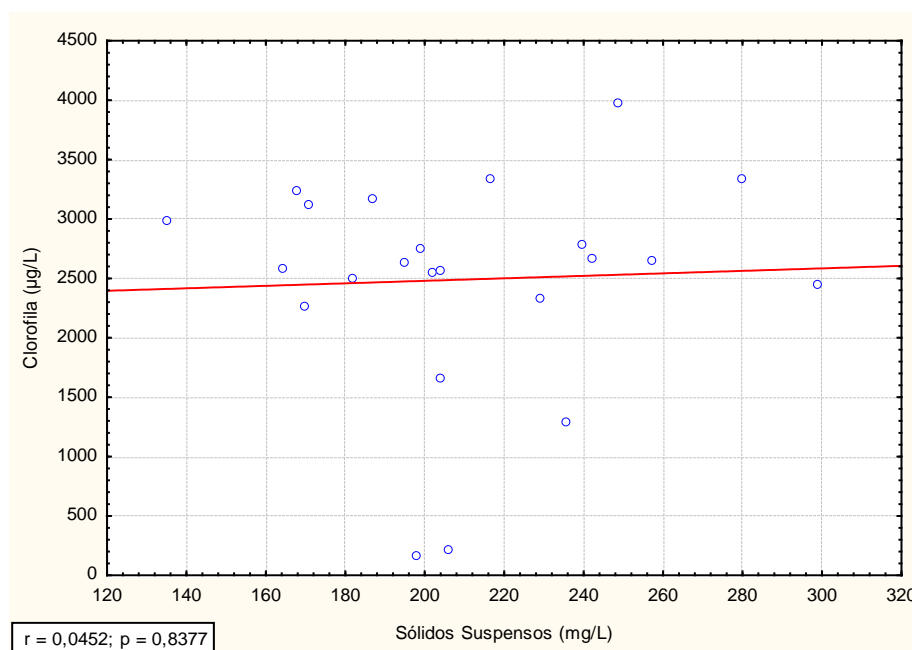


Figura 5: Correlação de Person para Entrada do Filtro da Lagoa Facultativa (SS x Cl "a")

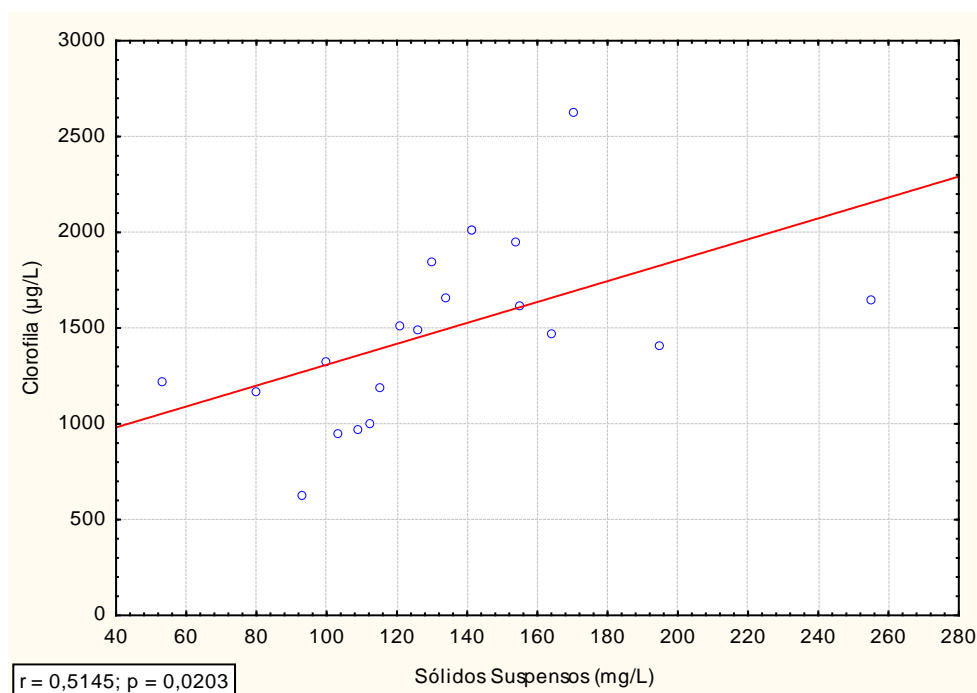


Figura 6: Correlação de Person para Saída do Filtro da Lagoa Facultativa (SS x Cl "a")

No filtro para Lagoa de maturação, também foi observado o aumento da correlação. Na entrada do filtro o coeficiente de Pearson indicava fraca e positiva correlação, $r = 0,32$; na saída do filtro passou para $r = 0,57$; indicando uma correlação moderada e positiva, também indicando significância entre as concentrações de saída entre os parâmetros (Figuras 7 e 8).

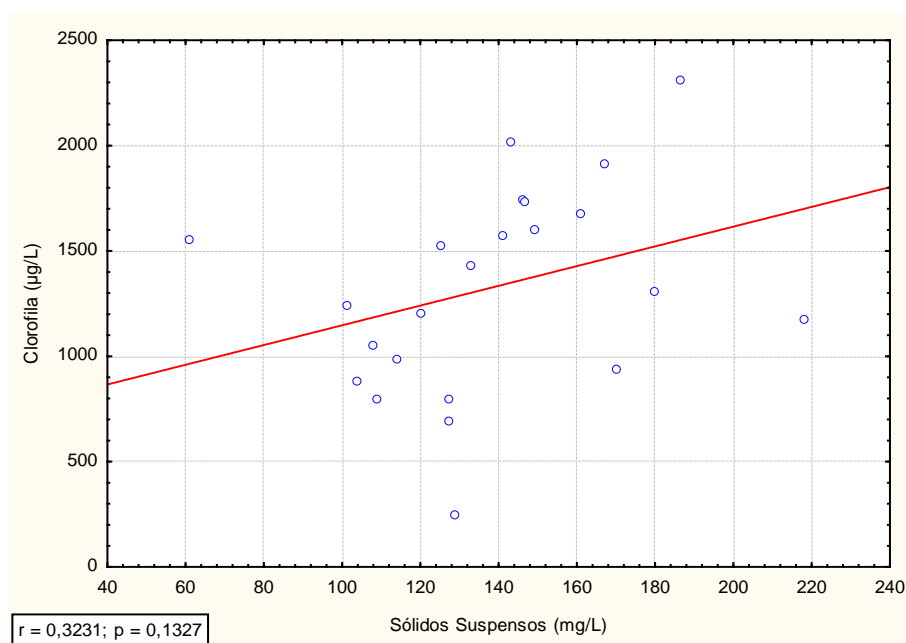


Figura 7: Correlação de Person para a Entrada do Filtro da Lagoa de Maturação (SS x Cl "a")

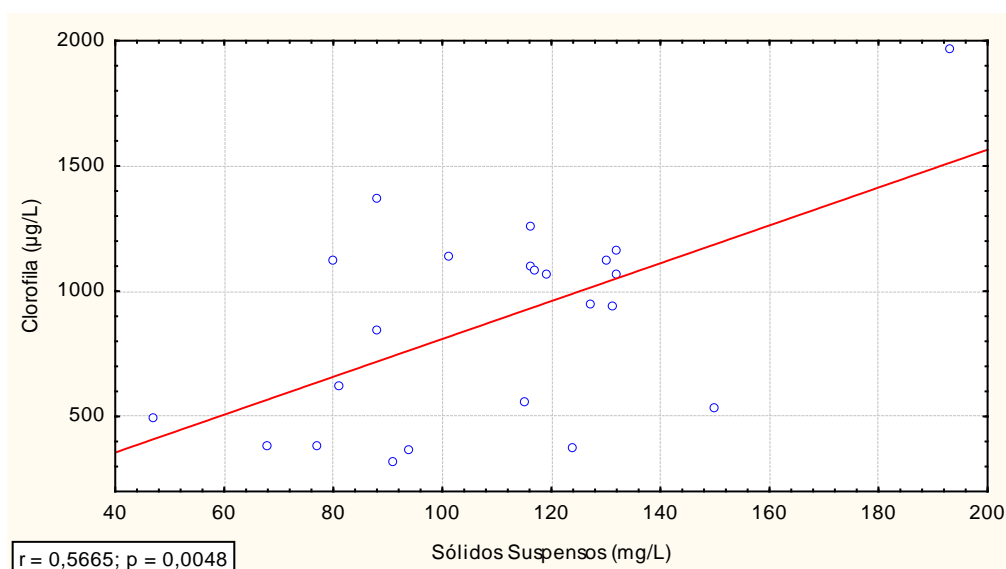


Figura 8: Correlação de Person para a Saída do Filtro da Lagoa de Maturação (SS x Cl "a")

Estes resultados de correlação de SS e Clorofila "a" eram esperados, este fato também foi observado nas pesquisas de ARAÚJO *et al.* (2005) e LUDIVILE *et al.* (2001). Segundo Araújo *et al.* (2005) afirmaram que a redução de sólidos nos filtros estão proporcionalmente relacionadas com a redução dos níveis de clorofila "a", Ludivile *et al.* (2001) confirma que essa relação pode ser aplicada para efluentes de lagoa de estabilização submetidos a pós-tratamento.

CONCLUSÕES

De maneira geral, pode-se afirmar que os objetivos desejados para o trabalho foram alcançados, embora as eficiências para o parâmetros analisados foram baixas com relação a pesquisas similares.

Em resumo:

- Mesmo em condições operacionais precárias, houve remoções significativas dos parâmetros de DQO, SS e clorofila "a" em ambos os filtros;
- Houve correlação maior entre Clorofila "a" e SS nos efluentes dos filtros do que nos efluentes das lagoas, tendo aumento também significância entres os parâmetros nos efluentes dos filtros;
- Para o filtro com efluente da Lagoa facultativa foram removidos em média 25% de DQO, 37% de Sólidos suspensos e 44% de Clorofila "a";
- No filtro da Lagoa de Maturação obtemos remoções de 19% de DQO, 20% de Sólidos Suspenso e Clorofila "a" de 33%;
- Houve um consumo em média de 50% no Oxigênio dissolvido no interior dos filtros;

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA; AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION – AWWA; WATER ENVIRONMENT FEDERATION – WEF. Standard for the Examination of Water and Wastewater. 21 ed. Hardcover, 2005.
2. ARAÚJO, G. A. *et al.*. Avaliação da Utilização de Filtros Anaeróbios Simplificados, na Remoção de Algas dos Efluentes de Lagoas de Estabilização. XXIII Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2005. Anais. Campo Grande MS. 2005.
3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 248: Composição Granulométrica dos Agregados. Rio de Janeiro, 2003. 6p.

4. JONES, J.G. A guide to methods for estimating microbial numbers and biomass in fresh water. Ambleside: Freshwater Biological Association - Scientific Publication. v.39, 1979.
5. LUDUVICE, M. L. *et al.*. Sólidos Suspensos como Indicador da Densidade de Algas em Lagoas de Estabilização. XXI Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2001. Anais. João Pessoa PB. 2001.
6. NEDER, K. D. *et al.*. Seleção de Processos Naturais de Tratamento, quando Empregados para Remoção de Sólidos Suspensos de Efluentes de Lagoas de Estabilização, Utilizando Métodos Multicritério. XXI Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2001. Anais. João Pessoa PB. 2001.
7. OLIVEIRA, R. *et al.*. Uso de Filtros Biológicos Anaeróbios no Tratamento do Efluente de uma Lagoa de Maturação Primária. XV Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 1997. Anais. Foz do Iguaçu PR. 1997.
8. OLIVEIRA, F. F., GONÇALVES, R. F. Principais Tecnologias Empregadas no Polimento do Efluente de Lagoas de Estabilização. XX Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 1999. Anais. Rio de Janeiro RJ. 1999.