



Tratamento de efluente por reator biológico aeróbio com membrana visando o reúso de água

Ricardo N. Costanzi¹; Ivanildo Hespanhol²; Lucia N. Asada¹ & Adriana Marques²

¹ Escola Politécnica da USP, Departamento de Hidráulica e Saneamento, Av. Prof. Almeida Prado 83. Cidade Universitária, São Paulo, SP. Fone:(11) 3091-5528. E-mail: ricardo.costanzi@poli.usp.br; lucia.asada@poli.usp.br

² CIRRA, Av. Prof. Lucio Martins Rodrigues, 120, Cidade Universitária, São Paulo, SP, Fone: (11) 3039-3283. E-mail: ivanhes@usp.br; adriana.marques@poli.usp.br

Protocolo 151

Resumo: Em grandes centros urbanos e em determinadas regiões, a escassez de água induz a necessidade de utilização de novas fontes de água. Desta forma, o reúso de água originado do tratamento de efluentes tem sido destacado como alternativa para suprir a demanda de água. Este trabalho teve como objetivo analisar a viabilidade de um sistema de tratamento de efluente composto por reator aeróbio associado a membranas de ultrafiltração (reator biológico com membranas externas), visando produzir água para reúso. Os resultados qualitativos observados demonstram maior eficiência de remoção das variáveis analisadas quando comparados com sistemas de lodos ativados convencionais. Observou-se, a possibilidade de diversos usos do permeado produzido para atividades urbanas e industriais, porém, foi verificada a necessidade de remoção de sais para alguns tipos de reúso, tais como em sistemas de resfriamento industrial, devido, principalmente, à elevada concentração de cálcio e magnésio.

Palavras-chave: lodos ativados, ultrafiltração, conservação de água

Membrane bioreactor for wastewater treatment and water reuse

Abstract: The shortage of water induces the necessity of use of the new water sources in urban centers and in certain regions. Thus the reuse of water originated from the effluent treatment has been pointed out as an alternative. This work aimed at analyzing the feasibility of an effluent treatment system, composed of an aerobic reactor associated to an ultrafiltration membrane (biologic reactor with an external membrane) with the main idea of reuse. The qualitative observed results have shown a high removal efficiency in many systems analyzed when compared with a conventional activated sludge system. The possibility of a variety of uses of the produced permeate for urban and industrial activities was observed. However, the necessity of salt removal for some kind of uses, such as, in the cooling systems was verified. This was mainly due to high level concentration of calcium and magnesium.

Key words: activated sludge, ultrafiltration, water conservation

INTRODUÇÃO

Os recursos hídricos vêm sendo degradados rapidamente nas últimas décadas, em virtude do desenvolvimento caótico e desordenado da urbanização, a qual é imposta por políticas industriais e de expansão urbana incompatíveis com o desenvolvimento sustentável e, particularmente, com a proteção e manutenção da qualidade dos corpos d' água.

Desta forma, a necessidade de implantação de novos projetos que concentrem as práticas de tratamento para originar fontes de água para reúso decorre da diminuição de oferta de água associada ao aumento do consumo e da

tendência da legislação ambiental tornar-se mais restritiva (Costanzi, 2000).

O aumento do reúso de água incide na contínua identificação de novas fontes pelo desenvolvimento de sistemas de tratamento, que ofereçam qualidade, volume e viabilidade econômica adequada, sendo as águas residuárias municipais, fonte mais comum e disponível para reúso (WPCF, 1989).

Dentro deste cenário, os reatores biológicos com sistemas de membranas surgem como uma nova tecnologia, vindo suprir requisitos de qualidade no tratamento de águas residuárias domésticas e possibilitando o reúso de água em sistemas industriais.

Este trabalho foi realizado com o objetivo de analisar a viabilidade do reúso de efluentes domésticos tratados por sistema biológico aeróbio associado a sistema de separação por membranas.

MATERIAL E MÉTODOS

Foi construído um sistema de tratamento biológico aeróbio junto ao Centro Internacional de Referência de Reúso de Água (CIRRA) no Centro Tecnológico de Hidráulica (CTH) na Universidade de São Paulo.

O sistema de tratamento pode ser descrito conforme o esquema representado pela Figura 1.

O sistema recebe esgoto proveniente de Restaurante Universitário e do Conjunto Residencial da Universidade de São Paulo (CRUSP), sendo recalcado para o CTH por uma elevatória da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP).

O esgoto proveniente da rede de recalque é lançado em uma caixa de entrada dotada de extravasor, seguida de um sistema de gradeamento com limpeza automática e sistema de desarenação, que é constituído por dois canais com operação de limpeza manual.

Após o sistema de desarenação, o esgoto atravessa uma calha parshall e é coletado em um reservatório de 500 L. Deste reservatório é bombeado para um tanque de 1.000 L, com a função de decantador e caixa separadora de gordura; em seguida, existe um tanque de equalização interligado por vaso comunicante e posteriormente o sistema de tratamento por lodos ativados associado a membranas.

O sistema de lodos ativados é composto por um reator aerado com capacidade de 850 L, quatro domos de bolhas finas e quatro paredes de acrílico com 1 m de largura por 1 m de comprimento.

O sistema de aeração é formado por compressor de 350 L, rotâmetro e tubulação composta de ferro galvanizado e mangueiras de alimentação.

O decantador é feito em acrílico e possui forma circular com fundo cônico e capacidade útil de aproximadamente 1.000 L e capacidade máxima de 1230 L. Também, possui raspador com inversor de frequência.

O sistema de membrana utilizado possui dois módulos com membranas tubulares perfazendo uma área total de aproximadamente 1,4 m² (cada módulo com aproximadamente 0,7 m²). Cada módulo possui sete membranas tubulares, sendo cada uma com porosidade média de 0,05 µm e 0,5 polegadas de diâmetro (Figura 2).



Figura 2. Sistema de lodos ativados composto por reator aerado (RA) e decantador (DEC) junto a sistema de membranas (SM)

Complementando o sistema de membranas, acoplaram-se dois manômetros, um para medição de pressão de entrada e outro para pressão do permeado, além de um sistema de controle automático para controle da perda de carga nos módulos de membrana.

Foram realizadas análises físico-químicas e medições relacionadas ao esgoto bruto e ao sistema de tratamento.

Em uma primeira fase, analisaram-se as eficiências relacionadas apenas ao sistema de lodos ativados convencional composto de reator aerado e decantador secundário. Posteriormente, realizou-se um teste para levantamento de parâmetros quantitativos e qualitativos, pela APHA (2001), do sistema composto de reator aerado acoplado a sistema de membranas, representado pelo esquema da Figura 3.

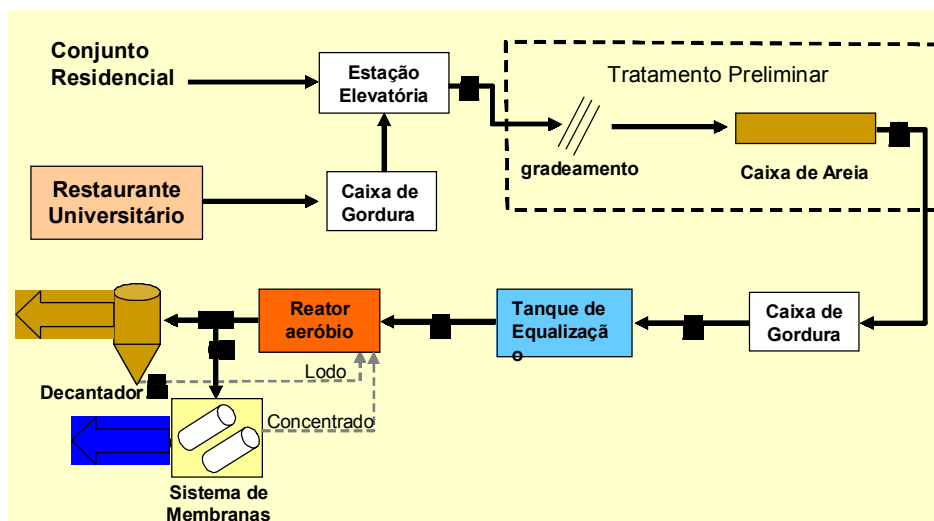


Figura 1. Descrição do sistema de tratamento implantado junto ao CIRRA

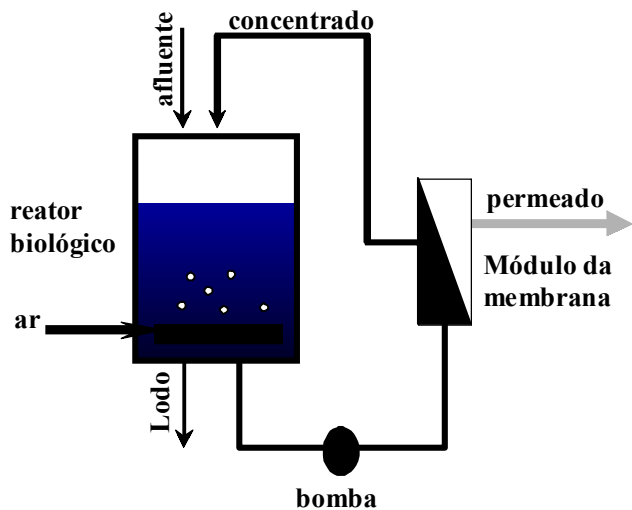


Figura 3. Esquema de sistema de tratamento composto de reator aerado acoplado a sistema de membranas

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi realizada a caracterização do efluente bruto proveniente do restaurante universitário e do CRUSP (Tabela 1). Na Tabela 2 observam-se valores do tanque de aeração (TA) e do efluente do sistema de lodos ativados, composto de reator aeróbio e decantador secundário.

Quanto ao tratamento preliminar, foram constatadas concentrações elevadas de substâncias solúveis em hexano,

variando entre 353 a 515 mg.L⁻¹. Em relação à eficiência do tanque de remoção de gordura, pode-se observar, de início uma eficiência variando entre 85,8 e 90,3%. Desta forma, conclui-se que, mesmo com uma eficiência de remoção alta, a concentração de óleos e graxas pode afetar o desempenho do sistema de membranas.

Em relação aos sólidos suspensos totais, pode-se observar de início uma eficiência próxima de 74% no decantador primário.

Os altos valores para a variável sólidos suspensos totais podem ser explicados pela entrada do sistema de esgoto se localizar a aproximadamente 20 cm do fundo do tanque de equalização.

Quanto à eficiência de remoção do sistema de lodos ativados composto de reator aerado e decantador secundário, observou-se que, em relação aos sólidos suspensos totais foi, em média, de 85,9% com desvio padrão de 14,2; os sólidos suspensos voláteis foi, em média, de 85,2% com desvio padrão de 15,1; a DBO foi, em média, de 82,7% com desvio padrão de 12,7; a DQO foi, em média, de 80,2% com desvio padrão de 13,5.

Realizou-se teste do sistema de tratamento composto por reator aerado e sistema de membrana (Bioreator com membrana), sendo os resultados apresentados nas Tabelas 3 e 4.

Em relação ao sistema convencional de lodos ativados e ao sistema de reator biológico associado com membranas, observa-se aumento na eficiência de remoção de DQO de aproximadamente 78% e de sólidos suspensos totais de aproximadamente 100%.

Tabela 1. Dados do esgoto bruto após tratamento preliminar composto por gradeamento e desarenador

Resultados	Variáveis Analisadas									
	SST (mg.L ⁻¹)	SSV (mg.L ⁻¹)	pH	Alcalinidade (mg CaCO ₃ L ⁻¹)	DBO (mg L ⁻¹)	DQO (mg L ⁻¹)	P Total (mg L ⁻¹)	NTK (mg L ⁻¹)	NH ₃ (mg L ⁻¹)	Nitrato (mg L ⁻¹)
Média	550	475	7,08	292	322	621	2,2	84	54	1,1
Desvio padrão	472	410	0,32	134	156	302	1,0	29	10	1,6

SST – Sólidos Suspensos Totais; SSV – Sólidos Suspensos Voláteis; DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio; DQO – Demanda Química de Oxigênio; P – Fósforo, NTK – Nitrogênio Total Kjeldahl.

Tabela 2. Dados de variáveis referentes ao tanque de aeração e ao efluente do sistema de lodos ativados

Resultados	Variáveis Analisadas													
	SST (mg L ⁻¹)		SSV (mg L ⁻¹)		pH		Alcalinidade (mg CaCO ₃ L ⁻¹)		DBO (mg L ⁻¹)		DQO (mg L ⁻¹)		Temp (°C)	OD (mg L ⁻¹)
	TA	Ef	TA	Ef	TA	Ef	TA	Ef	Ef	Efluente filtrado	Ef	Efluente filtrado	TA	TA
Média	5319	39	4649	34	6,17	6,28	146	98	42	17	86	34	18,9	2,77
Desvio padrão	1597	27	1373	24	0,88	1,19	116	83	18	7	68	17	3,4	2,24

SST – Sólidos Suspensos Totais; SSV – Sólidos Suspensos Voláteis; DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio; DQO – Demanda Química de Oxigênio; Ef – Efluente; P – Fósforo, NTK – Nitrogênio Total Kjeldahl; TA – Tanque de Aeração.

Tabela 3. Dados quantitativos e qualitativos iniciais do permeado do sistema de lodos ativados com membrana externa

Tempo (min)	Vazão de permeado (L hr ⁻¹)	Rendimento do módulo (%)	□P (Kg f cm ⁻²)	DQO (mg L ⁻¹)	Condutividade (S cm ⁻¹)	pH	Alcalinidade (mg L ⁻¹)	Sólidos Totais (mg L ⁻¹)	Cor (uC)	Turbidez (uT)
0	90,0	3,15	1,7	4,2	530	5,42	2,0	440	14	0,171
15	45,4	1,59	1,4	14,2	486	5,18	2,0	420	13	0,177
30	36,0	1,26	1,4	9,4	482	5,2	2,5	370	12	0,174
45	31,4	1,10	1,4	17,65	488	5,08	2,5	380	13	0,178
60	28,2	0,99	1,4	18,6	493	5,06	2,5	390	15	0,201

Tabela 4. Dados de caracterização de sais do permeado

Tempo (min)	Dureza (mg CaCO ₃ L ⁻¹)	Cálcio (mg CaCO ₃ L ⁻¹)	Magnésio (mg L ⁻¹)	Cloretos (mg L ⁻¹)
0	62	37	25	74
15	128	72	56	72
30	126	61	65	72
45	115	62	53	70
60	128	78	50	69

Tabela 5. Comparação qualitativa do efluente do sistema de Bioreator com membrana com tipos de água

Variáveis	Aspectos qualitativos de água referentes a fontes diversas			
	Água produzida pelo sistema de Bioreator com membrana	Água de reposição para Torres de Resfriamento com 5 ciclos (WPCF, 1989)	Portaria 518/2004	Água de Resfriamento (Crook, 1996)
DQO (mg L ⁻¹)	19	75	-	75
Condutividade (µS cm ⁻¹)	530	-	-	-
pH	5,06	-	6,0 e 9,5	6,9 a 9,0
Alcalinidade (mg L ⁻¹)	2,5	350	-	350
Turbidez (uT)	0,2	-	5	50
Dureza (mg CaCO ₃ L ⁻¹)	128	650	500	650
Cálcio (mg CaCO ₃ L ⁻¹)	78	50	-	50
Magnésio (mg L ⁻¹)	65	-	-	0,5
Cloretos (mg L ⁻¹)	74	500	250	500 ou menos
*Sólidos Totais (mg L ⁻¹)	440	500	1000	500

*Pode ser utilizado como comparação dos dados referentes aos sólidos dissolvidos totais.

Conforme a Tabela 5, nota-se a possibilidade de reúso da água produzida com a correção de alguns parâmetros em diversas atividades, como: lavagem de pisos, sistemas de combate a incêndio, sistemas prediais secundários (excluídos sistemas para dessedentação) e usos industriais (dependendo do uso específico de água e do tipo de indústria).

Faz-se necessário, para alguns usos mais específicos, como sistemas de resfriamento ou geração de vapor, a necessidade de remoção de sais. Em geral, nestes processos industriais são utilizados sistemas de membrana de osmose reversa, processos de destilação ou processos eletrolíticos.

Desta forma, as indústrias já possuem instalações visando remover os sais da água tratada, o que viabilizaria o reúso de água da Estação de Tratamento de Efluentes para a maioria das atividades industriais.

O sistema de tratamento de reator biológico com membrana apresenta vantagens qualitativas quanto à produção de água para reúso comparativamente a outros sistemas de tratamento de efluentes. Porém, devem-se levar em consideração os custos associados, a baixa taxa de produção de permeado e problemas referentes a colmatação da membrana.

CONCLUSÕES

A modificação do sistema de lodos ativados convencional pela substituição do sistema de separação de sólidos do decantador secundário pelo sistema de membranas no teste realizado, apresentou:

1. Aumento elevado da eficiência de remoção de sólidos e DQO em relação ao sistema de lodos ativados convencional.
2. Possibilidade de reúso para várias atividades urbanas e industriais.
3. Elevada concentração de sais para uso em sistemas de resfriamento industrial.

LITERATURA CITADA

- APHA - American Public Health Association. Standard methods for examination of water and wastewater. 20th 2001.
- Costanzi, R. N.; Estudo de tratamento físico-químicos – flotação por ar dissolvido, sedimentação, microfiltração e ozonização – do efluente de uma fábrica de papel para imprimir visando o reúso de água. São Carlos: EESC. 2000. 268p. Dissertação
- Crook, J.; Water reclamation and reuse. Water Quality and Treatment – a handbook of community water supplies. 4^o ed., New York, McGraw-Hill, 1990.
- Portaria n^o 518. Norma de qualidade de água para consumo humano. http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/portaria_518_2004.pdf. 10/10/2005. 30p.
- Ravazzini, A.M.; van Nieuwenhuijzen, A.F.; van der Graaf, J.H.M.J.. Direct ultrafiltration of municipal wastewater: comparison between filtration of raw sewage and primary clarifier effluent. Desalination 178, 2005, 12p.
- WPCF - Water Pollution Control Federation. Water reuse – Manual of practice. 2 ed. Alexandria, VA 22314, USA, 1989. 243p.