



## II-308 - TRATAMENTO BIOLÓGICO DE EFLUENTES COM ELEVADO TEOR DE SURFACTANTE

### **Marcelo Batista de Queiroz**

Graduanda em Química Industrial pela Universidade Estadual da Paraíba- UEPB. Aluno de Iniciação Científica – PIBIC/CNPq/UEPB.

### **Sílvia Peres de Castro<sup>(1)</sup>**

Licenciada em Química. Aluna de Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba.

### **Wilton Silva Lopes**

Químico Industrial. Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA UFPB/UEPB (2000), Doutor em Química, UFPB (2005). Professor do Departamento de Química – Universidade Estadual da Paraíba (UEPB).

### **Luciene Gonçalves Rosa**

Bióloga pela Universidade Estadual da Paraíba; Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente pelo PRODEMA/UFPB/UEPB. Aluna do doutorado em Recursos Naturais, UFCG.

### **José Tavares de Sousa**

Mestre em Engenharia Civil, UFPB (1986), Doutor em Hidráulica e Saneamento, USP (1996). Professor do Departamento de Química – Universidade Estadual da Paraíba (UEPB).

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Augusto Borborema, 240 - Cruzeiro. CEP: 58106-130. Campina Grande - PB  
e-mail: [silvia\\_peres\\_castro@hotmail.com](mailto:silvia_peres_castro@hotmail.com)

## **RESUMO**

Atualmente um dos grandes problemas das águas residuárias é que são ricas em compostos de difícil degradação, como é o caso dos surfactantes. Neste trabalho foi estudada a degradação aeróbia do alquilbenzeno linear sulfonado (LAS), este é bastante utilizado na fabricação de produtos de materiais de limpeza e muito presente em águas residuárias domésticas e industriais. Procurando melhorar esse tipo de efluente e atender aos padrões de qualidade exigidos para o lançamento em corpos d'água, já que isso é inevitável, foi construído, instalado e monitorado um reator aeróbio de lodo ativado em escala de bancada. O reator foi alimentado diariamente com substrato preparado pela adição de 0,1% de surfactante em esgoto doméstico e corrigido o pH com hidróxido de sódio, com um tempo de detenção hidráulica (TDH) de 24 horas. O trabalho experimental foi realizado na Estação Experimental de Tratamentos Biológicos de Esgotos Sanitários – EXTRABES – UEPB, localizado no bairro do Tambor na cidade de Campina Grande – PB. No período de monitoração do sistema experimental foram realizadas no material afluente e efluente do reator as análises de pH, alcalinidade total, NTK e DQO. O objetivo principal era tratar biologicamente efluentes com elevada carga orgânica, contendo substâncias surfactantes.

**PALAVRAS-CHAVE:** tratamento aeróbio, ácido sulfônico.

## **INTRODUÇÃO**

O despejo de efluentes industriais nos corpos d'água, sem o devido tratamento, tem provocado sérios problemas sanitários e ambientais. Os principais poluentes de origem industrial são os compostos orgânicos e inorgânicos e metais pesados. Outro importante poluente, são os detergentes para limpeza de equipamentos, utilizados em indústrias diversas. Entre estes estão os surfactantes, que é à base dos detergentes.

Os surfactantes alquilbenzenos sulfonados ramificados (ABS), são resultantes da sulfonação do propileno tetramérico e do benzeno, apresentam ótimo poder de limpeza. Estes contêm uma cadeia ramificada, o que dificulta ainda mais o seu tratamento, pois tem uma baixa biodegradabilidade, além de gerarem muita espuma nos corpos aquáticos. Outro tipo de surfactante é o alquilbenzeno sulfonados lineares (LAS), este tem uma maior biodegradabilidade. A base desses detergentes é constituída por alguns compostos, dos quais temos: agente umedecedor, que são os tensoativos; agente complexante e uma base para neutralizar os ácidos presentes na solução. Os tensoativos são os chamados surfactantes, compostos orgânicos que diminuem a



tensão superficial da água, propiciando a limpeza de superfícies e também emulsionam óleos formando suspensões (COSTA et al, 2007).

A utilização abusiva dos tensoativos causa para o meio ambiente prejuízos tais como: inibição ou paralisação da depuração natural ou artificial devido à formação de espumas estáveis, formadas com a presença de tensoativos aniônicos; alteração da condução de oxigênio através das membranas dos organismos aquáticos; eutrofização das águas superficiais devido à presença de fosfatos na composição dos tensoativos e alguns detergentes contêm compostos com boro, aumentando ao longo do tempo a quantidade dessa substância nas águas superficiais e subterrâneas (COSTA, 2006).

Nos últimos anos a aplicação dos surfactantes tem ultrapassado as utilidades clássicas do dia-a-dia como limpeza de materiais, ou mesmo a solubilização de compostos. A participação dos surfactantes é bastante visível em diversos processos como catálise, flotação, lubrificação, permeação de membranas, desnaturação de proteínas, e na encapsulação de drogas. Hoje, os surfactantes são uma peça indispensável na indústria petroquímica, alimentícia, biotecnológica, cosmética e ambiental (SINGH et al., 2007).

O alquilbenzeno Linear sulfonado (LAS) é o surfactante mais consumido no mundo tanto nas indústrias quanto para uso doméstico. Seu consumo mundial em 2000 foi estimado em 2,5 milhões de toneladas (SANZ et al., 2003). O LAS são compostos xenobióticos, que por causa de seu uso em produtos de limpeza, são predominantes nas águas residuárias domésticas e industriais (LOBNER et al., 2005).

Atualmente, o LAS representa mais de 40% de todo o surfactante utilizado no mundo, portanto, especial atenção deve ser dada a sua ocorrência e destino no ambiente. Esse surfactante é geralmente considerado biodegradável e sua remoção de águas residuárias tem se restringido a tratamentos biológicos convencionais. A presença de LAS em águas residuárias é proveniente de atividades domésticas e pode variar de acordo com seu uso em processos industriais (MANOUSAKI et al., 2004).

Em determinadas condições, o LAS poderá manter-se na água mesmo após o tratamento biológico, principalmente devido à resistência do anel aromático que é resistente à degradação (OLIVEIRA, et al., 2009). Um outro fator que pode afetar a degradação de LAS é a temperatura; quando esta for elevada os processos metabólicos e conseqüentemente a degradação ocorre mais rapidamente (LEON et al., 2006).

A degradação do LAS envolve a quebra da cadeia alquílica, do grupo sulfonato e finalmente do anel aromático. A etapa final na mineralização do LAS é a abertura do anel aromático. Quando isto ocorre há formação de biomassa, gás carbônico, água e sulfato de sódio. Na degradação biológica do LAS, a etapa mais difícil é a ruptura da ligação do radical alquila com o anel aromático (DUARTE et al., 2005).

A grande maioria dos surfactantes disponíveis comercialmente é sintetizada a partir de derivados de petróleo. Os surfactantes são moléculas anfipáticas constituídas de uma porção hidrofóbica e uma porção hidrofílica. A porção apolar é freqüentemente uma cadeia hidrocarbonada enquanto a porção polar pode ser iônica (aniônica ou catiônica), não-iônica ou anfótera. Alguns exemplos de surfactantes iônicos utilizados comercialmente incluem ésteres sulfatados ou sulfatos de ácidos graxos (aniônicos) e sais de amônio quaternário (catiônico).

Os processos aeróbios de tratamento de efluentes são conduzidos por comunidades microbianas heterogêneas, que estabelecem complexas interações ecológicas. A biomassa é constituída de diversas espécies microbianas, incluindo predominantemente bactérias, fungos e protozoários. A respiração aeróbia se baseia na presença de um doador de elétrons, no caso, a matéria orgânica poluente e, de um receptor final de elétrons, o oxigênio.

O tratamento biológico vem sendo empregado para diversos fins, desde a estabilização de esgotos sanitários, industriais, lodos até resíduos sólidos orgânicos. Os sistemas de tratamento biológico de resíduos surgem como uma alternativa, especialmente, com relação aos custos se comparados a outras formas de tratamento.

Os sistemas de tratamento biológico de efluente objetiva operar em condições que propiciem a geração de efluentes com baixo nível de matéria orgânica (AMARAL et al., 2008).

O uso de microrganismos no tratamento biológico de águas contaminadas vem promovendo importantes mudanças nos processos tecnológicos de tratamentos como sorção, acumulação e remediação, pois se mostram



excelentes nestas ações, possibilitando a retirada de substâncias consideradas tóxicas encontradas nos rejeitos de atividades industriais de petróleo (PAZ, 2005).

Para Kambourova et al., (2003) o tratamento biológico apresenta diversas vantagens, pois a mineralização promove a destruição permanente dos resíduos e elimina os riscos de futuras contaminações, aumentando o nível de aceitação pública. Além disto, os processos biológicos quando combinados a outros métodos, tais como físicos, químicos e surfactantes possibilitam o aumento da eficiência total do tratamento (FEITKENHAUER et al., 2003).

Algumas técnicas bastante eficientes têm sido desenvolvidas recentemente, mas os processos biológicos continuam sendo os mais utilizados, devido a sua capacidade de serem aplicados em grande escala, com um custo relativamente baixo, se comparados a outros. A estabilização do material orgânico nos sistemas de tratamento biológico dos resíduos está associada ao ciclo anaeróbio, que se dá na ausência de oxigênio livre, ou aeróbio, na presença de oxigênio.

No tratamento biológico aeróbio os microrganismos, mediante processos oxidativos, degradam as substâncias orgânicas, que são assimiladas como fonte de energia. A remoção da poluição dos compostos de carbono, no tratamento aeróbio, emprega uma microflora altamente heterogênea (biomassa), que metaboliza as substâncias orgânicas, levando a produtos de metabolismo, tais como  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2\text{O}$  (MELLO et al., 2007).

No sistema aeróbio o processo biológico acontece com a introdução do oxigênio na massa líquida ou sólida com a finalidade de permitir a oxidação da matéria orgânica por microrganismos, com liberação de energia para suas atividades metabólicas. Nesta oxidação há transferência intermolecular de elétrons do material orgânico oxidado para um oxidante, o que resulta na formação de produtos aeróbios estabilizados.

O tratamento aeróbio de efluentes através de lodos ativados apresenta uma série de vantagens em relação a outros, destacando-se o fato de as bactérias aeróbias serem menos susceptíveis à inibição por diversas substâncias químicas; o curto tempo de adaptação do lodo ao resíduo de interesse; a não necessidade de pós-tratamento; a menor possibilidade de geração de efluente com aspecto desagradável; a grande flexibilidade de operação e a elevada eficiência do tratamento. Os principais organismos envolvidos no tratamento dos esgotos são as bactérias, protozoários, fungos e algas. Destes, as bactérias são sem dúvida, os mais importantes na estabilização da matéria orgânica (VON SPERLING, 1997).

Este trabalho tem como objetivo principal avaliar o sistema de lodos ativados no tratamento de efluentes com elevado teor de surfactantes.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

O trabalho foi realizado nas dependências da Estação Experimental de Tratamento Biológico de Esgoto Sanitário – EXTRABES da Universidade Estadual da Paraíba – UEPB, localizada no bairro do Tambor na cidade de Campina Grande, no estado da Paraíba, nordeste do Brasil.

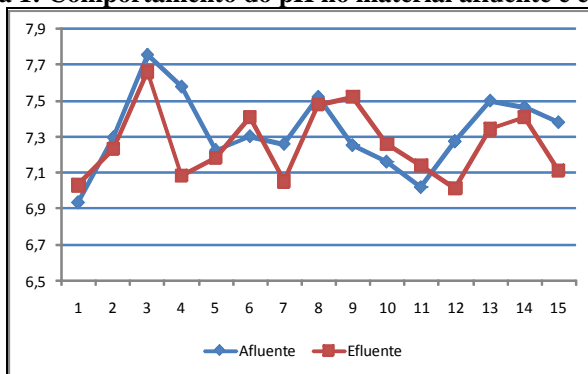
Para a realização do trabalho experimental foi construído e instalado um reator aeróbio (lodo ativado) em escala de bancada com aeração prolongada. O reator foi construído com vidro de 8 mm de espessura, com dimensões de 15 cm x 15 cm x 40 cm, o que fornecia um volume total de 9,0 L. Durante os experimentos foi utilizado um volume útil de 7,0 L no reator, o volume restante foi deixado para evitar derramamentos causados pela turbulência devido à aeração do material dentro do reator. O oxigênio foi introduzido no reator através de aeradores de aquário que forneciam ar atmosférico com uma vazão de  $2,0 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$ . Esta vazão garantia uma concentração média de oxigênio dissolvido no substrato dos reatores de aproximadamente  $3,0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ .

O reator era alimentado diariamente com substrato preparado pela adição de 0,1% de surfactante em esgoto doméstico, o pH foi corrigido com hidróxido de sódio, o reator foi operado com o tempo de detenção hidráulica (TDH) de 24 horas. Em todo o período de monitoração do sistema experimental foram realizadas no material afluente e efluente do reator as seguintes análises: pH, alcalinidade total, NTK e DQO. Todos os procedimentos metodológicos foram realizados de acordo com os métodos preconizados por APHA (1995).

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nas figuras abaixo serão apresentadas os valores de algumas análises de efluentes de esgoto doméstico com adição de surfactante a 0,1% durante o período de monitoramento do sistema experimental.

**Figura 1: Comportamento do pH no material afluente e efluente**

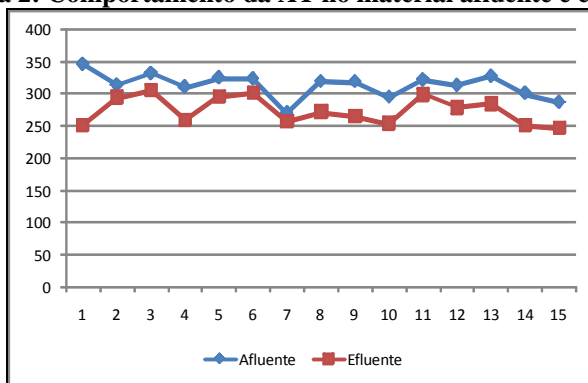


Através da figura pode-se observar que não houve grandes variações no pH, tanto nas amostras de afluente como nas de efluente. O pH variou de 6,9 a 7,8 e de 7,0 a 7,7 no afluente e efluente, respectivamente.

Mungray (2008), para esgoto bruto obteve valores de pH de 7,0 a 7,9. Cybis (2004) obteve pH estável em torno de 7,0. Segundo METCALF e EDDY (2003), o pH ideal para o tratamento biológico deve ser entre 6,5 e 7,5, pois esta faixa de pH torna o meio favorável ao crescimento dos microrganismos degradantes da matéria orgânica e ao mesmo tempo favorece as reações químicas e bioquímicas que geralmente ocorrem no processo biológico.

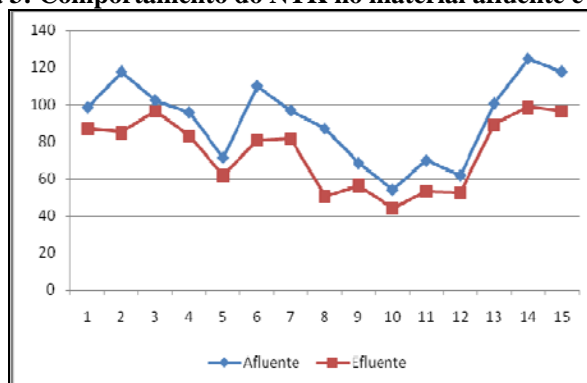
Huang e Klapwijk (2004), tratando o LAS em efluentes sintéticos e reais em processo de lodo ativado, obteve pH de aproximadamente 6,8 – 7,0, isso adicionando uma solução de fosfato.

**Figura 2: Comportamento da AT no material afluente e efluente**

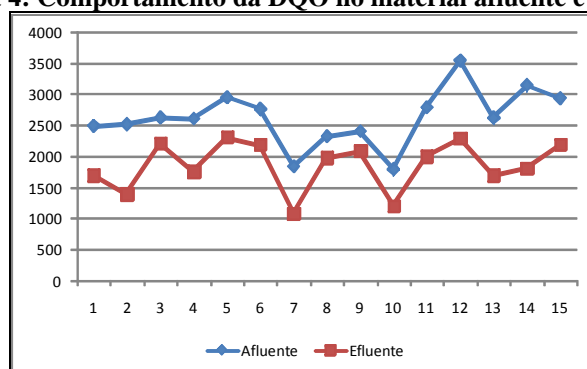


A concentração da alcalinidade total durante o tratamento variou de 270 mg.L<sup>-1</sup> a 346 mg.L<sup>-1</sup> e de 251 mg.L<sup>-1</sup> a 306 mg.L<sup>-1</sup> no material afluente e efluente, respectivamente.

Cybis (2004), teve uma redução de AT de 144 a 72 mg.L<sup>-1</sup>. Durante todo o período de monitoramento do sistema experimental, os altos valores encontrados para a alcalinidade total neste trabalho podem estar relacionados com a adição de surfactante na alimentação do reator.

**Figura 3: Comportamento do NTK no material afluente e efluente**

A concentração de NTK no afluente variou de 54 a 118 mg.L<sup>-1</sup> e no efluente de 50 a 99 mg.L<sup>-1</sup>. Cibys (2006) em seu trabalho obteve remoção de NTK de 38,4 a 4,6 mg.L<sup>-1</sup> no afluente e efluente, respectivamente.

**Figura 4: Comportamento da DQO no material afluente e efluente**

Na DQO a concentração variou no afluente de 1803 a 3550 mg.L<sup>-1</sup> e no efluente de 1089 a 2311 mg.L<sup>-1</sup>. Houve uma remoção média de aproximadamente 30% na DQO, esta baixa remoção obtida neste trabalho é atribuída ao fato da adição do surfactante que podem ter inibido a atividade biológica durante o processo de biodegradação da matéria orgânica.

Mungray (2008) em seu experimento teve valores de DQO para esgoto bruto que variava de 222 a 685 mg.L<sup>-1</sup>. Liwarska-Bizukojc e Bizukojc (2006), obtiveram valores de DQO de 20 a 160mg.L<sup>-1</sup>. E constatou que a remoção de DQO foi 10% mais baixa, devido o surfactante, esta é causada por alguns intermediários que não foram biodegradados e restaram no esgoto, assim como por contaminadores que possa ter nos surfactantes comerciais atuais.

## CONCLUSÕES

A análise dos resultados obtidos mostra que o tratamento deste tipo de substrato através de sistema biológico aeróbio é possível, uma vez que houve diminuição na concentração de DQO, visto que este parâmetro foi tomado como indicativo de remoção.

O tratamento aeróbio de efluentes contendo surfactante pode ser usado desde que se tenha conhecimento de suas limitações, visto que esse teve baixa eficiência de remoção, uma alternativa seria a utilização de um pós-tratamento para melhorar a qualidade dos efluentes tratados.

De forma geral pode-se concluir que o tratamento de surfactante conjuntamente com esgotos domésticos através de processo biológico aeróbio pode ser realizado sem maiores problemas.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMARAL, P. et al. Geotechnical and hydrological characterization of pyroclastic soils in Povoação County (S. Miguel island, Azores) for modelling rainfall-triggered shallow landslides. **European Geosciences Union**, 2008.
2. APHA, AWWA, WPCF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 19th edition. Public Health Association Inc., New York. 1995..
3. CYBIS, L. F. A. et al. Eficiência do reator sequencial em batelada (RBS) na remoção de nitrogênio no tratamento de esgoto doméstico com DQO baixa. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 9, n. 3, p. 260-264, jul/set 2004..
4. COSTA, M. C. **Tratamento biológico de efluentes de lava-jato**. Dissertação de Mestrado, UEPB/UFCG, Campina Grande, 2006.
5. COSTA, M. C. et al. Co-digestão anaeróbia de substâncias surfactantes, óleo e lodo de esgoto. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 12, n. 4, p. 433-439, out/dez 2007.
6. DUARTE, I. C. S., AGUILA, N. K. S., VARESCHE, M. B. A. Tratamento de linear alquilbenzeno sulfonato em reator anaeróbio horizontal de leito fixo. In: **Anais do IV Seminário do projeto temático: Desenvolvimento, análise, aprimoramento e otimização de reatores anaeróbios para tratamento de águas residuárias**. UFSCar, São Carlos (2005) 30 - 39.
7. FEITKENHAUER, H. et al. Degradation of polycyclic aromatic hydrocarbons and long chain alkanes at 60; 70°C by thermos and bacillus spp. **Biodegradation**, v. 14, p. 267-372, 2003.
8. KAMBOUROVA, M. et al. Purification and properties of thermostable lipase from a thermophilic *Bacillus Stearothermophilus*. MC7. **Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic**, v. 22, p. 307-313, 2003.
9. HUANG, X. et al. Extant biodegradation testing with linear alkylbenzene sulfonate in laboratory and field activated sludge systems. **Water Environment Federation**, 2000.
10. LEON, V. M. et al. Removal of linear alkylbenzene sulfonates and their degradation intermediates at low temperatures during activated sludge treatment. **Chemosphere**, v. 64, p. 1157-1166, 2006.
11. LIWARSKA-BIZUKOJC, E. et al. Effect of selected anionic surfactants on activated sludge flocs. **Enzyme and Microbial Technolog**. 39, p. 660-668, 2006.
12. LOBNER, T. et al. Effects of process stability on anaerobic biodegradation of LAS in UASB reactors. **Wiley InterScience**, 2005.
13. MANOUSAKI, E. et al. Degradation of sodium dedecylbenzene sulfonate in water by ultrasonic irradiation. **Water Research**, v. 38, p. 3751 – 3759, 2004.
14. MELLO, J. M. M. **Biodegradação dos Compostos BTEX em um Reator com Biofilme**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Programa de Pós-graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.
15. METCALF & EDDY. **Wastewater Engineering Treatment Disposal Reuse**. McGraw-Hill. New York, 2003.
16. MUNGRAY, K. A; KUMAR, P. Occurrence of anionic surfactants in treated sewage: risk assessment to aquatic environment. **Journal of Hazardous Materials**, v. 160, p. 362-370, 2008.
17. OLIVEIRA, L. L. et al. Influence of support material on the immobilization of biomass for the degradation of linear alkylbenzene sulfonate in anaerobic reactors. **Journal of Environmental Management**, v. 90, p. 1261-1268, 2009.
18. PAZ, M. C. F. **Identificação e Caracterização de *Bacillus licheniformis* e *Geobacillus stearothermophilus***. Produção de Biosurfactante e degradação de dibenzotiofeno (DBT) – por uma nova amostra de *Geobacillus stearothermophilus* UCP 986. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Pernambuco. Recife-PE. 2005.
19. SANZ, J. L. et al. Anaerobic biodegradation of linear alkylbenzene sulfonate (LAS) in upflow anaerobic sludge blanket (UASB) reactors. **Biodegradation**, v. 14, p. 57-64, 2003.
20. SINGH, A. et al. Surfactants in microbiology and biotechnology: part 2. Application aspects. **Biotechnology Advances**, v. 25, p. 99-121, 2007.
21. VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: lodos ativados**. V. 4, DESA - UFMG, 1997.