

Fernando José Araujo
da Silva

Engenheiro Civil pela
Universidade de Fortaleza
- UNIFOR, Mestre em
Engenharia Civil, área de
Engenharia Sanitária e
Ambiental pela
Universidade Federal da
Paraíba, Professor
Assistente da
Coordenação de
Engenharia Civil da
UNIFOR

Avelardo Urano de
Carvalho Ferreira

Técnico em Química
Industrial pelo CEFET-CE
e aluno do Curso de
Química Industrial da
Universidade Federal do
Ceará - UFC

Virgílio Cesar Aires de
Freitas

Engenheiro Civil pela
Universidade Federal do
Ceará - UFC, Mestre em
Engenharia Civil, área de
Recursos Hídricos pela
UFC, Professor Assistente
da Coordenação de
Engenharia Civil da
UNIFOR

COMPARAÇÃO ENTRE AMOSTRAS BRUTAS E FILTRADAS PARA AVALIAÇÃO DO CONTEÚDO ORGÂNICO DE EFLUENTES DE LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO

RESUMO

A influência da biomassa de algas sobre a DBO foi investigada em três lagoas de estabilização. Os resultados mostraram que a DBO filtrada é o parâmetro mais adequado para avaliar a performance de lagoas na remoção de matéria orgânica. O material particulado representou cerca de 55% dos valores de DBO e DQO em amostras não filtradas. As taxas de remoção de DBO foram maiores nas amostras não filtradas. Por outro lado, durante as primeiras 24 horas de ensaio a DBO exercida nas amostras filtradas foi pelo menos 18% maior que nas amostras brutas não filtradas. Isto sugeriu que o atraso na degradação do efluente foi devido à presença de algas. Também, a matéria orgânica residual nos efluentes das lagoas foi consideravelmente elevado (pelo menos 40%).

ABSTRACT

The influence of algal biomass on BOD was investigated in three waste stabilisation ponds. Findings showed that filtered BOD is a more appropriate parameter to evaluate pond performance in the removal of organic material. Particulate material accounted for about 55% of unfiltered BOD and COD. BOD removal rates were higher in unfiltered than in filtered samples. On the other hand, during the first 24 hours exerted BOD of filtered samples was at least 18% greater than in unfiltered samples. This suggested that the delay in the degradation of pond effluent was due to algae presence. Also, residual material in pond effluents was considerably high (at least 40%).

INTRODUÇÃO

Em lagoas de estabilização a remoção de sólidos em suspensão presente em esgotos domésticos, é apenas razoável (entre 50 e 80%) (Arthur, 1983; Oswald, 1995). A biomassa algal, como sólidos suspensos, representa cerca de 70 a 90% da demanda bioquímica de oxigênio do efluente (Mara e Pearson, 1986; Bucksteeg, 1987). As algas presentes no efluente podem causar depleção de oxigênio nos corpos d'água, afetando a biota do meio aquático.

Os sólidos suspensos contidos em efluentes de lagoas de estabilização são diferentes daqueles presentes em efluentes de lodos ativados, filtros biológicos e digestores anaeróbios (Cosser, 1982). Comparativamente, dois aspectos principais podem ser considerados:

1 - As algas são produtores primários, servem às populações superiores da cadeia trófica (consumo por peixes) e compensam parte da demanda de oxigênio exercida no corpo hídrico através da atividade fotossintética;

2 - Os sólidos provenientes de outros tipos de tratamento são de maior putrescibilidade, e causam uma demanda imediata de oxigênio maior.

Na Europa, o limite de sólidos suspensos para efluentes de lagoas de estabilização é de até 150 mg/L. Nos Estados Unidos o valor médio máximo está em torno de 80 mg/L (EEC, 1991; Middlebrooks et al., 1982). Nos dois casos os valores são bem maiores que os requeridos para outros sistemas de tratamento, 35 e 30 mg/L, na Europa e EUA, respectivamente.

Na comunidade européia o conteúdo orgânico de efluentes de lagoas deve ser determinado em amostras filtradas. Os limites para as demandas bioquímica e química de oxigênio (DBO e DQO) não devem exceder a 25 e 125 mg/L, respectivamente. Tal abordagem ainda não é considerada no Brasil.

1. MATÉRIA ORGÂNICA EM ÁGUAS RESIDUÁRIAS

O tratamento de águas residuárias tem como objetivo primário a remoção de matéria orgânica, sendo expresso como sólidos (totais e suspensos), e através das demandas de

oxigênio. As últimas correspondem à quantidade de O₂ necessário para oxidação da matéria orgânica a CO₂ (Masters, 1991). A DBO e DQO são os ensaios mais empregados para expressar o conteúdo orgânico de águas residuárias (APHA, 1992).

No ensaio de DBO o coeficiente de decaimento de matéria orgânica (k) segue cinética de remoção de primeira ordem (Masters, 1991; Sawyer et al., 1994), conforme expresso a seguir:

$$\ln(DBO/DBOu) = -kt \quad (\text{Equação 1})$$

A notação "u" corresponde à concentração máxima da demanda a ser exercida (DBO carbonácea ou DBO última) na oxidação da matéria orgânica, k é a constante de reação, e t o tempo de análise para a DBO a ser determinada neste intervalo. O valor da DBO última pode ser estimada analiticamente a partir da DBO de 5 dias conforme:

$$DBOu = DBO_{(5 \text{ dias})} / (1 - e^{-kt}) \quad (\text{Equação 2})$$

Os valores de k também variam com a temperatura e de acordo com as características dos materiais que compõem a água residuária (Sawyer et al., 1994). Na DQO, o ensaio padrão é feito a 150° C, para completa oxidação da matéria orgânica, enquanto que na determinação da DBO a oxidação é parcial, à temperatura de 20° C. A acuracidade e a precisão da DQO são bem maiores, com erro médio em torno de 7%. A DBO está mais sujeita a interferências no procedimento, sendo o erro médio de cerca de 14% sob condições ótimas (APHA, 1992).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os efluentes de um sistema de lagoas de estabilização em série, composto por uma lagoa facultativa primária e duas de maturação, localizadas em Fortaleza (3° 43' S; 38° 32' O), foram analisados para a determinação de matéria orgânica (DBO e DQO de amostras brutas e filtradas), pH e clorofila a. Os procedimentos analíticos seguiram as recomendações contidas em APHA (1992),

exceto a clorofila *a*, que foi analisada conforme Jones (1979).

As amostras de DBO foram encubadas em ambiente escuro a 20 e 30° C, com leituras ao longo do dia, num intervalo total de 120 horas. A DBO feita a 20° C correspondeu à realizada no teste padrão. No ensaio a 30° C, buscou-se a temperatura ambiente mais próxima das condições climáticas da região (± 27 C°).

Foram coletadas e analisadas 16 (dezesesseis) amostras de cada lagoa. As análises

foram realizadas nos laboratórios da Superintendência Estadual do Meio Ambiente - SEMACE.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 mostra os resultados dos parâmetros analisados. A remoção total (Facultativa - Maturação 2) de DBO e DQO foi maior em relação às amostras filtradas do que nas brutas (i.e. amostra bruta afluyente *versus* amostra filtrada efluente).

Parâmetro	Lagoas		
	Facultativa	Maturação 1	Maturação 2
pH (unidades)	7,60	7,61	8,27
DBO bruta, 5 dias a 20°C (mg/L)	221	136	103
DBO filtrada, 5 dias a 20°C (mg/L)	97	56	41
DBO bruta, 5 dias a 30°C (mg/L)	246	152	117
DBO filtrada, 5 dias a 30°C (mg/L)	128	60	52
DQO bruta (mg/L)	492	395	347
DQO filtrada (mg/L)	256	146	132
Clorofila <i>a</i> (mg/L)	1320	1104	572

Tabela 1. Resultados médios dos parâmetros analisados

Os coeficientes de remoção de DBO foram maiores nas amostras brutas (Tabela 2), devido ao maior conteúdo orgânico (biomassa algal). Nas lagoas facultativa e de maturação 1, os valores de *k* para DBO a 30° C foram bastante semelhantes. Porém, na lagoa de maturação 2, o coeficiente de remoção foi quase o dobro. Uma explicação para este fato é que a

presença de clorofila *a* na lagoa de maturação 2 foi a metade da verificada nas outras lagoas. Nos ensaios de DBO feitos a 20° C isto não foi notado, mas pode-se sugerir que caso o ensaio fosse estendido além de 5 dias o valor médio de *k* na lagoa de maturação 2 seria, possivelmente, maior que o das lagoas anteriores da série.

Coeficiente de remoção	Lagoa		
	Facultativa	Maturação 1	Maturação 2
<i>k</i> (hora ⁻¹) - DBO bruta a 20°C	0,0288	0,0287	0,0208
<i>K</i> (hora ⁻¹) - DBO filtrada a 20°C	0,0151	0,0213	0,0150
<i>k</i> (hora ⁻¹) - DBO bruta a 30°C	0,0184	0,0172	0,0304
<i>K</i> (hora ⁻¹) - DBO filtrada a 30°C	0,0153	0,0132	0,0186

Tabela 2. Coeficientes de remoção de DBO nos efluentes das lagoas estudadas

As amostras filtradas tiveram, nas primeiras 24 horas, uma DBO exercida maior (valores médios de 18 e 65% para 30 e 20°C, respectivamente) que a das amostras brutas. Ou seja: a parcela filtrada causou uma DBO imediata maior que a amostra bruta. Presume-se disto que o conteúdo filtrado é mais impactante e deve ser o parâmetro considerado

na avaliação da eficiência de lagoas na remoção de matéria orgânica. Também, observou-se que as correlações entre as DBO's observadas e as calculadas, a partir da Equação 2, foram melhores entre as amostras filtradas (ver Figuras 1 e 2). Isto pode ser explicado pelo fato das algas possuírem parede celular, causando atraso na DBO inicial (24 horas).

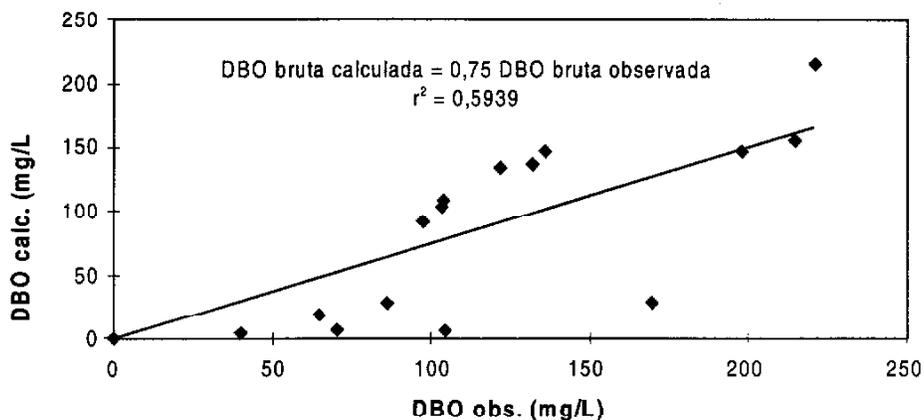


Figura1 - DBO observada versus DBO calculada em amostras brutas.

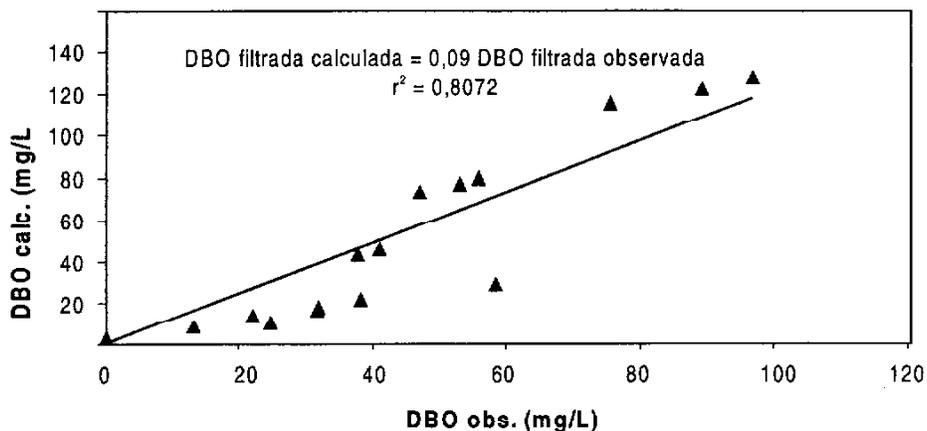


Figura 2 - DBO observada versus DBO calculada em amostras filtradas.

Os diversos resultados de DBO observados neste estudo mostraram que a DBO filtrada pode ser estimada a partir da DBO

padrão (DBO de 5 dias a 20° C) (Figura 3). De uma maneira geral, a DBO filtrada representou entre 50 e 37% da bruta.

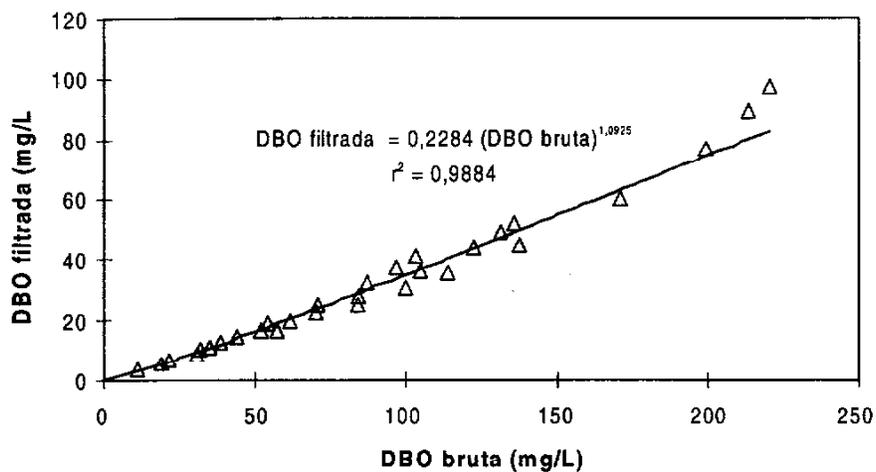


Figura 3 - Correlação entre a DBO bruta e filtrada

Os valores de DBO última baseados nas constantes encontradas foram bem menores que os valores de DQO. Entende-se então, que o resíduo não biodegradável presente em efluentes de lagoas é consideravelmente maior que o sugerido pela literatura em relação ao esgoto doméstico (e.g. van Haandel e Lettinga, 1994), que é de cerca de 13%. Na verdade, o

resíduo refratário do material não filtrável inclui formas não biodegradáveis e/ou lentamente biodegradáveis. Neste contexto, reforça-se a idéia de que a natureza dos sólidos presentes nos efluentes de lagoas é bem mais estável, pois a parcela biodegradável da DQO ficou entre 33 e 60% (ver Tabela 3), ao invés dos 87% sugeridos através da referência anterior.

Lagoa/amostra	DBOu a 20°C	DBOu a 30°C	% não biodegradável (T = 20°C)	% não biodegradável (T = 30°C)
Facultativa	228	276	54	44
Fac. - filtrada	116	152	55	40
Maturação 1	140	174	64	56
Mat.1 - filtrada	60	75	58	48
Maturação 2	112	120	67	65
Mat.2 - filtrada	49	58	62	56

Tabela 3. DBO última e resíduo não biodegradável

Mesmo a biomassa de algas possui resíduo de difícil degradação. Também, a filtração de amostras para clorofila *a* retém material em suspensão que não é facilmente biodegradável. Assim, considerando concentrações de clorofila *a* (Cla) entre 450 e 1.500 mg/L, foi possível se estimar ($p \leq 0,05$) o resíduo (%) não biodegradável a partir de:

$$Rnb (\%) = 80,63 e^{-0,0003 Cla} \quad (\text{Equação 3})$$

$$r^2 = 0,7563$$

A combinação de resultados de DQO para amostras brutas e filtradas apresentou coeficientes de correlação fracos (para $p \leq 0,05$; $r^2 \leq 0,25$). Isto mostrou que, enquanto a DQO é um parâmetro útil no projeto e avaliação de performance de lodos ativados e digestores anaeróbios, por exemplo, este não tem a mesma valia para lagoas de estabilização. Tal fato é justificado pela elevada quantidade de resíduo não biodegradável ou lentamente biodegradável presente em efluentes de lagoas.

CONCLUSÕES

A DBO filtrada do efluente, em relação à bruta afluente, deve ser empregada como parâmetro de avaliação da performance de lagoas de estabilização na remoção de matéria orgânica. A DBO de amostras brutas e filtradas apresentam correlação satisfatória ($\alpha = 0,05$). No entanto, é necessário um estudo mais

aprofundado. Apesar dos coeficientes de remoção de DBO (*k*) nas amostras filtradas terem sido menores, as demandas relativas ocorridas nas primeiras 24 horas foram maiores que as verificadas nas amostras brutas.

O resíduo não biodegradável (Rnb) das amostras brutas foi elevado ($\geq 40\%$), sugerindo que o uso da DQO como parâmetro de avaliação tem aplicação limitada. A DQO particulada representou em média 58% das DQO's das amostras brutas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, à Superintendência Estadual do Meio Ambiente - SEMACE e à Fundação Edson Queiroz, através da Universidade de Fortaleza.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APHA-AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. 1992. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 18th edition. American Public Health Association. Washington, DC.
- ARTHUR J. P. 1983. Notes on the Design and Operation of Waste Stabilisation Ponds in Warm Countries. **Word Bank Technical Paper No. 7**.

- BROCK, T. D., MADIGAN, M. T., MARTINKO, J. M. & PARKER, J. 1994. **Biology of Microorganisms**. Prentice Hall, Englewood Cliffs. New Jersey.
- BUCKSTEEG, K. (1987). German experiences with sewage treatment ponds. **Wat. Sci. Tech.**, 19 (12), 17-23.
- COSSER, P. R. 1982. Lagoon algae and the BOD test. **Effluent and Water Treatment Journal**, September, 357-361.
- EEC - COUNCIL OF THE EUROPEAN COMMUNITIES. 1991. Council directive of 21 May 1991 concerning urban waste water treatment. **Official Journal of the European Communities**, No L 153/40-52, 91/271/EEC.
- JONES, J. G. 1979. **A guide to methods for estimating microbial numbers and biomass in freshwater**. Ambleside: Freshwater Biological Association-Scientific Publication (39).
- MARA, D. D. & PEARSON, H. W. 1986. Artificial freshwater environment: waste stabilization ponds. In: **Biotechnology - comprehensive treatise**. Volume 8, Chapter 4. (Eds. H. J. Renm and G. Reed). Weinheim: Verlagsgesellschaft, 177-205.
- MASTERS, G. 1991. **Introduction to Environmental Engineering**. Prentice Hall, Englewood Cliffs. New Jersey.
- MIDDLEBROOKS, E. J., MIDDLEBROOKS, C. H., REYNOLDS, J. H., WATTERS, G. Z., REED, S. D. & GEORGE, D. B. 1982. **Wastewater Stabilization Lagoon Design, Performance and Upgrading**. New York: Macmillan Publishing Co., Inc.
- OSWALD, W. J. 1995. Ponds in the twenty-first century. **Wat. Sci. Tech.** 31, 12, 1-8.
- SAWYER, C. N., MCCARTY, P. & PARKIN, G. 1994. **Chemistry for Environmental Engineering**. 4th edition. New York: McGraw-Hill.
- VAN HAANDEL, A. C. & LETTINGA, G. 1994. **Tratamento Anaeróbio de Esgotos - um manual para regiões de clima quente**. Universidade Federal da Paraíba. Campina Grande.