



## AVALIAÇÃO DO TRATAMENTO COMBINADO ANAERÓBIO-AERÓBIO DE EFLUENTE DE INDÚSTRIA DE ÓLEO DE ARROZ

Orlando Pereira Ramirez

Rui Martins Antunes

Maurizio Silveira Quadro

Paulo Roberto Koetz

### RESUMO

A avaliação de um reator UASB, em trabalho anteriormente realizado, como equipamento único para o tratamento de efluentes de indústria de extração e refino de óleo de farelo de arroz, apresentou resultado abaixo do necessário conforme os padrões de emissão. O tratamento anaeróbico pode ser complementado por um processo aeróbico, o qual também servirá como uma etapa de remoção de nutrientes, além da redução da carga orgânica. O UASB, como unidade de tratamento, pode possibilitar uma redução no tamanho físico da estrutura, no consumo de energia para aeração do sistema de lodo ativado, oferecendo ainda a opção de digerir o lodo aeróbico, e mantendo a qualidade no efluente final, a custos menores do que um sistema aeróbico tradicional. O uso integrado de reatores anaeróbios de fluxo ascendente (UASB) e sistemas de lodo ativado pode representar uma alternativa viável para sistemas híbridos de tratamento de águas residuárias industriais. A proposta deste trabalho foi a de acoplar um reator biológico aerado, do tipo de lodo ativado, em série ao reator UASB, com a finalidade de melhorar o efluente final. A eficiência geral do sistema foi de 92% de remoção da carga orgânica, mas o efluente final ainda continha concentrações de DQO equivalentes a 620 mg.L<sup>-1</sup>.

**Palavras-chave:** UASB; RBA; Efluente Oleoso.

### ABSTRACT

An UASB reactor performance as the only equipment for the treatment of the oily industrial effluent presented results lower than the necessary according to the emission patterns. The anaerobic treatment can be complemented by an aerobic one, which will also serve as nutrients removal process, besides the reduction of the organic load. An UASB reactor, can facilitate a reduction in the physical size of the total structure, in the consumption of energy for aeration of the system, still offering the option of digesting the aerobic sludge, and maintaining the quality in the final effluent, at smaller costs than an aerobic traditional system. The integrated use of anaerobic reactor (UASB) and aerobic activated sludge can represent a viable alternative for hybrid wastewater treatment. The proposal of this work was to study an aerobic biological reactor (activated sludge) following the UASB reactor, working with the purpose to improve the

final effluent quality. The total system organic load efficiency removal was 92% but the final effluent still contained concentrations as 620 mgCOD.L<sup>-1</sup>.

**Keywords:** UASB; RBA; Oily Effluent

---

## **AVALIAÇÃO DO TRATAMENTO COMBINADO ANAERÓBIO-AERÓBIO DE EFLUENTE DE INDÚSTRIA DE ÓLEO DE ARROZ**

### **Introdução**

Os processos anaeróbios de alta taxa para tratamento de efluentes líquidos, em especial o Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente de Manta de Lodo (UASB), têm-se apresentado como capaz de suprir algumas desvantagens dos sistemas aeróbios, principalmente no que diz respeito ao consumo energético e à menor geração de lodo. Porém, o efluente tratado por estes processos apresenta algumas características não satisfatórias do ponto de vista legal e ambiental (CHERNICHARO, 1997).

O processo de lodos ativados tem sido bastante utilizado para o tratamento de águas industriais e esgotos, apresentando elevada eficiência de tratamento, flexibilidade operacional, possibilidade de remoção de nutrientes, entre outras vantagens. Entretanto, lhe são atribuídas algumas desvantagens como: elevada mecanização, alto custo de implantação e manutenção, operação mais sofisticada e necessidade de tratamento do volume de lodo gerado (VON SPERLING, 1997).

Admite-se que um pré-tratamento anaeróbio tende a diminuir a carga orgânica afluente ao reator aeróbio e conseqüentemente, a demanda energética para a aeração e o volume de lodo produzido será muito menor, mantendo uma qualidade final do efluente compatível com a de um sistema aeróbio convencional (HAANDEL & LETTINGA, 1994).

Tentando promover um equilíbrio entre as vantagens e desvantagens dos sistemas aeróbios e anaeróbios, pesquisas recentes combinam estes processos, em especial uma primeira etapa anaeróbia seguida de um tratamento aeróbio. Esta configuração de tratamento apresenta-se como uma alternativa econômica, ainda pouco pesquisada a nível mundial. Algumas pesquisas já foram realizadas, entre as quais as descritas a seguir.

COLLETI et al (1997) estudaram em escala de laboratório o processo de lodos ativados como tratamento complementar de um reator anaeróbio compartimentado, com o objetivo de determinar constantes cinéticas do processo. O sistema de lodos ativados promoveu remoção de DQO em torno de 95 % e DBO em torno de 88 %.

SOUSA & FORESTI (1996) trabalharam com um sistema composto de um reator UASB seguido de dois reatores seqüenciais em batelada aeróbios (SBR), em paralelo, objetivando verificar o desempenho de remoção de DQO, NTK, SSV e de nitrogênio amoniacal. O sistema removeu em média 95 % da DQO e 85% do NTK.

SILVA et al (1995) estudaram um reator UASB em escala piloto tratando uma mistura de esgotos domésticos e efluentes industriais, onde estes últimos eram responsáveis por cerca de 50 % da carga orgânica e 90 % da vazão total.

Neste trabalho, apresenta-se o desempenho de um sistema anaeróbio/aeróbio para o tratamento de águas industriais de indústria de óleos vegetais, consideradas de difícil degradação.

## Materiais e Métodos

O trabalho foi realizado no Laboratório de Controle de Poluição do DCTA, da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, da Universidade Federal de Pelotas, no Rio Grande do Sul.

O sistema piloto no laboratório foi composto de um reator anaeróbio e um reator aeróbio, em série. O anaeróbio era um reator de fluxo ascendente de manta de lodo (UASB), de 12 L, com diâmetro de 150 mm, em PVC rígido, com saídas laterais para amostragem. O reator UASB operou com um tempo de detenção hidráulica de 1 d. Este reator foi inoculado com lodo proveniente de um reator anaeróbio, parcialmente granuloso, já tratando efluentes de indústria de beneficiamento de frutas e hortaliças, operando em regime de cargas próximas a  $5 \text{ kgDQO} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{d}^{-1}$ , na proporção de 30% de volume do UASB e uma concentração de sólidos suspensos voláteis de  $20.000 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  e de  $34000 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  para os Sólidos Suspensos Totais.

O reator biológico aerado (RBA), era uma caixa de vidro, de 16 L de volume útil, com aeradores distribuídos em toda a área inferior, de pedras porosas, do tipo usado em aquários, e um decantador secundário de vidro e volume de 0,6L, afunilada na sua parte inferior para coleta e reciclo dos biosólidos, por meio de bomba.

O inóculo do RBA foi retirado de um sistema de lodos ativados de uma indústria que tratava efluentes do beneficiamento de peles bovinas e dosados na concentração de  $4000 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ . O reator operou com um tempo de detenção de 32 h e o decantador com um tempo de detenção de 3 h. O sistema foi alimentado com o efluente pré-tratado pela empresa, com características apresentadas a seguir pela tabela 1.

Tabela 1. Parâmetros físico-químicos do afluente do sistema.

Parâmetros/relações	Unidades	Mínimo	Máximo
O & G	$\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	720	1400
Sulfatos	$\text{mg} \cdot \text{L}^{-1} \text{SO}_4$	500	1200
Fósforo	$\text{mg} \cdot \text{L}^{-1} \text{P}$	140	340
N-NTK	$\text{mg} \cdot \text{L}^{-1} \text{N}$	21	34
AVT	$\text{mg} \cdot \text{L}^{-1} \text{Hac}$	260	490
Alcalinidade	$\text{mg} \cdot \text{L}^{-1} \text{CaCO}_3$	680	1380
AVT/Alcalinidade		0,38	0,35
DQO/SO <sub>4</sub>		10,64	6,35

Fonte: Laboratório de Controle de Poluição LCP-FAEM (UFPEL).

O sistema consistia de reatores em série, a alimentação sendo bombeada para o reator UASB e o efluente do reator UASB era alimentado continuamente ao reator RBA. O efluente do RBA, passava pelo decantador, e por bomba reciclava o lodo aeróbio, como representado pela figura 1. Todas as análises seguiram as técnicas padrões do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 19ª edição.

Os parâmetros físico-químicos acompanhados durante o tempo da operação foram: pH, temperatura, DQO, SST, SSV, Oxigênio Dissolvido, Alcalinidade Total, Ácidos Voláteis Totais, N, P e Sulfato.

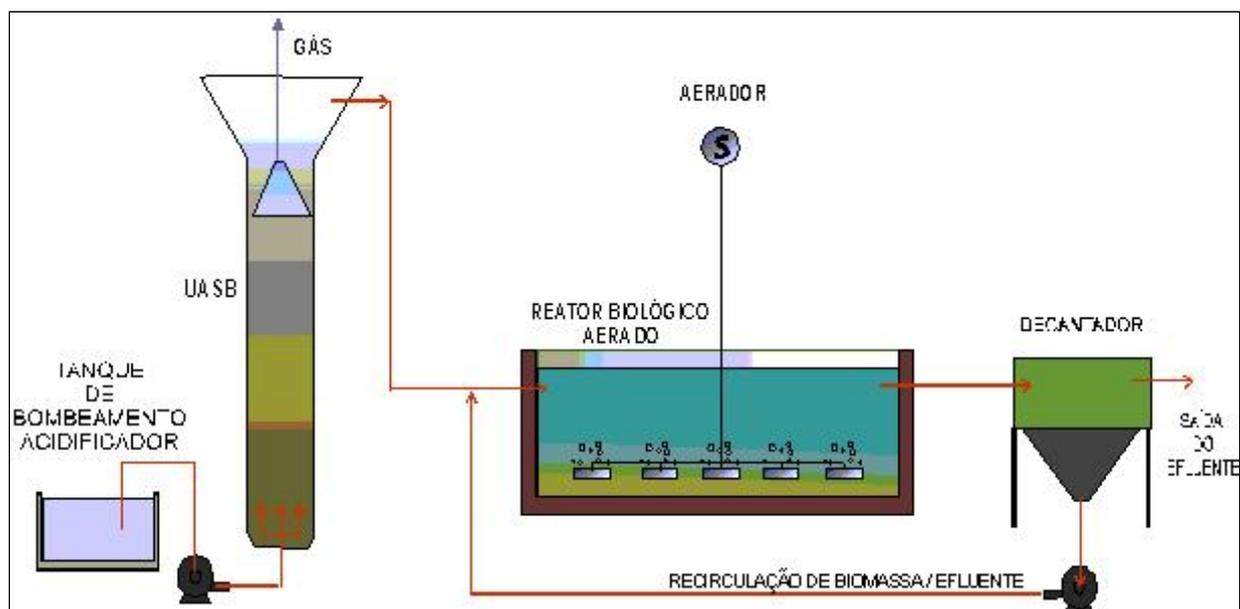


Figura 1. Fluxograma do experimento

## Resultados e Discussão

Os dados correspondem ao período de operação entre 2 de fevereiro e 4 de março de 1999. A variação de DQO solúvel está apresentada na tabela 2:

Tabela 2. Variação da DQO solúvel, da alimentação do sistema, do efluente do reator anaeróbio (UASB) e do efluente do reator aeróbio (RBA).

Tempo	Alimentação	UASB	RBA
d	mg.L <sup>-1</sup>	mg.L <sup>-1</sup>	mg.L <sup>-1</sup>
1	5.320	2.560	1.020
2	5.705	3.020	990
3	7.526	2.670	980
7	7.450	3.020	870
8	7.230	3.100	1.020
9	7.657	3.210	920
10	5.760	2.340	820
16	6.540	2.760	730
17	6.120	2.430	760
20	7.640	3.024	730
21	7.526	2.760	820
22	7.460	2.240	620
23	7.620	2.430	780
24	7.100	2.670	630
27	6.570	2.030	540
29	5.870	2.130	620
30	5.900	1.980	640
Média	6.764	2.610	794

A DQO da alimentação foi mantida entre 5.320 e 7.640 mg.L<sup>-1</sup>, com um valor médio de 6.764 mg.L<sup>-1</sup>. O pH da alimentação foi mantido na faixa de 6,8 até 7,2. A temperatura do sistema se manteve no valor de 30°C. A relação DQO/SO<sub>4</sub> foi mantida entre os valores de 6 e 10, e a relação AVT/Alcalinidade, abaixo de 0,35 mediante correções com carbonato de sódio, conforme recomendações de CHERNICHARO (1997). O teor de N-NTK foi corrigido para uma relação DQO/N de 20:1, mediante adição de doses convenientes de uréia.

O sistema de aeradores manteve a concentração de oxigênio dissolvido (OD) maior do que 1,2 mg.L<sup>-1</sup>. A relação entre o substrato e a biomassa disponível F/M, no RBA, foi mantida em torno de 0,4. O descarte de sólidos no RBA foi feito de modo a se ter uma idade de lodo próxima aos 40 d.

A eficiência de remoção de DQO do UASB, exposta pela fig. 3, não apresenta os resultados necessários para o sistema colocar o resíduo no corpo receptor. As eficiências médias estão ainda apresentadas na Tabela 3, sendo: 61,1% para a fase anaeróbia; 69,5% para a fase aeróbia e 88,1% para o sistema combinado.

Tabela 3. Eficiência de remoção de DQO solúvel do reator UASB e do reator aeróbio em relação ao reator UASB e do sistema combinado.

Tempo	UASB/Alim.	UASB/RBA	RBA/Alim.
Dias	E (%)	E (%)	E (%)
1	51,9	60,2	80,8
2	47,1	67,2	82,6
3	64,5	63,3	87,0
7	59,5	71,2	88,3
8	57,1	67,1	85,9
9	58,1	71,3	88,0
10	59,4	65,0	85,8
16	57,8	73,6	88,8
17	60,3	68,7	87,6
20	60,4	75,9	90,4
21	63,3	70,3	89,1
22	70,0	72,3	91,7
23	68,1	67,9	89,8
24	62,4	76,4	91,1
27	69,1	73,4	91,8
29	63,7	70,9	89,4
30	66,4	67,7	89,2
Média	61,1	69,5	88,1

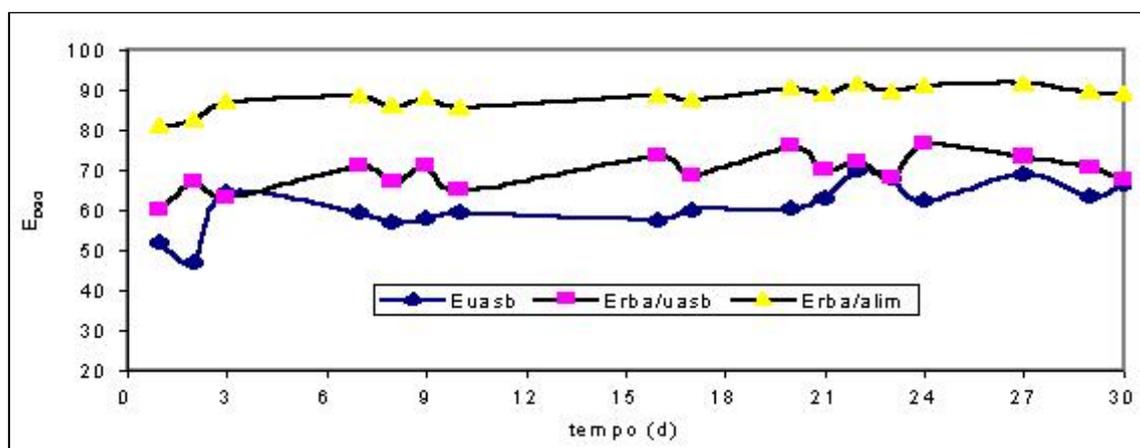


Figura 2. Eficiência de remoção de DQO solúvel do reator UASB, do reator aeróbio em relação ao reator UASB e do sistema combinado.

Os valores de O&G na alimentação são elevados, de acordo com trabalho semelhante feito por BORJA et al, (1996), já que assumiram valores de até  $1.400 \text{ mg.L}^{-1}$ , conforme a tabela 1.

De acordo com a mesma tabela, os valores de N-NTK encontravam-se na faixa de 21 a  $34 \text{ mg.L}^{-1}$ , para o fósforo na faixa de 140 até  $340 \text{ mg.L}^{-1}$ , valor razoavelmente elevado, provavelmente, devido à presença de fosfatídeos removidos do óleo e dispersos na água residual. Para a alcalinidade os valores encontrados foram entre 680 e  $1.380 \text{ mg.L}^{-1}$  e para a acidez volátil total entre 260 e  $490 \text{ mg.L}^{-1}$ .

A concentração de sulfato do efluente, resultou em uma relação DQO/SO<sub>4</sub> levemente baixa, que segundo CHERNICHARO (1997) torna a operação do reator UASB com risco de inibição das metanogênicas, pela competição com as bactérias sulfato redutoras. A biomassa do reator anaeróbio, analisada no final do experimento,

apresentou um teor de O&G de  $1.600 \text{ mg.L}^{-1}$ , mostrando uma adesão interferente na digestão do substrato.

A eficiência de remoção de DQO do UASB, fig. 2, não consegue um bom desempenho. É provável que o teor de O&G tenha sido muito elevado, mesmo para o efluente equalizado pelo tratamento primário existente, podendo ser melhorado se o sistema primário sofresse alguns ajustes de modo a não transferir inadequadamente frações de óleo emulsionados com o fluido, que parcialmente ficaram aderidos a biomassa do UASB ou flutam e saem do sistema com o efluente. É conveniente notar que um maior tempo de detenção no RBA facilitaria a redução da carga orgânica do efluente.

## Conclusões

A eficiência máxima de remoção obtida, em DQO, do sistema completo foi de quase 92%. A concentração de DQO de descarga, neste caso, equivale a  $620 \text{ mg.L}^{-1}$  que ainda encontra-se muito acima do requisitado pela legislação ambiental para este tipo de indústria.

---

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APHA;AWWA;WPCF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. Washington, D.C.;19 ed, 1995.

BORJA, R. et al. A kinetic study of anaerobic digestion of olive Mill wastewater at mesophilic and thermophilic temperatures. *Environmental Pollution* 88, 1996, pp. 13-18.

CHERNICHARO, C.A.L. **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias - Reatores Anaeróbios**. Vol 5. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - UFMG. 1997.

COLETTI, F.J., POVINELLI, J., DANIEL, L. A. *Pós-tratamento por lodos ativados de efluentes provenientes de processos anaeróbios de tratamento de esgoto sanitário; Determinação de constantes cinéticas - 19o Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, Foz do Iguaçu, set/1997.

SOUSA, J.T de; FORESTI, E. *Domestic Sewage Treatment in a UASB - SBR Reator System*, **Wat.Sci.Tech**. Vol. 3, n. 3, 1996, pp. 73-84

SILVA, S.M.C.P da; SOBRINHO, P.A; Jr., A.S.G. *Avaliação do Sistema Reator UASB e Processo de Lodos Ativados para Tratamento de Esgotos Sanitários com Elevada parcela de Contribuição Industrial - 18o Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, Salvador, Bahia, set/95.

VAN HAANDEL, A. C., LETTINGA, G. - **Anaerobic sewage treatment: a practical guide for regions with a hot climate**. John Wiley and sons, 1994.

VON SPERLING, M.. **Princípios do Tratamento Biológico de águas Residuárias - Lodos Ativados**, Vol 4. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - UFMG. 1997.

---

## INFORMAÇÕES SOBRE OS AUTORES

[\( VOLTAR AO TEXTO \)](#)

### **Orlando Pereira Ramirez**

Engenheiro Químico pela Fundação Universitária do Rio Grande;

Mestre em Engenharia de Alimentos pela FURG;

Doutorando em Biotecnologia Ambiental pela Universidade Federal de Pelotas;

Professor e responsável pelo Laboratório de Saneamento Rural (LSR) da Faculdade de Engenharia Agrícola (FEA - UFPel);

Atuou por 20 anos em indústria de sabões.

[opr@zaz.com.br](mailto:opr@zaz.com.br)

### **Rui Martins Antunes**

Químico pela Universidade Católica de Pelotas;

Pesquisador-colaborador do Laboratório de Saneamento Rural (LSR) da Faculdade de Engenharia Agrícola (FEA - UFPel) e do Laboratório de Controle de Poluição (LCP - FAEM - UFPel).

[rui@ufpel.tche.br](mailto:rui@ufpel.tche.br)

### **Maurizio Silveira Quadro**

Acadêmico do último semestre de Engenharia Agrícola (FEA) da Universidade Federal de Pelotas (UFPel);

Bolsista de iniciação científica.

[mausq@ufpel.tche.br](mailto:mausq@ufpel.tche.br)

### **Paulo Roberto Koetz**

Engenheiro Químico pela Fundação Universitária do Rio Grande;

Mestre em Tecnologia de Alimentos pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP);

Doutor em Engenharia de Despoluição pelo Instituto Nacional de Ciências Aplicadas de Toulouse (INSA) França;

Professor da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM) da Universidade Federal de Pelotas (UFPEL);

Responsável pelo Laboratório de Controle de Poluição (LCP - FAEM).

[koetzpr@ufpel.tche.br](mailto:koetzpr@ufpel.tche.br)

Universidade Federal de Pelotas  
Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel  
Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial  
Laboratório de Controle de Poluição  
Campus Universitário, s/no - Caixa Postal 354  
CEP 96010-900 - Pelotas, RS - BRASIL Fone:(53) 275-7278

#### SUMÁRIO

**OLAM - Ciênc. & Tec.**

**Rio Claro  
ISSN 1519-8693**

**Vol 2**

**nº 2 p. 81 - 91  
[www.olam.com.br](http://www.olam.com.br)**

**Novembro / 2002**