

II-129 - ESTIMATIVA DA FRAÇÃO PARTICULADA ALGAL EM EFLUENTES DE LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO

Anderson Ruan Gomes de Almeida⁽¹⁾

Engenheiro Civil pela UFC, *Campus* Cariri. Mestrando em Saneamento Ambiental no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Pós-DEHA/UFC.

Fernando José Araújo da Silva⁽²⁾

Doutor, Mestre e Graduado em Engenharia Civil. Professor Adjunto na UFC e do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Pós-DEHA/UFC.

Endereço⁽²⁾: Bloco 713, 1º andar, *Campus* do PICI, Centro de Tecnologia. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, CE. Brasil. CEP 60451-970. Fone: (85) 33669624. E-mail: fjas@deha.ufc.br.

RESUMO

Lagoas de estabilização são capazes de tratar efluentes domésticos com altas taxas de carga orgânica. A presença de biomassa algal nos efluentes de lagoas atua na produção primária gerando oxigênio dissolvido (OD) que é diretamente assimilado pelo metabolismo bacteriano, durante a decomposição orgânica. Efeitos físicos de temperatura e insolação aceleram o crescimento algal que, em condições adversas a sua sobrevivência, passam a constituir como material orgânico decomponível e assimilável pela demanda bacteriana, conseqüentemente elevando os teores de material orgânico a serem oxidados na massa líquida. A quantificação do material orgânico é feita através de bioensaios (DBO e OD) e por decomposição química (DQO). Análises de oxigênio consumido (OC) não costumam ser empregadas em rotina laboratorial de caracterização de efluentes, no entanto, ela quantifica a concentração orgânica mais facilmente biodegradável (lábil) presente na massa líquida. O presente trabalho objetivou avaliar a aplicação do método OC em efluentes de lagoas de estabilização, localizadas no Ceará. Os resultados apontaram favorável aplicação em relação a quantificação da parcela lábil particulada em efluentes domésticos. Além disso, estima-se que grande parte da fração particulada em efluentes de lagoas de estabilização seja composto por biomassa algal de fácil biodegradabilidade.

PALAVRAS-CHAVE: Matéria orgânica, Biomassa de algas, Lagoas de estabilização.

INTRODUÇÃO

As lagoas de estabilização são bastante difundidas no Brasil, estão presentes em todas as regiões e são destinadas principalmente ao tratamento de esgotos domésticos. No Nordeste, no Ceará, o emprego de lagoas vem desde meados da década de 1970 (DA SILVA *et al.*, 2011). Estudos sobre lagoas de estabilização têm abordagem diversificada (*e.g.* matéria orgânica, patógenos e nutrientes).

A remoção de sólidos em suspensão em lagoas de estabilização é considerada apenas razoável (entre 50 e 80%). Este material é composto essencialmente de biomassa algal e sua natureza, quanto à biodegradação, é diferente dos sólidos em suspensão verificados em outras tecnologias de tratamento de efluentes (*i.e.* lodos ativados, filtros biológicos e digestores anaeróbios) (VON SPERLING, 2011).

As algas são produtores primários e compensam parte da demanda bioquímica de oxigênio exercida no corpo hídrico através da atividade fotossintética. Entretanto, os sólidos suspensos provenientes de outras tecnologias são compostos por material instável e mais putrescíveis, e causam uma demanda imediata de oxigênio bem maior.

Em relação ao conteúdo orgânico (MO) de efluentes de lagoas de estabilização, estes correspondem a uma mistura heterogênea classificada quanto a sua fração particulada, dissolvida, biodegradável, lentamente biodegradável ou inerte. Geralmente a quantificação da fração orgânica em águas residuárias é feita através de análises físico-químicas, a partir da determinação da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Demanda Química de Oxigênio (DQO). A DBO é relativa à fração biodegradável dos componentes orgânicos carbonáceos oxidados através das bactérias facultativas heterotróficas presentes na massa líquida; enquanto a DQO representa tanto a fração biodegradável, quanto a não-biodegradável; no entanto, diferindo da DBO, devido a degradação do substrato ocorrer através da ação do oxidante dicromato de potássio em meio catalítico ácido, ou seja, a DQO

relaciona a fração orgânica a partir de fortes condições energéticas durante as reações de oxidação redução garantindo grande quantidade de substrato degradado (SAWYER, McCARTY; PARKIN, 2002).

O parâmetro Oxigênio Consumido (OC) também pode ser empregado para determinar o conteúdo orgânico. O procedimento analítico consiste na digestão da MO a partir do oxidante permanganato de potássio em meio ácido, catalisado a 80°C, durante um intervalo de 30 minutos. Por ser um oxidante menos forte do que o dicromato de potássio, a parcela de substrato degradado é bem inferior quando comparado com a DQO. Apesar de não ser empregada para o caso de efluentes, as análises de OC tem apresentado bons resultados para leituras da fração de matéria orgânica facilmente biodegradável, denominada de fração lábil (DIAS et al., 2004).

Portanto, importa conhecer melhor a relação entre os parâmetros de DBO, DQO e OC nas frações orgânicas brutas, particuladas e dissolvidas em efluentes domésticos de lagoas de estabilização. Sendo a fração particulada a remoção da concentração filtrada das amostras não filtradas (*i.e.* $DBO_P = DBO - DBO_F$).

METODOLOGIA

Para o presente estudo, foram analisadas amostras de uma série de lagoas de estabilização da Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) Tabapuá, localizada em Fortaleza (3°44'S; 38°36'O), capital do Ceará. O sistema é composto de uma facultativa primária (L_{FP}), seguida de uma lagoa de maturação primária (L_{MP}) e após, uma lagoa de maturação secundária (L_{MS}). A série de lagoas tem área de 10.965m², com profundidade útil de 1,5 em cada uma.

O sistema foi monitorado no período de novembro de 2015 a novembro de 2016 compreendendo análises no esgoto bruto (EB) e nos efluentes das lagoas. As coletas foram realizadas no período da manhã às 09:30h. No estudo foram determinados os parâmetros de temperatura (T), pH, DBO (com encubação de 5 dias a 20°C com amostras não filtradas e filtradas), DQO (não filtradas e filtradas), OC (não filtradas e filtradas) e clorofila *a*. O filtro empregado na separação de fração particulada nas amostras foi o AP40 (ϕ 0,8-1,1 μ m). A vazão afluente foi determinada com base em leituras dos horímetros das bombas da unidade de tratamento preliminar.

Todos os procedimentos analíticos seguiram as recomendações contidas em APHA (1992), exceto os parâmetros clorofila *a*, com extração a frio com acetona a 90% (JEFREY; HUMPHREY, 1975) e a análise de OC realizada de acordo com a NBR 10739/1989.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O valor médio de temperatura do esgoto bruto foi de 23,4°C ($\pm 3,1^{\circ}C$) e dos efluentes das lagoas foi de 22,9°C ($\pm 3,5^{\circ}C$), condizente com os valores climáticos característicos da região de estudo. O pH médio para o esgoto bruto apresentou valor de 7,05 ($\pm 0,23$). Nos efluentes das lagoas L_{FP} , L_{MP} e L_{MS} os valores médios de pH foram: 7,84 ($\pm 0,19$), 8,25 ($\pm 0,36$) e 8,52 ($\pm 0,36$), respectivamente.

Com base nos valores de DBO, o sistema apresentou remoção de 76,0% para amostras não filtradas com valores de 87,9% de DBO_F e 79,5% de DBO_P . Em relação a DQO, os valores foram de 81,6% para amostras não filtradas com valores de 64,7% e 98,6% para DQO_F e DQO_P , respectivamente. Em referência aos valores de OC, as amostras não filtradas apresentaram eficiência de remoção de 16,26% com 27,45% e 25,10% para OC_F e OC_P , respectivamente.

A razão DQO/DBO no EB foi de 2,49, sendo reduzida a 1,13 para L_{FP} e 1,91 para as lagoas de maturação (L_{MP} e L_{MS}). Em relação as amostras filtradas, a relação DQO_F/DBO_F foi de 1,54 para o EB, reduzindo em 1,29 para L_{FP} e aumentando para 4,53 para as de maturação.

Observa-se que é esperado um aumento da relação DQO/DBO à medida que se avança a série do tratamento, visto que a parcela biodegradável (DBO) reduz consideravelmente à medida que o efluente prossegue para as lagoas subsequentes. No entanto, tais valores apresentados de DQO/DBO e DQO_F/DBO_F não se enquadram em tal afirmativa. Isso ocorre em decorrência das lagoas com presença de biomassa algal (L_{FP} , L_{MP} e L_{MS}), apresentarem condições propícias para o crescimento e reprodução das algas através de suas atividades fotossintéticas. Enquanto as algas, por serem produtores primários, garantem a presença de oxigênio para a degradação do substrato orgânico, por outro lado elas são constituintes orgânicos sujeitas à decomposição

bacteriana. Tem, portanto, influência no incremento da quantidade de MO na massa líquida, aumentando os valores de DBO e consequentemente, diminuindo a relação DQO/DBO.

Ainda comentando a justificativa anterior, no que diz respeito a fração particulada de DQO, a relação DQO/DQO_P apresentou valores de 2,17 para o EB e de 2,13 para os efluentes das lagoas L_{FP} , L_{MP} e L_{MS} , demonstrando que não houve grande variabilidade em relação a fração particulada inerte, podendo inferir que o aumento da parcela de matéria orgânica biodegradável (DBO) acontece devido a degradação da biomassa algal presente (DBO_P).

Logo, conclui-se que a relação entre os valores de DQO e DQO_P apresentam uma ideia da parcela de material particulado biodegradável. Tais dados apresentaram grande conformidade em relação ao coeficiente de determinação (R^2), apresentando as relações expressas nas equações abaixo para os efluentes das lagoas ($R^2=0,811$):

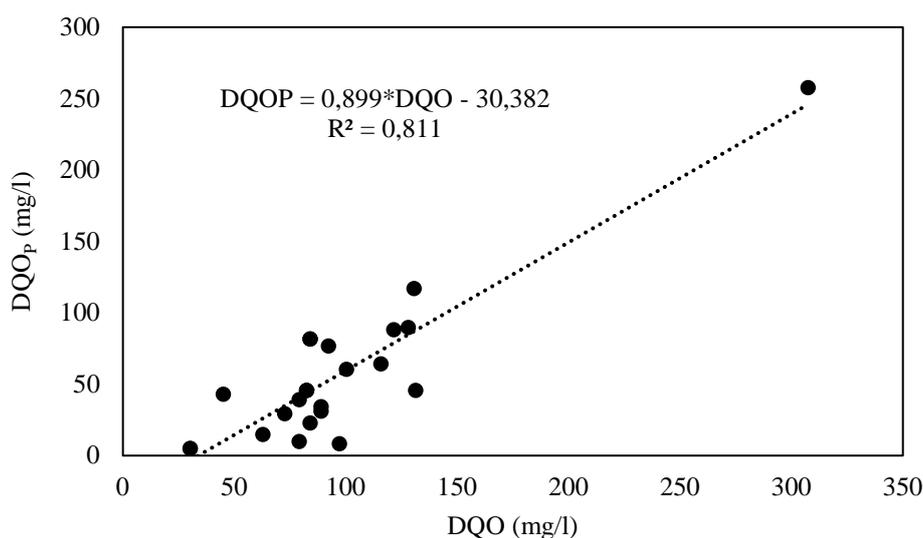


Figura 1: Correlação (R^2) para a fração bruta e particulada de DQO nos efluentes das lagoas.

Assim como a DQO, a fração particulada de OC não apresentou grandes variações nas séries de lagoas, visto que o EB apresentou relação de OC/OC_P de 4,31 e de 4,42 para L_{FP} , L_{MP} e L_{MS} .

Os valores de OC particulados foram relacionados de acordo com a figura abaixo.

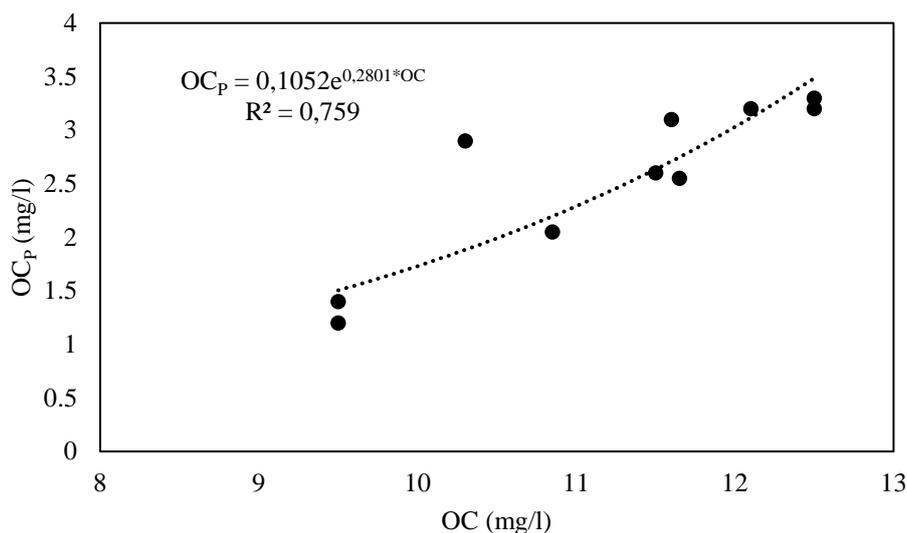


Figura 2: Correlação (R^2) para a fração bruta e particulada de OC nos efluentes das lagoas.

Os valores apresentados de DBO/OC foram de 10,19 para o EB; 9,02 para o efluente da L_{FP} e 10,43 para os efluentes das L_{MP} e L_{MS} . A fração particulada apresentou valores de DBO_p/OC_p de 5,73 para o EB; 22,85 para L_{FP} e 29,96 para as de maturação.

Em relação aos valores de DQO, os valores de DQO/OC foram de 11,36 para o EB seguido de 10,23 e 8,63 para L_{FP} e os efluentes das lagoas de maturação. Os valores de DQO_p/OC_p foram de 10,23; 8,63 e 12,61 para EB, L_{FP} e lagoas de maturação, respectivamente.

De acordo com os dados acima, é possível perceber que existe uma relação praticamente constante para os valores de DBO/OC, DQO/OC e DQO_p/OC_p , no entanto, em relação à fração particulada biodegradável (DBO_p/OC_p), observa-se um aumento representativo de OC_p em relação a DBO_p à medida que o efluente se encaminha para as séries subsequentes das lagoas. Esse acréscimo da fração particulada está relacionado ao crescimento e produção de biomassa algal, como comentado anteriormente.

Tendo em vista que a análise de OC mede a fração orgânica mais lábil, ou seja, mais facilmente biodegradável, a relação DBO_p/OC_p propõe que a maior parcela de matéria orgânica particulada é lábil. De acordo com Bucksteeg (1987), conforme citado em da Silva (2010), cada 100 mg/m^3 de clorofila *a* em efluentes de lagoas sugerem um adicional de 3 mg DBO/l.

Com base nos valores de clorofila *a* e OC, as lagoas L_{FP} , L_{MP} e L_{MS} apresentaram uma relação de Cl_a/OC_p de 181,5 μg de Cl_a/mg de OC; 155,3 $\mu g/mg$ e 173,8 $\mu g/mg$, respectivamente.

CONCLUSÃO

As lagoas estudadas apresentaram valores aceitáveis de remoção de DBO e DQO. Os dados apresentaram boa correlação entre os valores de DQO e DQOP e; OC e OCP, podendo a parcela de substrato particulado dos efluentes das lagoas ser estimado com base no modelo preditivo. As lagoas contendo biomassa algal apresentaram um acréscimo de MO devido a própria degradação do substrato algal por parte das bactérias heterotróficas, implicando em um aumento dos valores de DBO. Apesar de não ser tão comumente empregada em análises de águas residuárias, a análise físico-química de OC apresentou uma possível relação da medida da quantidade de MO particulada devido ao crescimento de biomassa algal nos efluentes das lagoas, sendo necessário uma maior compreensão do balanço de massa algal para confirmar tal assertiva.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 18th ed. Washington, D.C.: APHA – American Public Health Association, 1992.
2. ABNT. NBR 10739: Água - Determinação de oxigênio consumido - método do permanganato de potássio. Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, Rio de Janeiro, RJ. 1989. 3p.
3. BUCKSTEEG, K; German experience with sewage treatment ponds. **Water Science and Technology**, London, v.19, n.12, p. 17-23, December, 1987.
4. DA SILVA, F.J.A.; OLIVEIRA, R.O.; CASTRO, F.J.F.; ARAÚJO, A.L.C. Prospectus of waste stabilization ponds in Ceará, Northeast Brazil. **Water Science and Technology** v. 63, n. 6, p. 1365-1270, June, 2011.
5. da SILVA, F.J.A.; SOUZA, R.O.; ARAÚJO, A.L.C. Revisiting the influence of loading on organic material removal in primary facultative ponds. **Brazilian Journal of Chemical Engineering**, vol. 27, n. 1, p. 63-69, 2010.
6. DIAS, J.C.; LIMA, W.N. Comparação de métodos para a determinação de matéria orgânica em amostras ambientais. **Revista Científica da UFPA** v. 4, Abr., 2004.
7. JEFREY, S.W.; HUMPREY, G.F. New spectrophotometric equations for determining chlorophylls a, b, c1 and c2 in higher plants, algae and natural phytoplankton. *Biochem. Physiol. Pflanzen. (BPP)*. Bd. 167, S.p. 191-194 (1975).
8. SAWYER, C.N.; McCARTY, P.; PARKIN, G. *Chemistry for environmental engineering*. 4th edition. New York: McGraw-Hill. 2002. 768 p.
9. VON SPERLING, M. **Lagoas de estabilização**. 2^a edição. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011. 196 p.