

## **II-318 - AVALIAÇÃO DA BIODEGRADABILIDADE DE LODO BIOLÓGICO LISADO PARA REMOÇÃO DE NUTRIENTES**

**Marielle Ferreira de Oliveira<sup>(1)</sup>**

Bióloga pela Universidade Estadual da Paraíba (UEPB). Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental (UEPB).

**José Tavares de Sousa**

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

**Israel Nunes Henrique**

Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente pelo Programa regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA), UFPB/UEPB. Doutor em Recursos Naturais – Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

**Viviane Patrício Lucena**

Graduanda em Ciências Biológicas – Universidade Estadual da Paraíba (UEPB).

**Valderi Duarte Leite**

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

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua José Antônio Frutuoso, 29 - Centro – Alagoa Nova - PB - CEP: 58.125-000 - Brasil - Tel: (83) 3365-1059 - e-mail: marielleferreira15@hotmail.com

### **RESUMO**

Na remoção biológica de nutrientes durante o pós-tratamento de esgotos sanitários, é notório a deficiência de matéria orgânica com características de rápida biodegradabilidade, entretanto, uma proposta que visa obter esta fonte de carbono tem sido a utilização de lodo biológico submetido ao processo de lise celular induzida. A utilização deste processo pode contribuir de forma satisfatória na de remoção de nutrientes, com o intuito de disponibilizar substrato, de origem endógena, mais rapidamente biodegradável. Dessa forma, a pesquisa teve como objetivo avaliar a biodegradabilidade de lodo biológico lisado, utilizado como fonte endógena de carbono na remoção de nutrientes de esgotos sanitários. Portanto, foram utilizadas técnicas de lise celular induzida como ação mecânica, térmica e reação ácido-base. O lodo utilizado no processo de lise celular foi proveniente de reator UASB. Foram realizados testes de respirometria como ferramenta de avaliação e acompanhamento da biodegradabilidade do lodo. Durante os teste foram obtidos frações médias de material rapidamente biodegradável ( $DQO_{rb}$ ) de 9,4; 14,3 e 10,7%, respectivamente, para as lise celulares induzida por ação mecânica, térmica e ácido-base. Os resultados obtidos apresentaram o lodo lisado por ação térmica com concentrações superiores de material rapidamente biodegradável que os demais lodos lisado.

**PALAVRAS-CHAVE:** Fonte endógena de carbono, remoção de nutrientes, lodo lisado e respirometria.

### **INTRODUÇÃO**

Os sistemas de tratamento de esgotos sanitários têm enfrentado grandes desafios, no tocante à eficiência da remoção biológica de nutrientes, especialmente durante a desnitrificação e remoção de fósforo, que estão estritamente relacionados com a fonte de carbono rapidamente biodegradável, chegando a ser um fator limitante ao processo. Em alguns casos a adição de fonte de carbono é necessária, contudo, a adição de compostos orgânicos solúveis aumenta tanto os custos operacionais quanto a produção de lodo (HENZE e UCISIK, 2008).

Uma das formas de minimizar os custos em Estações de Tratamento de Esgotos (ETE's) é aproveitar o lodo excedente dos sistemas biológicos e utilizá-lo como fonte de carbono. Dewil et. al. (2006) investigaram o potencial do uso de lodo excedente de um sistema de lodos ativados, para tanto, utilizaram o método de ultrassom para solubilização de fonte de carbono no processo de remoção de nutrientes, e obtiveram êxito, uma vez que uma fração considerável de DQO foi transformada em material orgânico biodegradável.

Os lodos gerados nesses sistemas, contendo material orgânico lentamente biodegradável, ao serem descartados, poderão ser tratados através de processos físico-químicos e biológicos, transformando-se, assim, em fontes de carbono prontas para serem utilizadas no sistema. Nesse contexto, o presente trabalho avaliou a biodegradabilidade de lodo biológico lisado por ação induzida, na busca da obtenção de fonte de carbono necessário à remoção de nutrientes de esgotos sanitários.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Descrição do Sistema Experimental

Com o intuito de disponibilizar substrato, de origem endógena, mais rapidamente biodegradável, o lodo biológico passou por processo de lise celular induzida, através das seguintes técnicas:

- 1-Ação mecânica, a qual consistia no tritramento do lodo anaeróbio em um liquidificador com rotação 1200 rpm, e se mantendo neste processo por um período de 30 minutos;
- 2-Ação térmica, nesse processo o lodo anaeróbio era aquecido até atingir a temperatura de 50°C, se mantendo neste processo por um período de 30 minutos;
- 3-Reação ácido-base, nessa técnica foi utilizado uma solução de ácido clorídrico (HCl) a 1N para manter o pH do lodo anaeróbio em valores próximos a pH 4,0, ocorrendo assim a inativação da biomassa, essa foi observada pela respirometria. Confirmada a inativação, o pH era ajustado para valores próximos à neutralidade com solução alcalina de NaOH (1N).

Foram submetidos à lise celular dois tipos de lodos anaeróbios. Um lodo de reator anaeróbio com um ano de operação sem descarte, e um segundo lodo com reator funcionando por mais de dois anos. O lodo lisado foi submetido a testes respirométricos, e teve como finalidade avaliar a taxa de consumo de oxigênio e a taxa de remoção de matéria orgânica rapidamente biodegradável.

Para a realização dos testes foram utilizados os seguintes equipamentos: uma CPU (Central Processing Unit) para o armazenamento dos dados no programa Microsoft Excel, um *software S32c* instalado para controlar a aeração, previamente estabelecido, por meio do limite inferior (aeração é ativada) e do limite superior (aeração é cessada). O registro da concentração de OD nos períodos sem aeração permite o cálculo da TCO. Os demais materiais utilizados foram monitor, mouse e teclado, repirômetro Beluga com saída para a CPU, aerador de oxigênio dissolvido, pedra porosa, eletrodo para medição de oxigênio dissolvido, béquer de 2L, agitador magnético com haste magnética para manter uma mistura homogênea do lodo durante todo o teste.

A taxa de consumo de oxigênio (TCO) expresso em  $\text{mgO}_2\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$  registrada pelo *software*, pode ser calculada através da diferença entre a concentração de oxigênio dissolvido máxima ( $\text{OD}_{\text{max}}$ ), e a concentração de oxigênio dissolvido mínima ( $\text{OD}_{\text{min}}$ ), previamente estabelecidas, este resultado era dividido pelo tempo decorrido entre o registro das concentrações máxima e mínima de OD ( $\Delta t$ ) (horas).

### Procedimentos

Inicialmente, a amostra (1 litro de lodo) foi submetida à agitação e aeração controlada pelo aparelho respirométrico Beluga, com a finalidade de fazer com que toda a matéria orgânica fosse consumida até atingir uma taxa de consumo de oxigênio mínima, denominada TCO endógena. Em seguida, era adicionada uma solução a 10% de alil-tioureia (ATU) (10mL/L de reator de teste). O ATU tem a função de inibir a atividade das bactérias nitrificantes e, com isso, obter uma TCO endógena constante apenas das bactérias heterotróficas desejadas ao teste. Em seguida, adicionava-se 10mL de uma solução de acetato de sódio, correspondendo a uma concentração de DQO de 120mg/L para cada litro de reator de teste, e após a biomassa consumir todo material orgânico adicionado, o teste atingia uma TCO mínima, correspondendo a TCO endógena. Em seguida, adicionava-se 100mL de lodo biológico que sofreu lise celular por meio das três diferentes técnicas (ação mecânica, térmica e reação ácido-base). Para a adição de 100mL de cada tipo de lodo lisado, utilizou-se um intervalo de duas horas, tempo estabelecido para o consumo do material orgânico biodegradável.

Através dos respirogramas foi possível comparar a concentração de material orgânico solúvel presente em cada tipo de substrato adicionado, correspondendo a DQO rapidamente biodegradável ( $\text{DQO}_{\text{rb}}$ ) e a DQO lentamente biodegradável ( $\text{DQO}_{\text{lb}}$ ), durante duas horas de teste.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Avaliação da biodegradabilidade de lodo biológico lisado

Para avaliar a biodegradabilidade de lodo biológico lisado induzido por meio de diferentes técnicas de lise celular (ação mecânica, térmica e reação ácido-base), foram aplicados testes de respirometria, podendo-se verificar, quantitativamente, a concentração de matéria orgânica biodegradável contida no lodo submetido a cada tipo de técnica.

Com os dados de TCO apresentados nos testes, determinou-se por integração das áreas identificadas, a fração biodegradável solúvel ( $DQO_{bsa}$ ), correspondendo a DQO rapidamente biodegradável ( $DQO_{rb}$ ), e a DQO, lentamente biodegradável ( $DQO_{lb}$ ) com duração máxima de duas horas para cada lodo lisado aplicado. Conforme os dados apresentados nas Tabelas 1, 2 e 3, foi possível obter um comparativo entre os substratos utilizados nesta pesquisa e identificar qual técnica de lise celular apresentou maior concentração de  $DQO_{rb}$ . Conforme os resultados apresentados na Tabela 1, em relação ao substrato acetato de sódio, constatou-se que a fração biodegradável da DQO afluente metabolizada foi de 100%, indicando que 1/3 do material filtrado correspondeu à fração teoricamente anabolizada no processo oxidativo e 2/3 do material filtrado, foi catabolizado, o que representa valor similar ao estabelecido por Van Haandel e Marais (1999), ao concluírem que no metabolismo de material orgânico num ambiente aeróbio, uma fração 0,67 ou 2/3 é sintetizada, enquanto que, uma fração de 0,33 ou 1/3 é oxidada.

**Tabela 1.** Matéria orgânica metabolizada contida nos substratos utilizados durante a realização de testes respirométricos.

Substrato <sup>a</sup>	$DQO_{filtrada}$ (mg.L <sup>-1</sup> )	$DQO_{utilizada}$ (mg.L <sup>-1</sup> )	$F_b^b$ (%)	$DQO_{rb}^c$ (mg.L <sup>-1</sup> )	$DQO_{lb}^d$ (mg.L <sup>-1</sup> )	$F_{rb}^e$ (%)	$F_{lb}^f$ (%)
Acetato	120	120	100	-	-	100	-
Lodo lisado (ação mecânica)	288	127	44,1	30	97	10,3	33,8
Lodo lisado (ação térmica)	220	74	33,6	27	47	12,3	21,3
Lodo lisado (ácido-base)	246	64	26,0	24	40	9,7	16,3

<sup>a</sup>Acetato e lodo anaeróbio com TRC de um ano;

<sup>b</sup>Fração biodegradável da DQO afluente, durante duas horas de teste;

<sup>c</sup>DQO rapidamente biodegradável (mg.L<sup>-1</sup>);

<sup>d</sup>DQO lentamente biodegradável (mg.L<sup>-1</sup>);

<sup>e</sup>Fração de DQO rapidamente biodegradável;

<sup>f</sup>Fração de DQO lentamente biodegradável.

Quanto ao lodo lisado por ação mecânica, verificou-se que a fração de DQO biodegradável foi de 44,1%, sendo que 10,3% da DQO do lodo apresentou-se como material rapidamente biodegradável ( $DQO_{rb}$ ). Com relação ao lodo lisado por ação térmica, a fração do material rapidamente biodegradável foi de 12,3%, enquanto que, no lodo lisado através da reação ácido-base, esta composição foi de 9,7% (Tabela 1).

Feng et al., (2009) examinaram a influência da temperatura na hidrólise do lodo de excesso em um sistema de lodos ativados e a produção de ácidos graxos voláteis em condições alcalinas, os resultados indicaram que os carboidratos e as proteínas presentes no lodo foram solubilizados a um pH 10 e temperatura a 20 °C. Entretanto, embora os autores tenham obtido a solubilização do lodo nessas condições, na presente pesquisa a solubilização do lodo foi obtida em condições diferentes, em que foram utilizados lodo anaeróbio de excesso que sofreu lise celular submetido a um pH baixo (em torno de 4) e temperatura alta (50°C).

Chen et al., (2007) estudaram o efeito do pH na hidrólise e acidificação do lodo aeróbio de excesso. O valor do pH foi controlado, entre 4,0 e 11,0, mantendo-se em condições ácidas e posteriormente em condições alcalinas, com adição de solução de ácido clorídrico (HCl) e solução de hidróxido de sódio (NaOH), obtendo

assim, aumento significativo na hidrólise do lodo. No presente estudo, utilizou-se também uma solução ácida de HCl (1N) para inativação das bactérias e depois, o pH foi ajustado para valores próximos à neutralidade com solução alcalina de NaOH (1N).

Diante dos resultados apresentados na Tabela 2, o lodo lisado por ação térmica obteve maior fração de DQO rapidamente biodegradável, sendo de 25,3%, enquanto que, a fração da DQO<sub>rb</sub> do lodo lisado por ação mecânica e do lisado por reação ácido-base foram de 10,9% e 11,8%, respectivamente.

**Tabela 2.** Matéria orgânica metabolizada contida nos substratos utilizados durante a realização de testes respirométricos.

Substrato <sup>a</sup>	DQO <sub>filtrada</sub> (mg.L <sup>-1</sup> )	DQO <sub>utilizada</sub> (mg.L <sup>-1</sup> )	F <sub>b</sub> <sup>b</sup> (%)	DQO <sub>rb</sub> <sup>c</sup> (mg.L <sup>-1</sup> )	DQO <sub>lb</sub> <sup>d</sup> (mg.L <sup>-1</sup> )	F <sub>rb</sub> <sup>e</sup> (%)	F <sub>lb</sub> <sup>f</sup> (%)
Acetato	120	120	100	-	-	100	-
Lodo lisado (ação mecânica)	212	152,9	72,1	23,1	129,8	10,9	61,2
Lodo lisado (ação térmica)	170	107,7	63,5	42,9	64,8	25,3	38,2
Lodo lisado (ácido-base)	85	74	87,1	10	64	11,8	75,3

<sup>a</sup>Acetato e lodo anaeróbico com TRC de um ano;

<sup>b</sup>Fração biodegradável da DQO afluente, durante duas horas de teste;

<sup>c</sup>DQO rapidamente biodegradável (mg.L<sup>-1</sup>);

<sup>d</sup>DQO lentamente biodegradável (mg.L<sup>-1</sup>);

<sup>e</sup>Fração de DQO rapidamente biodegradável;

<sup>f</sup>Fração de DQO lentamente biodegradável.

Zupancic e Ros (2008) realizaram estudo sobre a biodegradabilidade de lodo ativado de excesso, submetido a diferentes temperaturas, e observaram que na primeira parte do experimento o lodo aeróbio foi degradado de forma eficiente entre 50°C e 55°C. No entanto, mesmo considerando que o lodo utilizado na presente pesquisa foi anaeróbico, a realização da lise foi constatada na mesma faixa de temperatura mantida pelos autores.

Com base nos dados apresentados na Tabela 3, a fração da DQO<sub>rb</sub> do lodo lisado por ação mecânica e lodo lisado por ação térmica foram de 7,1% e 5,4% respectivamente.

**Tabela 3.** Matéria orgânica metabolizada contida nos substratos utilizados durante a realização de testes respirométricos.

Substrato <sup>a</sup>	DQO <sub>filtrada</sub> (mg.L <sup>-1</sup> )	DQO <sub>utilizada</sub> (mg.L <sup>-1</sup> )	F <sub>b</sub> <sup>b</sup> (%)	DQO <sub>rb</sub> <sup>c</sup> (mg.L <sup>-1</sup> )	DQO <sub>lb</sub> <sup>d</sup> (mg.L <sup>-1</sup> )	F <sub>rb</sub> <sup>e</sup> (%)	F <sub>lb</sub> <sup>f</sup> (%)
Acetato	120	120	100	-	-	100	-
Lodo lisado (ação mecânica)	450	96,8	21,5	31,9	64,9	7,1	14,4
Lodo lisado (ação térmica)	346	61,6	17,8	18,7	42,9	5,4	12,4

<sup>a</sup>Acetato e lodo anaeróbico com TRC de dois anos;

<sup>b</sup>Fração biodegradável da DQO afluente, durante duas horas de teste;

<sup>c</sup>DQO rapidamente biodegradável (mg.L<sup>-1</sup>);

<sup>d</sup>DQO lentamente biodegradável (mg.L<sup>-1</sup>);

<sup>e</sup>Fração de DQO rapidamente biodegradável;

<sup>f</sup>Fração de DQO lentamente biodegradável.

Audrey et al., (2011) investigaram os efeitos do tratamento térmico em um sistema de lodos ativados e observaram que o tratamento térmico induz uma lise celular com o aumento da temperatura de 50°C para 95 °C. No entanto, o impacto na estrutura dos flocos limitou-se à elevação da temperatura em 50°C. Acima de 50°C a distribuição do tamanho dos flocos permaneceu praticamente constante. Sendo esta temperatura a mesma mantida para a realização da lise celular do lodo no presente estudo, embora tenha sido utilizado lodo anaeróbio.

## CONCLUSÕES

A solubilização do lodo anaeróbio por destruição da biomassa é função da qualidade do lodo utilizado no processo. Lodo de reator UASB submetido às técnicas de lise por ação mecânica (tritramento), ação térmica e reação ácido/base durante o período de duas horas de testes respirométricos manteve fração solúvel média rapidamente biodegradável de 9,4; 14,3 e 10,7%, respectivamente.

Os resultados obtidos através dos testes respirométricos constataram que o lodo lisado por ação térmica apresentou concentração de material rapidamente biodegradável superior ao lodo triturado e ao lodo lisado por reação ácido-base.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AUDREY, P.; JULIEN, L.; CHRISTOPHER, D.; PATRICK, L. **Sludge disintegration during heat treatment at low temperature: A better understanding of involved mechanisms with a multiparametric approach.** Journal Engineering Biochemical. p. 178–184. 2011.
2. CHEN, Y.; JIANG, S.; YUAN, H.; ZHOU, Q.; GU, G. **Hydrolysis and acidification of waste activated sludge at different pHs.** Water Research. v.41, p.683-689, 2007.
3. DEWIL, R. BAEYENS, J.; GOUTVRIND, R. **The use of ultrasonics in the treatment of waste activated sludge.** Chinese journal of chemical engineering. V.14, p. 105-113. 2006.
4. FENG, L., WANG, H., CHEN, Y., WANG, Q. **Effect of solids retention time and temperature on waste activated sludge hydrolysis and short-chain fatty acids accumulation under alkaline conditions in continuous-flow reactors.** Bioresource Technology. v.100, p.44-49, 2009.
5. HENZE, M., UCISIK, A. S. **Biological hydrolysis and acidification of sludge under anaerobic conditions: The effect of sludge type and origin on the production and composition of volatile fatty acids.** Water Research, p. 3729-3738. 2008.
6. VAN HAANDEL, A. C., MARAIS, G. O. **O comportamento do sistema de lodo ativado – Teoria e aplicação para projeto e operação.** Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, Epgraf, 472 p. 1999.
7. ZUPANCIC, G. D.; ROS, M. **Aerobic and two-stage anaerobic-aerobic sludge digestion with purê oxygen and air aeration.** Bioresource Technology. V.99. p. 100–109. 2008.