

REMOÇÃO DE DQO DE ÁGUA RESIDUÁRIA DE INDÚSTRIA TÊXTIL EMPREGANDO O PROCESSO DE LODOS ATIVADOS EM BATELADA

COD REMOVAL OF TEXTILE WASTEWATER BY ACTIVATED SLUDGE WITH BATCH REACTOR

ANDRÉ BEZERRA DOS SANTOS

Mestre em Engenharia Civil – Saneamento Ambiental pelo Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Universidade Federal do Ceará (UFC), Doutorando em Biotecnologia Ambiental pela Universidade de Wageningen – Holanda.

SANDRA TÊDDE SANTAELLA

Professora Adjunta do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Universidade Federal do Ceará (UFC)

Recebido: 05/02/02 Aceito: 16/10/02

RESUMO

Comprovou-se a variação da concentração de matéria orgânica em água residuária têxtil de fabricação de índigo, medida em termos de DBO e/ou DQO, não somente durante as horas do dia, mas também durante o mesmo dia da semana e hora do dia, em quatro semanas consecutivas. Obteve-se 0,21 como valor médio da relação DBO/DQO para o afluente bruto, o qual foi considerado possuir moderado caráter biodegradável. Estudou-se em escala de laboratório o processo de lodos ativados em batelada com aeração prolongada, aplicado à remoção de DQO total de uma água residuária considerada não biodegradável. Foram estudados os tempos totais de ciclo no reator de lodos ativados em batelada de 10h, 15h e 20h, os quais forneceram remoções médias de 67%, 74% e 81%, respectivamente. Assim, o reator de lodos ativados em batelada com aeração prolongada pode ser considerado uma interessante alternativa para remoção de DQO de águas residuárias têxteis de fabricação de índigo.

PALAVRAS-CHAVE: lodos ativados em batelada; água residuária de indústria têxtil; índigo; corantes; biodegradabilidade.

ABSTRACT

It was confirmed the fluctuations of organic matter concentration upon textile wastewater, measured in terms of BOD and COD, not only during a whole day but also during the same hour and day in four continuous weeks. The average value of 0.21 was achieved for the relation BOD/COD of the raw influent, which was considered to have moderate biodegradable character. In a laboratory scale was studied the activated sludge system in batch with extended aeration time, applied to reduce raw COD content of a wastewater considered non-biodegradable. Cycles of 10h, 15h and 20h were tested for the batch reactor, which provided an average of COD reductions of 67%, 74% and 81%, respectively. Thus, the activated sludge system in batch with extended aeration time showed to be an interesting alternative to reduce COD of the textile wastewaters.

KEY WORDS: Activated sludge system; sequencing batch reactors; textile wastewater; indigo; dyes; biodegradability.

INTRODUÇÃO

A indústria têxtil requer altos volumes de água para produção de tecido e, conseqüentemente, gera elevados volumes de águas residuárias. Cerca de 117L de água eram consumidos por cada quilo de tecido produzido (FEITKENHAUER & MEYER, 2001). A literatura, entretanto, registra grande variação de consumo de água devido aos diversos produtos, processos e equipamentos empregados. Os efluentes têxteis são altamente coloridos devido aos corantes que não aderem às fibras nas operações de acabamento, cuja eficiência de fixação varia com a classe do corante utilizado. Temperatura elevada, ambiente alcalino e alta concentração de sais (40 a 100 g/L) são condições normalmente

utilizadas para otimizar a fixação do corante à fibra (CARLIELL et al., 1998). Entretanto, para algumas classes de corantes utilizados nas operações de tingimento, como por exemplo a dos corantes reativos (aplicados aos tecidos de algodão), cerca de 50% dos corantes aplicados são descartados nas águas residuárias (O'NEILL et al., 1999), aumentando a concentração de Demanda Química de Oxigênio (DQO) não biodegradável e cor. Adicionalmente, produtos químicos como amido, álcool polivinílico (PVA), surfactantes, seqüestrantes, amaciantes etc., provenientes das outras etapas do processo industrial também contribuem para as variações de DQO e Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) (EPA, 1996). Corantes são fabricados para

resistirem ao tempo e exposição à luz, água e sabão, além de que geralmente são adicionados agentes bactericidas e fungicidas, para tornar as fibras mais resistentes à degradação biológica (O'NEILL et al., 1999). Conseqüentemente, a água residuária têxtil possui baixa relação DBO/DQO devido principalmente à natureza pouco biodegradável dos corantes. O WORLD BANK GROUP (1998) cita que a relação DBO/DQO é entre 0,2 e 0,5, com DBO variando de 700 mg/L a 2000 mg/L, ao passo que PAGGA & BROWN (1986) apresentam valores da relação DBO/DQO inferiores a 0,1.

O tratamento aeróbio não é eficiente na redução de cor, cujas eficiências variam de 10 a 30%, principalmente devido à adsorção do corante à biomassa (O'NEILL

et al., 2000). Porém, o tratamento aeróbio, através do sistema de lodos ativados com aeração prolongada, é extremamente eficiente na remoção de matéria orgânica. Por exemplo, no tratamento de águas residuárias domésticas, são normalmente encontradas eficiências acima de 93% (VON SPERLING, 1997).

Neste trabalho avaliou-se o sistema de lodos ativados com aeração prolongada na remoção de DQO total e/ou DBO de águas residuárias têxteis de fabricação de Índigo, de forma a sua inclusão como unidade de pré-tratamento ou pós-tratamento de outros processos, por exemplo físico-químico ou anaeróbio, respectivamente.

METODOLOGIA

Caracterização da concentração de matéria orgânica

Estudou-se a variação diária da DQO através de amostragem simples ao longo de um mês, com coletas semanais (mesmo dia da semana e mesma hora do dia em todas as amostras). Estudou-se a variação diária da DQO através de amostragem composta, com coletas horárias durante 24 horas consecutivas. Coletaram-se as amostras antes e após equalização e correção do pH, e após o tratamento físico-químico realizado na ETE da indústria. Para a obtenção da relação DBO/DQO, que indica o caráter biodegradável da água residuária, determinaram-se DBO e DQO nos efluentes bruto, equalizado e tratado. Todas as determinações foram baseadas no APHA, 1992.

Procedimento experimental

Realizou-se a pesquisa em escala de laboratório, a qual era composta por um

reator de lodos ativados em batelada com aeração prolongada. Obteve-se o lodo junto a um sistema de tratamento biológico de lodos ativados que tratava águas residuárias têxteis, o qual foi aclimatado durante 40 dias com a água residuária estudada (fabricação do tecido índigo).

Alimentou-se o reator de lodos ativados e aeração prolongada com água residuária têxtil composta por uma parte industrial (água residuária da fabricação do índigo) e uma outra parte doméstica (industrial:doméstica-razão 4:1). A indústria estudada não tratava na ETE os efluentes líquidos domésticos, mas para a operação do novo sistema foi suposto que todo efluente líquido doméstico seria tratado na ETE, e representaria 20% do volume afluente. Portanto, para cada tempo de detenção hidráulica coletaram-se as águas residuárias industrial e doméstica suficientes para a realização dos ciclos operacionais diários, sendo conservadas em geladeira por um período máximo de 7 dias.

O reator (3,8 L de volume útil) era

feito em vidro, possuindo entrada no fundo para recalque da água residuária. A bomba utilizada era do tipo Diafragma (LMI, São Paulo, Brasil) com capacidade máxima de recalque de 1,6 L/h. Dois aeradores de aquário forneciam oxigênio para os microrganismos aeróbios. Adicionaram-se os nutrientes manualmente no reator.

VON SPERLING (1997) cita que para sistemas de lodos ativados com aeração prolongada, deve-se manter uma concentração mínima de nitrogênio e fósforo em função da DBO, obedecendo-se uma razão mínima de DBO:N:P (100:3:0,6). Dessa forma, dosaram-se os nutrientes em excesso para se descartar falhas do sistema pela ausência dos mesmos, no qual foi considerado desprezível a concentração dos nutrientes já presentes na água residuária. Manteve-se uma concentração mínima de 45 mg/L como P (Super-fosfato Simples, 18%-P) e 8 mg/L como N (Uréia, 45%-N), calculados considerando-se uma DBO de 1500 mg/L.

Bombeou-se para o reator um

Tabela 1 - Tempos dos ciclos operacionais utilizados no reator de lodos ativados em batelada.

Ciclos Operacionais	Tempo de Detenção Hidráulica (Horas)		
	10	15	20
Enchimento sob aeração	4	4	4
Aeração	4	9	14
Sedimentação	1,5	1,5	1,5
Ret. sobrenad. e desc. lodo excedente	0,5	0,5	0,5

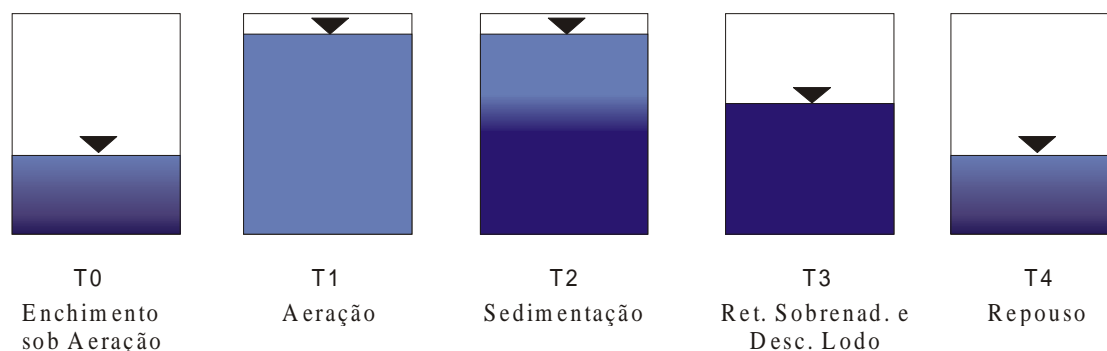


Figura 1 - Etapas envolvidas na operação do reator de lodos ativados em batelada.

volume de 2,0 L de água residuária durante 4h, o qual era oxigenado pelos aeradores de aquário. Em seguida desligou-se a bomba, permanecendo a oxigenação por 4h, 9h e 14h para os tempos de detenção hidráulica de 10h, 15h e 20h, respectivamente (TABELA 01). Interrompeu-se a oxigenação, deixando-se o liquor 1,5h na fase de sedimentação. Destinava-se 0,5h para retirada do sobrenadante e descarte do lodo em excesso. Um esquema do processo é mostrado na FIGURA 01.

Retirou-se o lodo através de um dispositivo de descarga localizado no fundo do reator. Tal retirada garantia idade de lodo de 30 dias. A concentração de sólidos em suspensão voláteis totais ativos (SSVTA) era mantida em torno de 3600 mg/L. A concentração de oxigênio dissolvido no reator de lodos ativados era mantida sempre superior a 2 mg/L, em média de 5 mg/L.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização da concentração de matéria orgânica

Demonstrou-se a grande variação da DQO total da água residuária de indústria têxtil de fabricação de indigo, ao longo das horas de um dia (amostragem única). Em termos de pico de DQO total, a DQO total máxima foi 1,7 vezes superior à DQO total média (FIGURA 02). TALARPOSHTI et al. (2000) citam que tais variações diárias e horárias dificultam o tratamento das águas residuárias, as quais são resultados do tipo de corante, do tipo de tecido e da concentração dos auxiliares de fixação, os quais eram descartados nas águas residuárias.

Também comprovou-se a grande variação da DQO total no mesmo dia da semana e mesma hora do dia, durante quatro semanas consecutivas (FIGURA 03).

A água residuária equalizada forneceu resultados homogêneos, com exceção do pico de DQO de 5720 mg/L observado na primeira coleta (FIGURA 03), que foi resultado do descarte do óleo da caldeira no processo industrial, o qual formou uma espessa camada de espuma no tanque de equalização. É importante atentar-se para o fundamental papel que

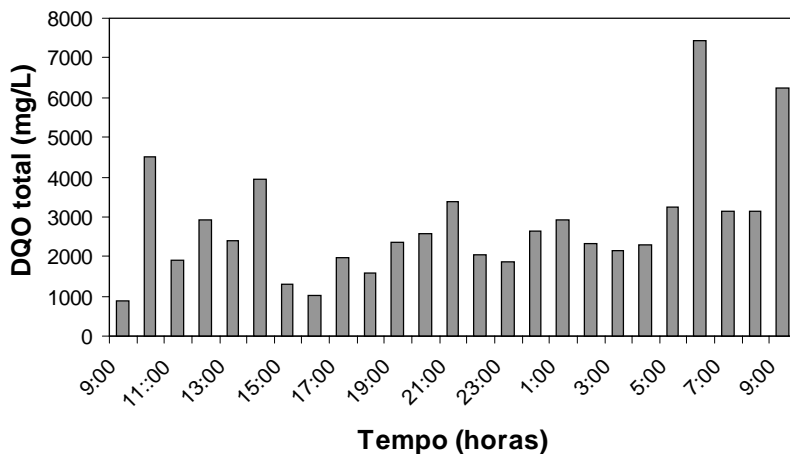


Figura 2 - Variação da DQO total da água residuária bruta ao longo das horas do dia (amostragem única), com coletas horárias, antes da equalização e correção do pH (Santana Têxtil, 2000).

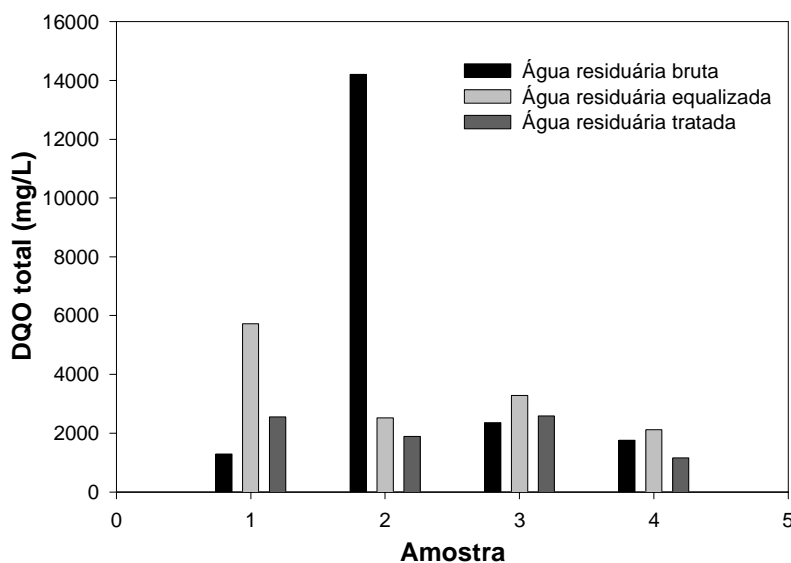


Figura 3 - Variação de DQO total no mesmo dia da semana e mesma hora do dia, durante quatro coletas semanais consecutivas (Santana Têxtil, 2000).

a equalização exerce na eficiência do tratamento na homogeneização da água residuária. Tal fato foi relevado na escolha do reator de lodos ativados em batelada para o presente estudo.

O valor médio de 0,21 para a relação DBO/DQO da água residuária bruta (TABELA 02), está dentro da faixa de valores que o WORLD BANK GROUP (1998) cita para a relação DBO/DQO (0,2-0,5). RIGONI-STERN et al. (1996) obtiveram uma relação média de 0,4, a qual foi considerada de boa

degradação biológica. A baixa relação DBO/DQO no presente estudo pode ser justificada pelos diversos produtos com propriedades recalcitrantes que são normalmente descartados nas águas residuárias, como por exemplo os corantes, e esporádicos descartes, como o óleo de caldeira. Observou-se um ligeiro aumento da relação DBO/DQO (0,23) para a água residuária equalizada (TABELA 02), possivelmente pela diminuição da interferência dos picos de DBO e DQO. Uma outra possível

explicação é devido à atividade de microrganismos anaeróbios nos locais do tanque de equalização não supridos com oxigenação artificial. É bem conhecida a capacidade dos microrganismos anaeróbios em reduzirem os corantes (visualmente percebida pela redução da cor), e produzirem as aminas aromáticas, as quais podem ser removidas aerobiamente (FIELD et al., 1995).

Na TABELA 03 está apresentada a faixa de valores obtidos na caracterização da água residuária têxtil afluente à ETE da Indústria Santana Têxtil, 2000.

Procedimento experimental

Verificou-se no reator de lodos ativados com aeração prolongada em escala de laboratório, grande redução de DQO já no TDH de 10h (FIGURA 04). Observou-se que o período de aclimação

de 40 dias foi satisfatório, e que o valor médio de 0,21 para relação DBO/DQO (TABELA 02), indicava moderada degradação biológica da água residuária estudada. Observou-se o mesmo comportamento para os TDH de 15h e 20h (FIGURA 04).

Obteve-se na primeira amostra do efluente a maior eficiência em termos de DQO total (75%), possivelmente devido à adsorção inicial no lodo ativado de compostos causadores de DQO e cor (FIGURA 04). VAN DER ZEE et al. (2001) observaram o mesmo fenômeno de adsorção no lodo ativado na utilização do tratamento anaeróbio em condições mesofílicas aplicado à redução de compostos do tipo azo. A partir da segunda amostra observou-se certa estabilidade do processo em batelada, sendo esta o critério de parada das coletas. Entretanto, verificou-se uma pequena diminuição da eficiência, possivelmente

pela diminuição da capacidade de adsorção do lodo ativo.

Observou-se estabilidade na remoção de DQO total durante os três TDH estudados, cujos valores de eficiência média aumentaram concomitantemente com o aumento do TDH. Tal melhoria na eficiência do reator era esperada, haja vista que se propiciava maior tempo de contato entre o lodo ativo e a água residuária. Como é mostrado na TABELA 01, com exceção do ciclo operacional de aeração, foram mantidos constantes os demais ciclos operacionais durante os três TDH estudados, o que comprova que a diferença nos valores de eficiência era atribuída ao maior tempo de contato no ciclo de aeração. Os valores médios de eficiência foram 67%, 74% e 81% para os TDH de 10h, 15h e 20h, respectivamente.

Vale ressaltar que as eficiências na remoção de DQO total encontradas na pesquisa, eram superiores às eficiências máxima de remoção de DQO total (40-50%) em um sistema de lodos ativados tratando água residuária têxtil sintética citado por LI & ZHAO (1997). Adicionalmente, as eficiências obtidas no presente trabalho eram superiores às eficiências para remoção de DQO total (62%) e DQO solúvel (79%) de efluentes líquidos de indústrias têxteis de malhas, empregando-se o processo de lodos ativados em batelada, citado em CARNEIRO et al. (1999). Os valores de eficiência encontrados nesta pesquisa são inferiores aos valores de eficiência para o sistema de lodos ativados citados na literatura para o tratamento de águas residuárias domésticas. Tal diferença pode ser atribuída à moderada biodegradabilidade da água residuária, causada principalmente pela baixa eficiência de fixação dos corantes às fibras e conseqüente descarte de altas concentrações dos mesmos na água residuária. Tal caráter biodegradável foi comprovado pelas baixas relações DBO/DQO.

CONCLUSÕES

As águas residuárias de indústrias têxteis de fabricação de índigo são altamente variáveis, possuindo alta amplitude de carga orgânica medida em termos de DBO e/ou DQO, sendo essencial a equalização do efluente para se garantir a eficiência do sistema de tratamento.

Tabela 2 - Parâmetros DBO, DQO e relação DBO/DQO, obtidos durante a coleta da água residuária afluente à ETE da indústria Santana têxtil, 2000.

Amostra(n=5)	DBO total (mg/L)	DQO total (mg/L)	DBO/DQO total
Bruta	600	2800	0.21
Equalizada	500	2200	0.23
Tratada	250	1050	0.24

Tabela 3 - Caracterização da água residuária afluente à ETE da indústria Santana têxtil, 2000.

Parâmetro	Faixa de Valores
DQO (mg/L)	887 a 14200
DBO (mg/L)	400 a 4000
Temperatura (°C)	45 a 60
pH	5 a 12
Condutividade (mS/cm)	3670 a 6060
Dureza (mgCaCO ₃ /L)	155 a 263
ST (mg/L)	5367 a 6708
STS (mg/L)	588 a 781
STD (mg/L)	4624 a 5926
SSF (mg/L)	73 a 182

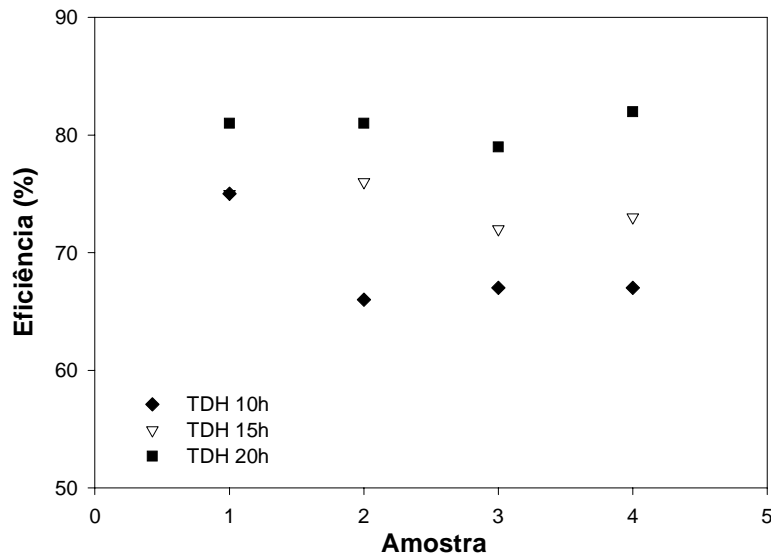


Figura 4 – Comparação dos valores de eficiência de remoção de DQO total para os TDH de 10h, 15h e 20h.

Para valores da relação DBO/DQO próximos de 0,21 a água residuária estudada pode ser considerada moderadamente biodegradável.

O reator de lodos ativados em batelada e aeração prolongada apresentou boa eficiência na remoção de DQO total, fornecendo-se valores médios de 67%, 74% e 81% para os tempos de detenção hidráulica de 10h, 15h e 20h, respectivamente.

O reator de lodos ativados em batelada e aeração prolongada pode ser considerado uma interessante alternativa na remoção de DQO total e DBO de águas de indústrias têxteis de fabricação do índigo.

Devem-se proceder estudos complementares, como por exemplo estudos financeiros, que avaliem se o ganho de 14% de eficiência de remoção de DQO total entre os TDH de 10h e 20h é compensado com o gasto do dobro da energia de aeração do sistema. A partir de então, devem-se buscar seqüências alternativas de tratamento (biológicas, físico-químicas etc.) que garantam os menores custos no tratamento da água residuária têxtil em questão.

AGRADECIMENTOS

Os autores são gratos ao CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pelos auxílios e

bolsa de mestrado que permitiram a execução deste trabalho. Agradecimentos também à Santana Têxtil pela permissão da coleta da água residuária estudada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APHA, WEF, ASCE. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 18ª edição. Washington: American Public Health Association, 1992. 1134p.
- CARLIELL, C.M., BARCLAY, J.S., SHAW, C., WHEATLEY, A.D., BUCKLEY, C.A. The effect of salts used in textile dyeing on microbial decolourisation of a reactive azo dye. *Environmental Technology*, v.19, p. 1133-1137, 1998.
- CARNEIRO, E.V., LEÃO, M.M.D., ANDRADE, L.I.F., MOREIRA, R.V., OLIVEIRA, A.P. Tratabilidade de efluentes têxteis em reatores de lodos ativados por batelada. In 20º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, p. 538-545, 1999.
- EPA, United States Environmental Protection Agency. *Best management practices for pollution prevention in the textile industry*. Washington, Office of Compliance, 1996. 296p.
- FEITKENHAUER, H., MEYER, U. Integration of biotechnological wastewater treatment units in textile finishing factories: from end of the pipe solutions to combined production and wastewater treatment units. *Journal of Biotechnology*, v. 89, p. 185-192, 2001.
- FIELD, J.A., STAMS, A.J.M., KATO, M., SCHRAA, G. Enhanced biodegradation of aromatic pollutants in co-cultures of anaerobic and aerobic bacterial consortia. *Antonie van Leeuwenhoek*, v. 67, p. 47-77, 1995.
- LI, X.Z., ZHAO, Y.G. On-site treatment of

dyeing wastewater by a bio-photoreactor system. *Water Science and Technology*, v.36, n.2-3, p. 165-172, 1997.

O'NEILL, C., HAWKES, F.R., HAWKES, D.L., LOURENÇO, N.D., PINHEIRO, H.M., DELEE, W. Colour in textile effluents – sources, measurements, discharge consents and simulation: a review. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, v.74, p. 1009-1018, 1999.

O'NEILL, C., LOPES, A., ESTEVES, S., HAWKES, F.R., HAWKES, WILCOX, S.J. Azo-dye degradation in an anaerobic-aerobic treatment system operating on simulated textile effluent. *Applied Microbiology and Biotechnology*, v.53, p. 249-254, 2000.

PAGGA, U., BROWN, D. The degradation of dyestuffs: Part II – Behavior of dyestuffs in aerobic biodegradation tests. *Chemosphere*, v.15, n.4, p. 479-491, 1986.

RIGONI-STERM, S., SZPYRKOWICZ, L., ZILIO-GRANDI, F. Treatment of silk and lycra printing wastewaters with the objective of water reuse. *Water Science and Technology*, v.33, n.8, p. 95-104, 1996.

TALARPOSHTI, A. M., DONNELLY, T., ANDERSON, G. K. Colour removal from a simulated dye wastewater using a two-phase anaerobic packed bed reactor. *Water Research*, v.35, n.2, p. 425-432, 2001.

VAN DER ZEE, F., BOUWMAN, R. H. M., STRICK, D. P. B. T. B., LETTINGA, G., FIELD, J. A. Application of redox mediators to accelerate the transformation of reactive azo dyes in anaerobic bioreactors. *Biotechnology and Bioengineering*, v.75, n.6, p.691-701, 2001.

VON SPERLING, M. *Lodos Ativados*. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, SEGRAC, 1997. 416p.

WORLD BANK GROUP. *Pollution Prevention and Abatement Handbook*, p. 408-412, 1998.

Endereço para correspondência:

André Bezerra dos Santos
Sub-department of
Environmental Technology
Wageningen University

P.O.Box 8129, 670EV
Wageningen, The Netherlands

Fax: 31 (317) 484108

andre.santos@algemeen.mt.wau.nl