

AVALIAÇÃO DE MATERIAL SUPORTE PARA IMOBILIZAÇÃO DE BIOMASSA ANAERÓBIA PARA UTILIZAÇÃO NA CONVERSÃO BIOLÓGICA DE EFLUENTE DE INDÚSTRIA DE FABRICAÇÃO DE FIBRA DE POLIÉSTER

M. I. V. O. RIBEIRO¹, D. B. N. MARTINS¹, R. P. RODRIGUEZ¹ e G. P. SANCINETTI¹

¹ Universidade Federal Alfenas, Instituto de Ciência e Tecnologia
E-mail para contato: gisellesancinetti@gmail.com

RESUMO – No processo de produção de fibra de poliéster pela empresa M&G Fibras Brasil, o efluente líquido tem como elemento principal o monoetilenoglicol. O processo de tratamento aeróbio por lodos ativados tem se mostrado satisfatório, mas o elevado consumo de energia e a geração excessiva de lodo têm sido destacados na empresa. Os métodos químicos empregados para o tratamento de águas residuárias apresentam elevado custo operacional, o que torna o tratamento biológico anaeróbio uma alternativa tecnicamente viável para o tratamento destas águas. Dentre as diversas configurações de reatores empregadas para o estudo da redução anaeróbia de águas residuárias estão os reatores com biomassa imobilizada. Este trabalho consistiu em avaliar diferentes materiais suportes para imobilização de biomassa anaeróbia, tais como partícula Liteball (LT), fornecida pela empresa Mineração Curimbaba, carvão mineral (CM), carvão vegetal (CV) e partícula de PET. Os testes de adesão foram realizados em batelada com temperatura controlada de 30° C e rotação de 150 rpm. Os resultados mostraram remoção média de DQO de: 60,0 ± 25,4 % para o LT, 57,8 ± 29,2 % para o PET, 45,0 ± 34,1% para o CM e 54,8 ± 27,4 % para o CV.

1. INTRODUÇÃO

A empresa M&G Fibras Brasil S.A. foi criada em 2 de maio de 1994, e integra desde de 2002 o Grupo Mossi & Ghisolfi, que comprou a totalidade das ações pertencentes à empresa Rodhia (M&G Fibras Brasil, 2014).

Na empresa situada em Poços de Caldas - MG, o principal produto é a fibra de poliéster, e tem como principal componente do efluente líquido o monoetilenoglicol.

A empresa emprega sistema de tratamento de efluentes por lodos ativados, que apresenta resultados satisfatórios na remoção de DQO, mas que por outro lado necessita de sistemas de remoção e armazenamento do lodo gerado, que tem sido disposto em tubos geotêxteis. Mesmo com a utilização dos tubos geotêxteis há necessidade de disposição final do lodo armazenado, assim como a aquisição de novos tubos, o que faz com que esse sistema apresente um custo elevado para a empresa.

Como alternativa para este processo, estudos avaliam a viabilidade da utilização de processos de biodegradação anaeróbia, através de reatores operados com biomassa anaeróbia imobilizada. O uso de biofilmes pode ser justificado por permitir o tratamento de grandes volumes de soluções aquosas, serem usadas populações mistas de microrganismos, as quais formam biofilmes rapidamente, além do processo poder ser operado com alta concentração de biomassa no reator, sem a necessidade de sedimentadores para retenção de biomassa e recirculação.

A seleção do material suporte adequado deve considerar vários aspectos, e etapas experimentais para a escolha do melhor suporte são inevitáveis. Outras considerações estão relacionadas com as propriedades físicas e químicas do material. As características físicas que devem ser consideradas são tamanho, tipo, densidade da partícula, dureza, rugosidade e área superficial (Marín *et al.*, 1999).

Deste modo o estudo da aderência das células microbianas em diferentes materiais suporte se faz necessário quando há proposição de um sistema de tratamento que envolva biomassa imobilizada.

2. OBJETIVOS

O objetivo principal deste trabalho foi avaliar o potencial de desenvolvimento de biomassa anaeróbia imobilizada para a conversão biológica do efluente do processo de produção de fibra de poliéster da empresa do Grupo Mossi & Ghisolfi (M&G). Para isso, o trabalho foi desenvolvido nas seguintes etapas:

- a) avaliação do potencial do consórcio de bactérias na conversão biológica do monoetilenoglicol em ensaios descontínuos.
- b) avaliação de adesão microbiana em diferentes materiais suporte, tais como partícula Liteball, fornecida pela empresa Mineração Curimbaba, carvão mineral, carvão vegetal e partículas de PET.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Biodegradação do Monoetilenoglicol (MEG)

Etilenoglicol ou monoetilenoglicol e seus oligômeros e polímeros são usados na produção de surfactantes, explosivos, cosméticos, fluidos para transferência de calor (descongelamento de aviões e pistas), lubrificantes solúveis em água para a indústria têxtil, solventes e plásticos (Giroto, 2007).

Apesar da toxicidade relativamente baixa de etilenoglicol em comparação com outros resíduos perigosos, a liberação de grandes quantidades pode criar perigos para os animais domésticos e selvagens, comprometer a qualidade da água devido à sua alta demanda química de oxigênio (DQO), ou adicionar excessiva carga orgânica às estações de tratamento de águas residuais.

Sistemas de biodegradação, reciclagem e UV/H₂O₂ foram propostos para tratamento de resíduos contendo etilenoglicol. As relativas altas taxas de remoção e baixa toxicidade microbiana de etilenoglicol tornaram a biodegradação uma opção favorável.

O papel da biodegradação na destinação final de MEG foi avaliado em estudos usando uma diversidade de tipos de fontes de microrganismos, bem como métodos de medir a biodegradabilidade. O tratamento aeróbio como primeira etapa foi estudado com microrganismos adaptados e não adaptados do MEG. A biodegradação anaeróbia foi efetiva quando se utilizou consórcios microbianos adequados (Staples *et al.*, 2001).

A remoção de compostos orgânicos tóxicos está intimamente relacionada à cinética de crescimento da cultura de microrganismos utilizada. Nos processos de biodegradação, que geralmente são processos envolvendo uma sequência de reações complexas, as enzimas, encontradas nos microrganismos, são os catalisadores que promovem a oxidação da matéria orgânica (Silva *et al.*, 2006).

Outro aspecto que merece destaque é o fato da característica da matéria orgânica desempenhar um papel importante e possivelmente influenciar o processo de imobilização da biomassa. Nos reatores com biomassa imobilizada, a composição microbiana do biofilme é indubitavelmente dependente da composição do substrato. Por isso, assume-se que a estrutura do biofilme é afetada significativamente pela composição das águas residuais. Isto é importante em sistemas que contenham material inerte para adesão da biomassa, uma vez que a ausência ou a presença de alguma espécie microbiana pode ser um fator determinante para o sucesso do tratamento. Além disso, a velocidade de aderência influencia diretamente a duração da partida de reatores de células imobilizadas (Ribeiro *et al.*, 2005).

A biodegradação do MEG por processos aeróbios tem se mostrado eficiente, porém o alto custo e problemas de disposição e destinação final do lodo se tornam ponto negativo para o processo.

Os estudos de Dwyer e Tiedje (1983) apresentaram resultados satisfatórios na biodegradação anaeróbia de MEG, porém não podendo ser comparados com resultados obtidos por processos aeróbios devido às diferenças das análises realizadas.

Com o alto custo associado ao processo aeróbio, a biodegradação do MEG por processos anaeróbios com biomassa imobilizada pode ser uma alternativa vantajosa a ser avaliada (Dwyer; Tiedje, 1983).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho experimental envolveu 4 etapas de ensaios em batelada de avaliação da adesão microbiana no tratamento de MEG.

4.1. Inóculo

O lodo utilizado como inóculo foi proveniente da Estação de Tratamento Anaeróbio de efluente de Abatedouro de Aves da Avícola Dacar, na cidade Tietê – SP.

4.2. Água Residuária

A água residuária utilizada foi o efluente contendo MEG fornecido pela empresa M&G Fibras Brasil, sediada em Poços de Caldas - MG.

4.3. Material Suporte

Para o desenvolvimento do trabalho foram realizados ensaios utilizando-se quatro tipos de materiais suporte diferentes, sendo estes: partículas de Liteball, com diâmetro médio de 0,897 mm (cedidas pela empresa Mineração Curimbaba - sediada em Poços de Caldas-MG), PET com 2,2 mm (cedido pela empresa M&G), carvão mineral (2,0 mm) e carvão vegetal (2,0 mm).

4.4. Meio Nutricional

Para garantir a presença de nutrientes essenciais necessários para a manutenção dos microrganismos no sistema, utilizou-se solução nutriente com composição em mg/l de acordo com Del Nery (1987), a saber: $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ (62,5), $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (0,5), $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (2,5), $\text{FeCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (0,25), $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (23,5), $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (0,04), SeO_2 (0,035), KH_2PO_4 (42,5), K_2HPO_4 (10,85), $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (16,7) e NaHCO_3 (1000,0).

4.5. Ensaios em Batelada

Para cada ensaio com material suporte diferente, foram utilizados quatro frascos Duran com capacidade de 500 ml cada, denominados B, R1, R2 e R3, em que B, para branco, era o frasco de controle do ensaio, sendo adicionado apenas material suporte e MEG. Os reatores R1, R2 e R3 foram as triplicatas para cada ensaio.

Antes de ser utilizado, o lodo foi triturado em liquidificador, em seguida misturado na proporção 1:1 (v/v) com o material suporte. Cada ensaio foi iniciado adicionando-se 25 ml de uma mistura de material suporte e lodo triturado no frasco.

O volume reacional foi de 300 ml, sendo composto por 250 ml de solução nutriente, 15 ml de água destilada e 35 ml de MEG nos frascos R1, R2 e R3. A quantidade de MEG adicionada foi para manter condição inicial de DQO de 500 mg/l.

Foi estabelecido período total de operação de 60 dias para cada ensaio. Durante os primeiros 15 dias de ensaio, os reatores foram mantidos lacrados, realizando-se retirada de amostra para análise duas vezes por semana. Após esse período, manteve-se a retirada de amostra 2 vezes por semana, porém, o meio nutricional passou a ser trocado uma vez por semana.

Na troca do meio nutricional mantinha-se no reator apenas o material suporte com a biomassa já

imobilizada, sendo adicionados 300 ml do meio reacional contendo solução nutriente, água e MEG.

Antes dos reatores serem fechados com tampa de butil e rosca plástica foram mantidos sob fluxo de nitrogênio (100%) por aproximadamente 5 minutos. Este procedimento foi realizado sempre que era necessário manter as condições de anaerobiose do sistema.

4.6. Análises Físico-Químicas

As análises de DQO (bruta e centrifugada) e sólidos voláteis totais foram realizadas de acordo APHA (2012).

Todas as amostras foram retiradas com auxílio de seringas de 10 ml para haver a menor interferência possível nas condições estabelecidas para o ensaio.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 a seguir apresenta os resultados de remoção de DQO dos ensaios de degradação do monoetilenoglicol para os diferentes materiais suporte. Os valores apresentados são para as amostras centrifugadas.

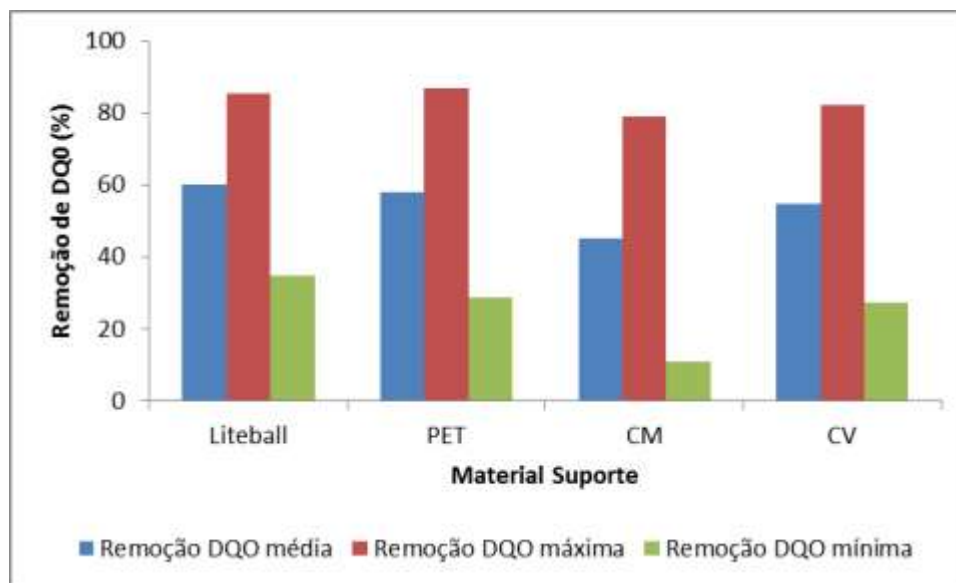


Figura 1 - Remoção de DQO para os diferentes materiais suporte analisados.

Nota-se que o valor médio de remoção de DQO para a partícula Liteball foi de $60,0 \pm 25,4\%$. No teste em branco, sem adição de inóculo, observou-se remoção de DQO de até 52,8 %, indicando possibilidade de adsorção do MEG ao suporte.

No teste realizado para as partículas PET, o percentual de remoção médio foi de $57,8 \pm 29,2\%$. A ocorrência de remoção de DQO para o teste em branco foi 25,8 %, o que pode indicar

predominância de metabolismo microbiano para remoção de DQO.

Para o teste com carvão mineral, a remoção média de DQO foi de $45,0 \pm 34,1\%$, com ocorrência de remoção média para a prova em branco de 53,6% o que pode indicar possibilidade de remoção devido à adsorção.

O ensaio com carvão vegetal apresentou remoção média de DQO de $54,8 \pm 27,4\%$. Do mesmo modo que o teste com carvão vegetal houve indicação de adsorção ao, pois a remoção média de DQO foi de 60,2%.

Os resultados das provas em branco indicaram que houve adsorção no material suporte. Em todos os casos medidas da composição do biogás e microscopia do material suporte complementarizam as análises e as discussões dos resultados obtidos, o que não foi possível de ser realizado até o momento.

Após os 60 dias de ensaio com a partícula Liteball foi feita análise de sólidos voláteis totais de modo a avaliar a adesão microbiana, tendo como resultado médio 3,7 g SVT/l. Isto comprova que houve adesão da biomassa na partícula. O Liteball foi o único material entre os utilizados nos ensaios que pôde ser submetido a tal análise devido à degradabilidade dos demais a altas temperaturas.

Resultados pessoais de degradação de drenagem ácida de minas em reator em batelada operando por 60 dias com Liteball como material suporte mostraram redução média de DQO de $36,6 \pm 21,9\%$, produção de 300 mg/l de sulfeto e sólidos voláteis totais de 12,24 g/l. Este resultado contribui de forma favorável à utilização do Liteball como material suporte.

Para todos os materiais avaliados os resultados de remoção de DQO foram baixos, considerando concentração inicial de 500 mg/l. Outros ensaios precisariam ser feitos para comprovar esta tendência de baixa eficiência de remoção, com alterações do procedimento experimental, tais como, troca do meio nutricional quinzenalmente, maior tempo de operação dos reatores, pelo menos 120 dias, realização de mais testes em branco para comprovar a interferência da adsorção e análise de microscopia dos materiais suporte.

O fato de ter sido feito a retirada do meio nutricional uma vez por semana pode ter provocado perda excessiva de inóculo e prejudicado a eficiência do sistema.

Após comparação dos dados obtidos para os materiais suporte observou-se que os resultados mais satisfatórios de remoção de DQO e menor desvio padrão foram obtidos no frasco contendo Liteball como material suporte, seguido do PET, carvão vegetal e carvão mineral.

Em relação aos testes em branco, apenas o PET apresentou baixos valores de remoção o que comprova baixa adsorção no material, pois apresenta superfície mais lisa em comparação aos demais. Os outros materiais suporte apresentam superfície porosa, indicando remoção de DQO por adsorção do MEG além da biodegradação.

De modo geral, os resultados mostraram que houve biodegradação anaeróbia do MEG entre 45

e 60%, indicando que a utilização de material de suporte para a imobilização de biomassa pode ser realmente uma alternativa viável para aumentar a eficiência do processo de biodegradação anaeróbia do MEG.

Goghare e Gupta (2012) obtiveram faixas de remoção de MEG entre 54,5 – 75,5 % utilizando diferentes bactérias e o melhor resultado obtido, 75,5 % utilizando um consórcio microbiano, com todos os dados sendo coletados em um período de 12 dias

Em todos os ensaios alguns resultados de remoção apresentaram-se insatisfatórios provavelmente devido a erros ocorridos durante a realização da análise, incluindo retirada da amostra com seringa, centrifugação e diluição.

6. CONCLUSÕES

A partir das análises realizadas, foi possível notar que para a degradação do monoetilenoglicol, o material de suporte que proporcionou o melhor desempenho das bactérias anaeróbias foi o Liteball seguido pelo PET, carvão vegetal e carvão mineral, com valores médios de remoção de DQO entre 45 e 60%. Os resultados mostram certa vantagem na utilização de material de suporte como forma de aumentar a eficiência da remoção, uma vez que foi possível alcançar valores satisfatórios de remoção de DQO.

A partícula Liteball mostrou potencial para utilização como suporte para imobilização de biomassa.

Para os resultados mais baixos de remoção fatores externos como o processo de troca de meio nutricional ou retirada de amostras podem ter influenciado negativamente os ensaios.

Agradecimentos: os autores agradecem às empresas M&G Fibras Brasil e Mineração Curimbaba pelo apoio.

7. REFERÊNCIAS

APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. Standard Methods for the examination for water and wastewater. 22th ed. New York. 2012.

DEL NERY, V. Utilização de lodo anaeróbio imobilizado em gel no estudo de partida de reatores de fluxo ascendente com manta de lodo. 1987, *Dissertação* (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

DWYER, D. F; TIEDJE, J. M. Degradation of Ethylene Glycol and Polyethylene Glycols by Methanogenic Consortia. *App. Environ. Microb.*, p. 185-190. 1983.

GIROTO, J.A. Estudo da degradação fotoquímica de soluções aquosas de polietileno glicol, poliacrilamida e polivinilpirrolidona. 2007, 254p. *Tese* (Doutorado em Engenharia Química) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

GHOGARE, P. D; GUPTA, S. G. Degradation of Mono Ethylene Glycol by Few Selected Microorganisms and Developed Microbial Consortium. *Intern. J. Microb. Res.*, v.3p. 93-98, 2012.

MARÍN, P.; ALKALAY, D.; GUERRERO, L.; CHAMY, R.; SCHIAPPACASSE, M.C. Design and startup of an anaerobic fluidized bed reactor. *W. Scien. Tech.*, v. 40, n. 8, p. 63-70, 1999.

M&G Fibras Brasil S.A. Disponível em: <http://www.mgfibrasbrasil.com.br>. Acessado em Março 2014.

RIBEIRO, R., VARESCHE, M.B.A., FORESTI, E., ZAIAT, M. Influence of the carbon source on the anaerobic biomass adhesion on polyurethane foam matrices. *J. Environ. Man.* v. 74, p. 187–194, 2005.

SILVA, A. J; HIRASAWA, J. S; VARESCHE, M. B; FOREST, E; ZAIAT, M. Evaluation of support materials for the immobilization of sulfate-reducing bacteria and methanogenic archaea. *Anaer.* v. 12, p. 93–98. 2006.

STAPLES, C.A.; WILLIAMS, J.B.; CRAIG, G.R.; ROBERTS, K.M. Fattes, effects and potencial environmental risks of ethylene glycol: review. *Chemos.*, v. 43, p. 377-383, 2001.