

## REMOÇÃO DE ALGAS DE LAGOAS DE ALTA TAXA POR FILTRAÇÃO BIOLÓGICA PARA PÓS-TRATAMENTO DE REATORES ANAERÓBIOS

**Luiz Olinto Monteggia e Luis Carlos Zancan Filho**

*Instituto de Pesquisas Hidráulicas / UFRGS - Av. Bento Gonçalves, 9500 – Caixa Postal 15029 – Porto Alegre – RS – CEP: 91501 – 970 – Brasil – tel: (0 XX 51) 33166660 – Fax: (0XX51)33191157 – e-mail: montegia @ iph.ufrgs.br*

### RESUMO

Este trabalho reporta os resultados iniciais do desempenho de sistema de filtro biológico aplicado a remoção de algas provenientes do pós - tratamento de efluente de reatores anaeróbios em lagoa de alta taxa de produção de algas. Foram instalados três filtros biológicos operados em paralelo e submetidos a uma mesma carga orgânica superficial, analisando-se a influência da altura do leito de percolação sobre o desempenho do processo. Foi investigado, também nesta fase inicial, o efeito da DQO e dos nutrientes sobre a remoção de algas, que receberam como alimentação uma mistura de efluente da lagoa de alta taxa com esgoto bruto numa proporção em vazão de 3,5 : 1. Nesta fase de partida observou-se que a eficiência de remoção de algas, baseada no parâmetro clorofila-a, foi influenciada pela altura do leito de percolação, concentração da DQO total aplicada às colunas e possivelmente, pela concentração de NTK e ortofosfato afluente. Entretanto, a grande variabilidade dos resultados indicam a necessidade de aperfeiçoamentos na metodologia empregada e necessidade da continuidade dos estudos para melhor entendimento do processo.

### PALAVRAS CHAVE

Filtros biológicos; lagoas de alta taxa de produção de algas; processo PETRO, remoção de algas.

### INTRODUÇÃO

O uso de lagoa de alta taxa de produção de algas como forma de pós-tratamento do efluente do reator UASB se justifica, principalmente, por proporcionar eficiência de desinfecção elevada em lagoas operadas com tempo de detenção hidráulico reduzido, comparativamente a lagoas convencionais de tratamento. Outra característica importante destas lagoas para o pós – tratamento de um efluente de reator anaeróbio refere-se a possibilidade da nitrificação do efluente. Contudo a grande desvantagem deste sistema reside no fato de uma grande biomassa de algas fitoplanctônicas se desenvolver no efluente durante o tempo de detenção na lagoa. MASSERET *et al.* (2000) constataram que efluentes de lagoas de estabilização causam significantes mudanças na estrutura fitoplanctônica de um corpo hídrico receptor devido a liberação de grande biomassa de algas.

Optou-se aqui, pelo estudo do processo de filtração biológica para a remoção desta biomassa de algas do efluente final, baseado nos resultados obtidos por Meiring *et al.* (1997), o qual apresenta

como característica fundamental a adição suplementar de matéria orgânica ao efluente contendo algas no ponto de alimentação ao filtro biológico, sendo designado processo Petro.

Neste processo, as algas sofrem ação de rotíferos predadores e atividade heterotrófica de bactérias e fungos. No processo há ainda a conversão de orgânicos dissolvidos em exopolissacarídeos que atuarão como agentes flocculantes naturais propiciando um clarificado de melhor qualidade.

Este estudo tem por finalidade verificar a influência da altura do filtros biológicos na remoção de algas (clorofila-a) quando submetidos a uma mesma carga orgânica superficial. Objetiva-se também, analisar a resposta da remoção de clorofila-a quanto a dosagem de matéria orgânica (DQO) e concentração de nutrientes aplicados.

## METODOLOGIA

O experimento em escala piloto de pós – tratamento de efluentes anaeróbios foi executado na ETE Vila Esmeralda operada pelo Departamento Municipal de Águas e Esgoto (DMAE / PMPA) da Prefeitura Municipal de Porto Alegre.

Neste estudo o efluente do reator UASB sofreu um pós - tratamento em uma lagoa de alta taxa de produção de algas operada com tempo de retenção hidráulico de 7,5 dias. Esta lagoa foi alimentada com uma vazão de 2,8 L/minuto. O volume útil foi de 30,46 m<sup>3</sup> e a profundidade útil foi de 0,7 metros. A velocidade de mistura empregada foi de 0,1m/s e a taxa de aplicação volumétrica do efluente na lagoa foi de 0,093m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.dia. A lagoa de alta taxa de produção de algas utilizada é apresentada na Figura 1.



Figura 1 – Lagoa de alta taxa de produção de algas na ETE Vila Esmeralda (DMAE/PMPA)

No período de 31/05/2001 à 02/08/2001, o efluente da lagoa de alta taxa sofreu uma dosagem de esgoto bruto e foi tratado em três filtros biológicos, designados C1, C2 e C3, com diâmetro de 250mm e altura útil de 0,88m, 1,76m e 2,65m, respectivamente.

O esgoto bruto foi dosado em cada filtro a uma vazão de 217,44 l/dia por bombas peristálticas Masterflex. O efluente da lagoa de alta taxa foi encaminhado as colunas de percolação mediante três bombas Netzsch modelo NMP-08 ajustadas na vazão de 763,2 l/dia para cada coluna de filtração. A vazão total afluyente a cada coluna de percolação foi de 980,64 l/dia (efluente da lagoa + esgoto bruto). Foram testadas desta forma, cargas orgânicas volumétricas de 2,33 kg DQO/m<sup>3</sup>.dia no filtro C1, 1,16 kg DQO/m<sup>3</sup>.dia no filtro C2 e 0,77 kg DQO/m<sup>3</sup>.dia no filtro C3. A carga orgânica superficial aplicada em cada coluna foi de 2,06 kg DQO/m<sup>2</sup>.dia. A taxa de aplicação volumétrica de alimentação em cada coluna resultou em 19,97 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.dia.

A Figura 2 apresenta a configuração dos filtros biológicos C1, C2 e C3 instalados na ETE Vila Esmeralda, localizada na zona leste de Porto Alegre.



Figura 2 – Filtros biológicos C1(esquerda),C2 (meio) e C3 (direita)

As amostragens ocorreram com uma frequência de duas vezes por semana, sendo tomadas amostras do esgoto bruto, do efluente do reator UASB (afluente da lagoa), efluente da lagoa e saídas dos filtros biológicos C1, C2 e C3. Para a análise dos parâmetros nos filtros biológicos, as amostras foram tomadas entre a saída dos filtros biológicos e os decantadores. Todas as análises foram realizadas em conformidade com o Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20<sup>th</sup> ed. (AWWA/APHA/WEF, 1998).

Durante cada campanha de amostragem eram verificados ainda a temperatura da lagoa, temperatura do ar, profundidade secchi, altura útil da lagoa e todas as vazões do sistema. Os parâmetros analisados no efluente do UASB e da lagoa foram: pH, alcalinidade, ST, STV, STF, SST, SSV, SSF, Turbidez, DQO, DQO filtrada, DBO total, DBO filtrada, coliformes totais, coliformes fecais, NTK, N-NH<sub>3</sub>, N-NO<sub>2</sub>, N-NO<sub>3</sub>, fósforo total, ortofosfato, clorofila-a, feofitina, sulfetos e sulfatos.

No esgoto, os parâmetros analisados foram: DQO, ortofosfato, NTK, N-NH<sub>3</sub>, N-NO<sub>3</sub>, SST, coliformes totais e fecais. No efluente dos filtros foram monitorados: pH, alcalinidade, ST, STV, STF, SST, SSV, SSF, Turbidez, DQO total, DQO filtrada, NTK, N-NH<sub>3</sub>, N-NO<sub>2</sub>, N-NO<sub>3</sub>, fósforo total, ortofosfato, clorofila-a, feofitina e sulfato. As características dos efluentes do reator UASB, da lagoa de alta taxa e do esgoto bruto são mostrados na Tabela 1.

Tabela 1 – Característica do efluente do reator UASB, lagoa de alta taxa e esgoto bruto

Parâmetros	Afluente Lagoa	Efluente Lagoa	Esgoto Bruto
pH	6,99	7,17	
Alcalinidade (mg)	181,21	73,14	
SST (mg/L)	27,90	70,18	103.41
SSF (mg/L)	14,20	44,77	
SSV (mg/L)	13,70	25,40	
ST (mg/L)	289,89	754,58	
STF (mg/L)	172,95	601,74	
STV (mg/L)	116,95	152,84	
Turbidez (NTU)	42,18	14,34	
DQO (mg/L)	95,12	81,50	173,24
DQOfilt (mg/L)	60,55	36,05	
DBO (mg/L)	50,83	44,72	
DBOfilt. (mg/L)	32,88	14,67	
Coli Fecal (NMP/100mL)	9,50E+05	2,31E+05	4,01E+06
Coli Total (NMP/100mL)	3,81E+06	7,93E+05	5,19E+07
NTK (mg N/L)	21,96	11,28	29.28
NH3 (mg N/L)	16,09	4,42	11.53
NO2 (mg N/L)	ND	2,89	
NO3 (mg N/L)	0,08	4,06	1.68
Fósforo total (mg P/L)	1,94	1,44	
Ortofosfato (mg P/L)	1,91	1,27	2,37
Feoftina (µg/L)	43,61	686,82	
Clorofila-a (µg/L)	0,83	41,51	
Sulfetos (mg/L)	11,21	17,61	
Sulfatos (mg/L)	17,61	36,51	

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resumo das características do efluente das unidades de filtros biológicos alimentados por uma mistura do esgoto bruto com um efluente de lagoa de alta taxa de produção de algas é mostrado na Tabela 2.

Tabela 2 – Características do efluente das unidades de filtros biológicos

Parâmetros	C1	C2	C3
pH	7,47	7,46	7,56
Alcalinidade	84,14	71,16	67,47
SSV (mg/L)	34,60	33,40	31,44
STV (mg/L)	158,50	205,89	160,83
Turbidez (NTU)	14,16	13,03	12,97
DQO (mg/L)	74,63	82,47	78,18
DQOfilt (mg/L)	32,96	42,39	28,88
NTK (mg N/L)	11,57	10,57	9,71
N - NH3 (mg N/L)	4,74	4,29	4,33
N - NO2 (mg N/L)	3,43	3,16	3,34
N - NO3 (mg N/L)	2,10	2,45	3,33
Fósforo total (mg P/L)	1,33	1,46	1,45
Ortofosfato (mg P/L)	1,16	1,07	0,99
Sulfatos (mg/L)	45,19	44,88	46,42

## Remoção de Algas

Neste estudo preliminar, as remoções de Clorofila-a não foram satisfatórias. Observou-se médias de remoções de Clorofila-a de -9,19 % ( $\sigma = \pm 40,91$  %), -3,67 % ( $\sigma = \pm 27,65$  %) e 13,77 % ( $\sigma = \pm 35,63$  %), nas colunas de filtração biológica 1, 2 e 3, respectivamente. Desta forma observa-se na Tabela 3 que em todos os períodos, as maiores remoções ocorreram no filtro biológico número 3 de 2,65m de altura. Um aumento distinto na remoção de algas em três filtros biológicos sujeitos a mesma carga orgânica superficial e de mesma área superficial sugere que além do maior volume e de área superficial para o desenvolvimento de biofilmes em filtros mais altos, o efeito da luz na multiplicação de algas perífíticas no topo das colunas é abrandado. Este efeito da luz influenciando no processo PETRO é comentado por MEIRING & OELLERMANN (1995).

Tabela 3 – Remoções de Clorofila-a nos filtros biológicos C1, C2 e C3

	Períodos (cada período corresponde a 9 dias)					
Remoções	1º.período	2º.período	3º.período	4º. período	5º.período	6º.período
F.B. C1(%)	-55,84	-33,62	19,11	0,43	1,47	-17,39
F.B. C2(%)	-8,07	-32,15	23,54	-0,20	2,82	-15,93
F.B. C3(%)	12,22	-14,72	55,16	7,79	25,29	-10,84

Numa análise conjunta destas médias com os dados do gráfico da Figura 3, onde são apresentadas as remoções de Clorofila-a em percentuais, as concentrações de sólidos totais na alimentação e no efluente dos filtros biológicos, verifica-se que a produção de biomassa algal corresponde a acréscimos na concentração de sólidos suspensos no efluente, notadamente entre o 3º. e 5º. período.

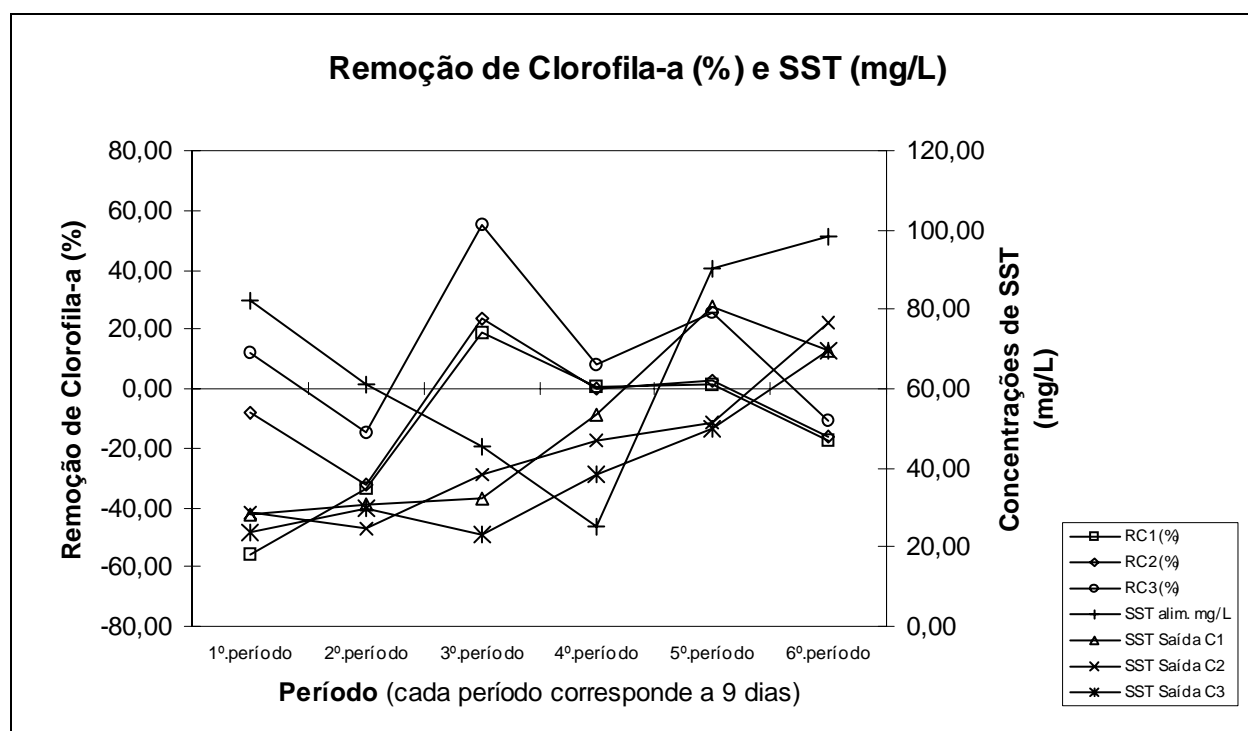


Figura 3 – Gráfico de remoção de Clorofila-a (%) e Concentração de Sólidos Suspensos Totais na alimentação e efluente dos Filtros Biológicos

As remoções de Clorofila-a nos filtros biológicos foram altamente sensíveis as concentrações de DQO, sendo que estas remoções decaíram quando as concentrações de DQO se elevaram acima de 100 mg/L conforme mostra o gráfico da Figura 4.

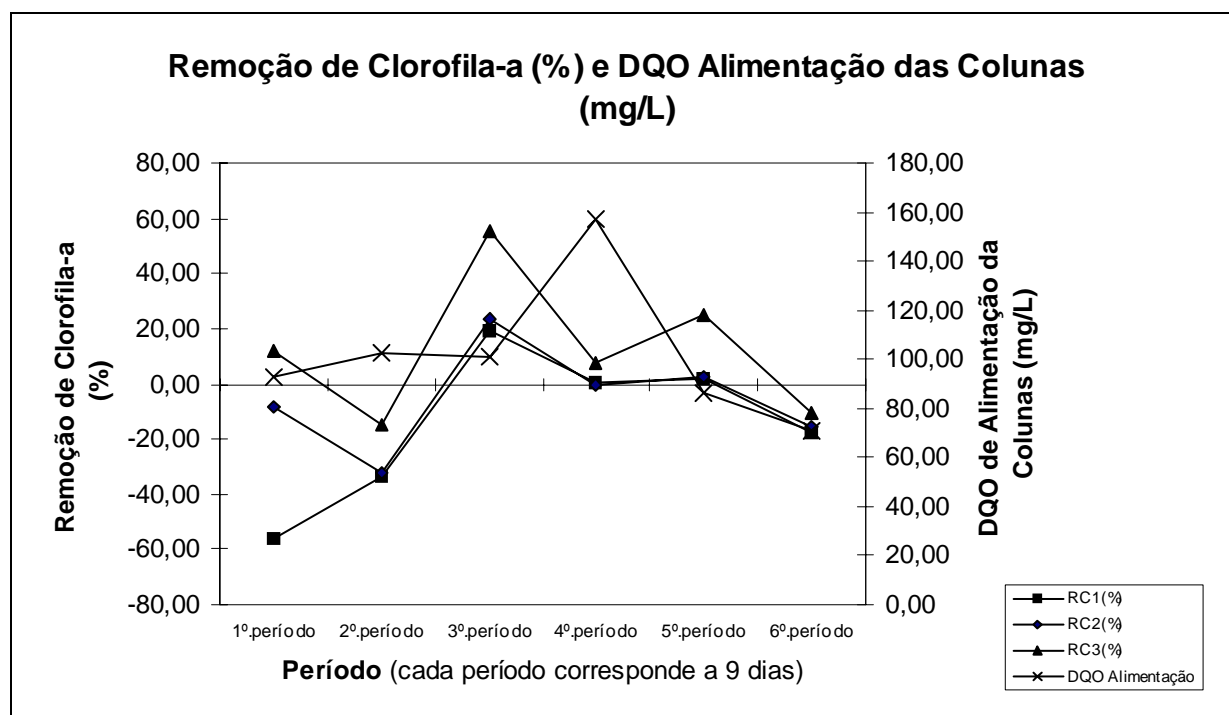


Figura 4 –Gráfico de Remoção de Clorofila-a (%) e Concentração de DQO na alimentação dos filtros biológicos

MEIRING & OELLERMANN (1995) reportam que na estação de tratamento da cidade de Elliot, África do Sul, foram realizadas umas das primeiras tentativas com a utilização de filtros biológicos para remoção de algas de efluentes de sistemas de lagoas, mas não obtiveram êxito. Nestes testes, a DQO afluyente dos filtros era de 190 mg/L e os sólidos suspensos totais eram de 102 mg/L. Neste mesmo artigo MEIRING & OELLERMANN (1995) comentam que em experimentos em Kanyamazane (agosto de 1992) utilizando uma DQO afluyente aos filtros biológicos de 103 mg/L e SST de 45 mg/L foi possível atingir remoções na ordem de 90%.

MEIRING *et al.* (1997), reportaram que experimentos posteriores realizados na cidade de Elliot, utilizando concentrações de DQO no afluyente aos filtros biológicos da ordem de 176 mg/L obtiveram remoções de Clorofila-a na ordem de 97%. Os mesmos autores concluíram que há pouca diferença de performance de remoção de algas no processo PETRO a partir da carga orgânica aplicada. MEIRING *et al.* (1997) testaram concentrações de 133 e 45 mg/L em Kanyamazane e constataram remoções de sólidos suspensos voláteis de 89% e 69%, respectivamente. SHIPIN *et al.* (1999) partindo da relação descrita em MEIRING & OELLERMANN (1995), de que 100µg de Clorofila -  $\alpha$  equivale a 5,6 mg/L de DQO, testaram relações entre a DQO relativa a biomassa algal e a DQO total. Neste experimento observaram que, para uma DQO algal de  $370 \pm 25$  mg/L e uma DQO total de  $440 \pm 30$  mg/L, a remoção de microalgas no biofilme do meio de suporte do filtro biológico foi de 100% após 9 semanas. Sob estas condições, SHIPIN *et al.* (1999) constataram que o processo PETRO parece estar baseado na atividade de micropredadores (protozoários e rotíferos), atividade heterotrófica de microalgas e bactérias e na conversão de orgânicos dissolvidos em exopolissacarídeos.

Em relação aos valores de Clorofila-a ( $41,51 \mu\text{g/L}$ ) produzidos no efluente da lagoa em estudo, verificamos que este valor está muito abaixo das concentrações observadas por MEIRING & OELLERMANN (1995), os quais obtiveram eficiência na ordem de 90% de remoção em experimentos onde a concentração inicial de clorofila-a foi de  $859 \mu\text{g/L}$ . Por outro lado, os mesmos pesquisadores obtiveram apenas 21,5% de remoção em experimentos onde a clorofila-a oscilou na faixa de  $155 \mu\text{g/L}$ . MEIRING *et al.* (1997) comentam que a biomassa total de

biofilme produzido num filtro biológico no processo PETRO parece estar intimamente relacionada a biomassa de algas alimentada, bem como a eficiência na remoção de algas é diretamente dependente da biomassa presente neste mesmo filtro.

A remoção de Clorofila-a pode estar relacionada ao NTK e ortofosfato da alimentação das colunas conforme mostrado nas Figuras 5 e 6. Verifica-se que a partir do 3º período operacional a remoção de Clorofila-a apresentou tendência de queda para valores decrescentes de NTK, porém, a concentração de ortofosfato elevou-se, sugerindo que o seu aumento contribuiu para o crescimento de algas nas colunas, influenciando no desempenho global do processo.

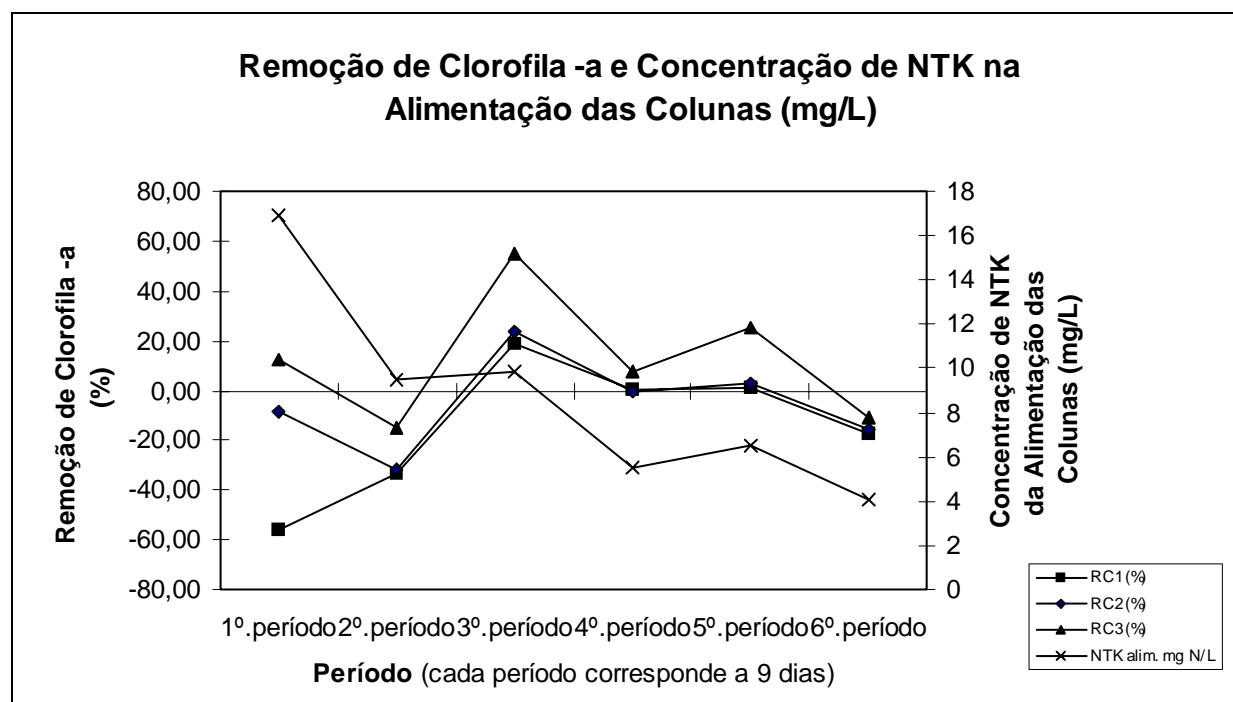


Figura 5 – Gráfico de Remoção de Clorofila-a (%) em relação ao NTK afluente

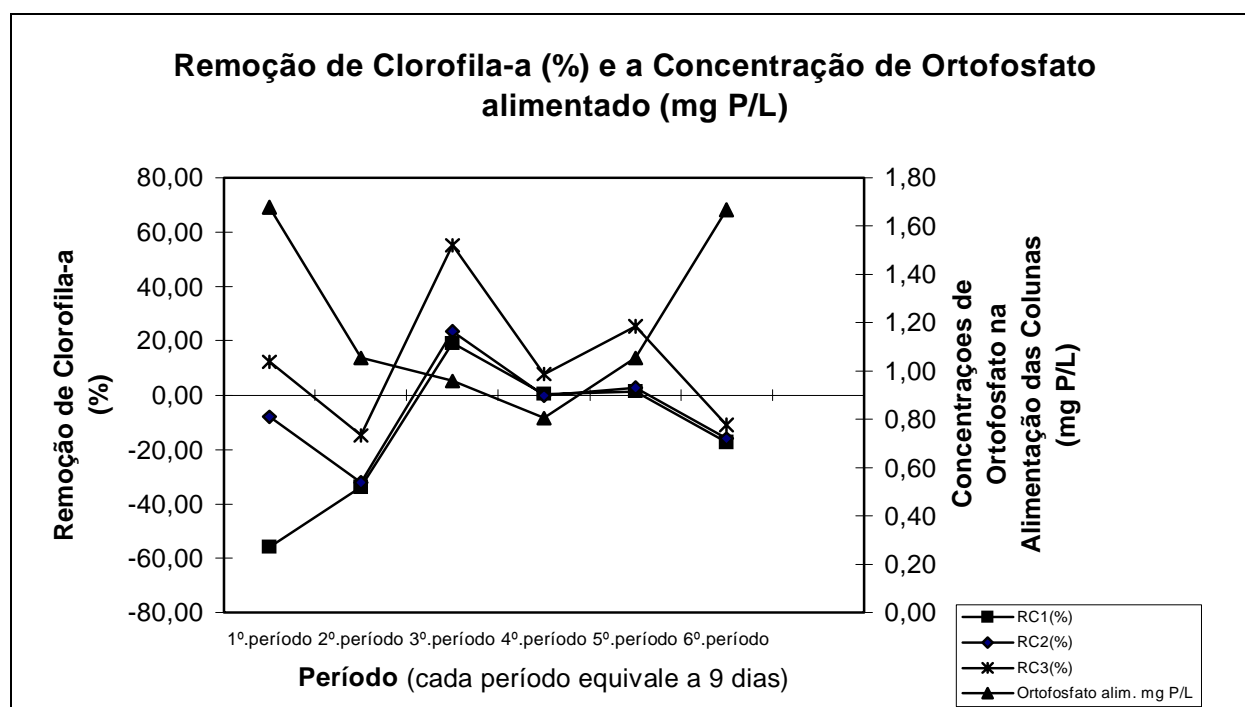


Figura 6 – Gráfico de Remoção de Clorofila-α (%) em relação ao ortofosfato afluente

## CONCLUSÕES

A remoção de algas por processos biológicos baseados em biofilmes aeróbios, como no caso do processo Petro, pode consistir em modalidade bastante atrativa pelo seu baixo custo operacional, pois não requer consumo de energia e dispensa a dosagem de produtos químicos.

Os resultados obtidos no presente estudo, apesar do reduzido tempo de operação do sistema, ou seja, oito semanas, indicam que a eficiência de remoção de algas é diretamente influenciada pelo aumento da altura útil do leito de percolação, pela redução do risco de multiplicação destes organismos nas camadas mais profundas do material suporte.

A concentração de nutrientes resultante da mistura do efluente da lagoa com esgoto bruto parece influenciar o desempenho global do processo, tanto na formação de um biofilme estável de organismos predadores de algas, tais como bactérias e rotíferos, bem como pela eventual multiplicação de algas nas camadas superiores do leito suporte, devido a incidência da luz solar.

Os resultados obtidos até o momento, apesar de apresentarem eficiências reduzidas, indicam a necessidade de estudos mais detalhados quanto aos possíveis efeitos da concentração inicial de algas, necessidade de dosagem de matéria orgânica carbonácea, nutrientes e em especial quanto a sua influência na formação do biofilme e tipos organismos atuantes no processo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AWWA/APHA/WEF. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 20<sup>th</sup> edition, 1998, Washington.
- MASSARET E., AMBLARD C., BOURDIER G. AND SARGOS D. Effects of a waste stabilization lagoon discharge on bacterial and phytoplanktonic communities of a stream. *Water Environmental Research* , **72** (3) , 285 – 294, 2000.
- MEIRING P. G. J . PETRO process. *South African patent N°.92/9644*, 1993
- MEIRING P. G. J. AND OELLERMANN R. A . Biological removal of algae in an integrated pond system . *WaterScience Technology*, **31** (12), 21 – 31, 1995.
- MEIRING P. G. J., ROSE P. D. AND SHIPIN O. V. *Final report to the SA Water Research Commission on the project K5/491/0/1: Removal of algal biomass and final treatment of oxidation pond effluents by the PETRO Process*. Pretória, 1997.
- SHIPIN O.V., ROSE P.D. AND MEIRING P.G. J. Microbial processes underlying the PETRO concept (trickling filter variant). *Water Research*, **33** (7), 1645 – 1651, 1999.