

# TRATAMENTO COMBINADO DE UMA MISTURA DE CHORUME E ESGOTO URBANO MEDIANTE UM REATOR DE BIODISCOS

Laura Binaghi<sup>1</sup>, Michela Calonico<sup>1</sup>, Attilio Converti<sup>1</sup>, Marco Del Borghi<sup>1</sup>,  
Silvio Silvério Da Silva<sup>2</sup>, Sunao Sato<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Dipartimento di Ingegneria Chimica e di Processo "G.B. Bonino", via Opera Pia 15, I-16145 Gênova, Itália, converti@unige.it

<sup>2</sup>Departamento de Biotecnologia, Faculdade de Engenharia Química de Lorena, Rodovia Itajubá-Lorena, km 74,5, 12600-000, Lorena, São Paulo, SP

<sup>3</sup>Departamento de Tecnologia Bioquímica-Farmacêutica, Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, Av. Prof. Lineu Prestes, 580/B16, 05508-900, São Paulo, SP

## ABSTRACT

This work aims at evaluating the efficiency of an aerobic biological treatment of a mixture of leachate and municipal wastewater using a Rotating Biological Contactor, designed for the combined removal of organic load and ammonia. A simple kinetic model has been proposed to take into account the non-biodegradable fraction of COD and a scale-up study has been performed to design a real-scale plant with 2000 m<sup>3</sup>/d potentiality.

## 1. INTRODUÇÃO

O chorume produzido in aterros sanitários para resíduos sólidos urbanos constitui uma das mais sérias tarefas associadas à manutenção dos aterros, pois pode criar consideráveis problemas ambientais se entrar em contato com o solo ou com as águas superficiais e subterrâneas. A composição do chorume varia muito em função da quantidade e da qualidade dos resíduos, assim como da idade do aterro e do clima (Andreottola *et al.* 1992, Hoilijoki *et al.* 2000); chorumes produzidos faz pouco têm geralmente um fortíssimo poder poluente e se caracterizam por baixo pH, elevadas DBO<sub>5</sub> (4000–13000 mg/l) e DQO (10000–60000 mg/l), assim como por elevado conteúdo em nitrogênio (>100 mg/l, mais de 90% do qual sendo NH<sub>4</sub><sup>+</sup>). A carga orgânica pode-se reduzir a valores aceitáveis dentro de 2-10 anos enquanto resultados comparáveis para o amônio demoram de 50 até 100 anos (Ehrig 1989, Hjelmar *et al.* 1995).

Por essas razões o chorume tem que ser coletado e tratado de forma apropriada antes de voltar ao meio ambiente. São varias as opções disponíveis para seu tratamento, cujas eficiências variam notavelmente. Entre os métodos mais comuns, de tipo biológico, químico, térmico e físico (separação por meio de membranas), os físico-químicos são geralmente considerados pouco eficazes e excessivamente caros. Embora os processos biológicos que utilizam biomassa suspensa, como o processo a lodos ativados, aparentem ser aptos ao tratamento de chorume, um certo numero de problemas ainda precisa ser resolvido, entre os quais o uso de longos tempos de aeração, no caso de tanques de grande volume (Garzon-Zuñiga and González-Martinez 1996), e a remoção do nitrogênio, que pode ser eficazmente efetuado para os esgotos municipais através do processo de nitrificação-desnitrificação (Gupta and Gupta 1999).

Entre as tecnologias biológicas mais inovadoras vale a pena ressaltar o "reator a biodiscos", que consta de discos poliméricos paralelos com função de suporte para a imobilização celular, dispostos verticalmente e submergidos por cerca de 40% da própria superfície num tanque de aeração. A água a ser tratada passa por dentro do tanque enquanto os biodiscos rodam, expondo a biomassa alternadamente aos poluentes e ao ar (Mba *et al.* 1999). Até hoje esta configuração de reator tem sido empregada com sucesso para a redução separada ou da carga orgânica do chorume ou de seu conteúdo em NH<sub>4</sub><sup>+</sup>. Por isto, neste trabalho tem sido avaliada a fatibilidade do processo de tratamento aeróbico combinado deste poluente junto com esgotos urbanos para a remoção simultânea de DQO e NH<sub>4</sub><sup>+</sup>.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

O chorume usado neste trabalho (DQO = 1.500 mg/l e NH<sub>4</sub><sup>+</sup> = 470 mg/l) foi coletado no aterro sanitário de Città Montà de Cadibona, localizada perto da cidade de Savona, Itália, enquanto que o lodo e o esgoto (DQO = 250 mg/l e NH<sub>4</sub><sup>+</sup> = 50 mg/l) provieram da estação biológica de tratamento de Punta Vagno, Gênova, Itália.

Foram usados métodos padrão para as determinações de DQO, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup> e NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (APHA 1985). O tratamento biológico e a aclimação do lodo foram executados num reator de biodiscos de bancada, cujas características são resumidas na Tabela 1. O sistema consistia num tanque cilíndrico de volume total de 2 litros, equipado com 5 discos revestidos de um material polimérico misto de poliamida e poliésteres.

**Tabela 1.** Características do reator de biodiscos de bancada usado para o tratamento aeróbico de chorume junto com esgoto urbano.

Volume total	2.000 cm <sup>3</sup>
--------------	-----------------------

Volume de trabalho	1.000 cm <sup>3</sup>
Diâmetro dos discos	13,8 cm
Área específica dos discos	300 cm <sup>2</sup>
Espessura dos discos	5 mm
Distância entre os discos	15 mm
Comprimento do reator	20,4 cm

O reator foi inicialmente alimentado somente com esgoto urbano para possibilitar desenvolvimento de um abundante biofilme sobre a superfície dos discos. Após 21 dias, o chorume foi adicionado ao esgoto até atingir uma percentagem em volume de 10% dentro de uma semana. Uma vez alcançadas condições de estado pseudo-estacionário, foram testados diferentes tempos de residência ( $\tau = 2, 4$  e  $8$  h), correspondentes a vazões da alimentação de 0,500, 0,250 e 0,125 l/h, para avaliar a influência deste parâmetro sobre a eficiência de remoção do processo. Para relacionar a eficiência à superfície dos discos, ao término de cada ensaio contínuo foram retiradas amostras em 4 pontos diferentes do reator, correspondentes a 0, 150, 900 e 1.500 cm<sup>2</sup>. Determinações de DQO, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup> e NO<sub>3</sub><sup>-</sup> foram realizadas diariamente durante os ensaios contínuos assim como ao longo do reator.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 ilustra os resultados dos ensaios contínuos conduzidos a diversos tempos de residência, em termos de eficiências médias de remoção das substâncias orgânicas e do amônio. Em adição, para averiguar a eficiência do processo de nitrificação-desnitrificação, são apresentadas também as concentrações de NO<sub>2</sub><sup>-</sup> e NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na saída do reator.

**Tabela 2.** Resultados de ensaios contínuos de tratamento aeróbico de uma mistura de esgoto e chorume procedente de aterro sanitário.

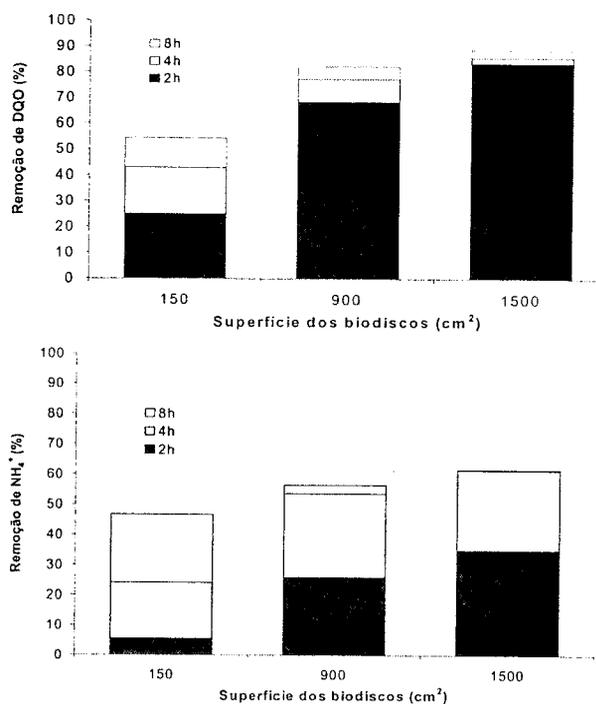
$\tau$ (h)	Y <sub>DQO</sub> (%)	Y <sub>NH<sub>4</sub><sup>+</sup></sub> (%)	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)
4	84	60	7	ausente
8	88	61	6	ausente
4	84	60	7	ausente

Estes resultados demonstram uma satisfatória eficiência de remoção da DQO: a fração removida de substâncias orgânicas aumentou progressivamente com o aumento do tempo de residência de 2 até 8 h. Ao contrário, o rendimento de remoção de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> aumentou de 33 até 60% quando o tempo de residência passou de 2 a 4 h, enquanto nenhuma variação apreciável foi detectada por valor de  $\tau$  superior. Em paralelo à

melhoria na oxidação do amônio, a concentração de nitrito aumentou de 2 mg/l ( $\tau = 2$  h) para 7 mg/l ( $\tau = 4$  h) e 6 mg/l ( $\tau = 8$  h), enquanto não se observou acúmulo de nitrato nestas condições experimentais.

Quanto à remoção da DQO, os resultados obtidos neste estudo demonstram uma excelente eficiência do processo de tratamento combinado do chorume junto ao esgoto. Obteve-se um efluente cuja DQO foi sempre menor do que o valor máximo admitido pela local lei regional, ao contrário do ocorrido com NH<sub>4</sub><sup>+</sup>.

A Figura 1 mostra o comportamento da remoção simultânea de DQO e amônio em função da superfície disponível para o crescimento celular, que tem sido avaliado retirando amostras ao longo do comprimento do reator.



**Figura 1.** Remoções de DQO e NH<sub>4</sub><sup>+</sup> em função da superfície dos biodiscos, obtidas a diversos tempos de residência.

### 4. MODELO CINÉTICO

As mais comuns expressões disponíveis na literatura para descrever a velocidade de remoção podem ser aplicadas só para particulares meios e não podem ser usadas como equações gerais por qualquer tipo de efluente. A configuração de reator utilizada neste estudo tem sido modelada como uma série de reatores CSTR: supondo que cada estágio do reator possa ser considerado um CSTR de volume  $V$  e superfície  $A$ , em condições de estado estacionário a velocidade de remoção do DQO,  $r$ , pode ser descrita pela equação de balanço de matéria (Del Borghi *et al.* 1980):

$$\frac{L}{A} \times (S_{i-1} - S_i) = r$$

onde  $L$  é a vazão e  $S$  a concentração de substrato. Os resultados obtidos ao longo do comprimento do reator têm sido interpolados segundo a equação acima, fornecendo a linha reta de Figura 2, que mostra como a velocidade de remoção torne-se nula por  $S = 41.1$  mg/l. Este valor indica a fração não biodegradável da DQO enquanto a inclinação da reta fornece o valor da razão  $L/A = 0,33$  l d<sup>-1</sup> m<sup>-2</sup>.

**Figura 2.** Ilustração gráfica do método proposto para dimensionar um reator de biodiscos para o tratamento combinado de chorume e esgoto.

Problemas de planejamento diversos podem ser resolvidos graficamente (Del Borghi *et al.* 1985). Uma aplicação típica é a estimativa do número de estágios necessários para obter um efluente cuja concentração seja inferior a um limite prefixado, por exemplo, por lei. Usando os dados da Figura 2, em que são indicadas a concentração em ingresso ( $S_0 = 300$  mg/l) e aquela desejada no efluente ( $S_e = 60$  mg/l), se pode estimar que o tratamento de uma vazão de 2.000 m<sup>3</sup>/d da mistura considerada precisaria de um reator constituído por 3 estágios e capaz de fornecer uma área disponível ao crescimento celular de 10.000 m<sup>2</sup>.

#### 4. CONCLUSÕES

Neste trabalho tem sido avaliada a eficiência de um reator de biodiscos no tratamento biológico aeróbico de uma mistura de chorume e esgoto urbano. O sistema mostrou uma capacidade satisfatória de reduzir a carga orgânica. Obteve-se um efluente cuja DQO foi sempre menor do que o valor máximo admitido pela local lei regional. Ao contrário, a remoção do amônio foi satisfatória somente por valores de  $\tau \geq 4$  h, embora os limites fixados não puderam ser respeitados. Através de um simples modelo cinético que considera este reator como uma série de CSTRs, tem sido considerada a influência da fração não biodegradável sobre a cinética de remoção da DQO. Em fim, os resultados experimentais em escala de laboratório tem sido usados para a estimativa do número de estágios e da área necessária para um reator de potencialidade de 2.000 m<sup>3</sup>/d.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APHA (1992) *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 16th edn., APHA-AWWA-WPCF, Washington, DC
- Gupta AB, Gupta SK (1999) *Wat. Res.* **33**: 555-561.
- Mba D, Bannister RH, Findlay GE (1999) *Wat. Res.* **33**: 3679-3688.
- Andreottola G, Cannas P (1992) In: *Landfill of Waste: Leachate*, Christensen TH, Cossu R, Stegmann R eds., Elsevier, Essex, UK, pp. 65-88.
- Ehrig HJ (1989) In: *Sanitary Landfilling: Process, Technology and Environmental Impact*, Christensen TH, Cossu R, Stegmann R eds., Chap. 4.2, Academic Press, London, pp. 213-229.
- Garzon-Zuñiga MA, González-Martinez S (1996) *Wat. Sci. Technol.* **34**(1-2): 293-301.
- Del Borghi M, Palazzi E, Rubino L, Zerbo MA, Ferraiolo G (1980), *AES*, **abril**: 55-62.
- Del Borghi M, Palazzi E, Rubino E, Parisi F, Ferraiolo G (1985) *Wat. Res.* **19**: 573-580.
- Hoilijoki TH, Kettunen RH, Rintala JA (2000) *Wat. Res.* **34**: 1435-1446.
- Hjelmar O, Johannessen LM, Knoz K, Ehrig HJ, Winther P, Christensen TH (1995) In: *Sardinia '95. Fifth International Waste Management and Landfill Symposium*, Vol. 1, pp. 243-261.

