

USO DE BIOREADORES SEQÜENCIAIS EM BATELADA COM LEITOS DE ADSORÇÃO PARA GERAÇÃO DE GÁS. PARTE I.

DIOGO DE LIMA¹, CASSIANO ROSSI DOS SANTOS¹, LILIANA AMARAL FÉRIS², ERWIN FRANCISCO TOCHTROP JÚNIOR², JOE DA COSTA³, CARLOS EDUARDO JOHN⁴

RESUMO

Grande parte dos resíduos dispostos em aterros sanitários são nocivos à saúde e ao meio ambiente, contendo pesticidas organoclorados, metais pesados de baterias e peças eletrônicas, solventes orgânicos e tintas. Esses resíduos podem favorecer a formação de um ambiente anóxico em presença de nitrato, ferro e sulfato, permitindo que outros organismos tornem-se competitivos na metanogênese para um substrato reduzido. Assim, sistemas de reatores seqüenciais em batelada (bioreatores) consistem em um grande potencial de pesquisa para a aplicação como em aterros sanitários em série. O objetivo geral deste projeto é a pesquisa e desenvolvimento processos integrados para a produção de energia a partir de resíduos dispostos em aterro sanitários, considerando as condições ambientais do Brasil. O presente estudo apresenta a montagem experimental do sistema de bioreatores utilizado para desenvolvimento da pesquisa, que visa simular uma coluna de lixo de um aterro sanitário, no qual o chorume gerado é recirculado para o sistema, com adição de lodo anaeróbio. Este estudo envolve a coleta e a caracterização do resíduo orgânico e inorgânico utilizado, controle de pH do chorume e do lodo anaeróbio e

¹Acadêmico do Curso de Engenharia Ambiental – Bolsista PROICT/ULBRA

²Professor(a) - orientador(a) do Curso de Engenharia Ambiental/ULBRA

³Universidade Queensland - Austrália

⁴Ex-aluno do Curso de Engenharia Ambiental/ULBRA – Mestrando da UFRGS

monitoramento da geração de gás (CH_4 e CO_2). Os resultados preliminares são apresentados em termos do desenvolvimento dos parâmetros químicos e operacionais do processo em um primeiro estágio do mesmo com duração de 3 a 6 meses.

Palavras-chave: resíduos sólidos domésticos, sistema anaeróbio, biodegradação, otimização

ABSTRACT

A fraction of the waste disposed in landfills is hazardous, containing organochlorine pesticides, heavy metals from batteries, electronic parts, organic solvents and paints. This waste may provide anoxic environment in the presence of nitrates, iron and sulphates by allowing other organisms to outcompete methanogens for reduced substrates. Therefore, the disposal of waste materials and sustainable energy supply present the two most important environmental issues facing society. Waste has become a major environmental and social problem around the world, because of the quantities that are generated and the disposal methods generally employed. The overall aim of this project is to develop integrated processes for the conversion of waste to green energy technologies appropriate for Brazilian environmental conditions. The aim of this paper is to show the experimental development of a bioreaction plant in laboratorial scale, concerning operational and chemical parameters (pH, gas generation - CH_4 e CO_2 , residence time). This study presents a simulation of a landfill operation in laboratorial scale, in which the leachate is recycled and neutralized. The optimization of the process parameters lead to the process optimization. The preliminary results are shown in terms of the efficiency found during the first stage of the process (3 6 months).

Key words: organic solid waste, anaerobic system, bioreaction, optimization

INTRODUÇÃO

A disposição de resíduos e o fornecimento de energia apresentam-se como os grandes desafios ambientais da atualidade. A disposição de lixo tornou-se um dos principais problemas ambientais e sociais em âmbito mundial, tanto em relação à elevada quantidade gerada quanto às limitações dos métodos convencionalmente aplicados. O Brasil produz aproximadamente 90.000 toneladas de lixo ao ano, o que representa mais de $\frac{3}{4}$ do que é disposto em locais para descarte e aterros ilegais. Somente 10% dos resíduos é depositado em aterros sanitá-

rios de condições aceitáveis. A legislação cada vez mais restritiva, juntamente com a pressão em nível nacional e internacional para o controle ambiental, serve de força motriz para a implementação de projetos de infraestrutura nesta área.

Neste contexto, a técnica de aterros sanitários constitui-se no método de maior eficiência e viabilidade econômica. Assim, inovações tecnológicas relacionadas aos aterros favorecerão muitas oportunidades para o sistema econômico, especialmente para a recuperação. Novas técnicas envolvem o concei-

to de que o aterro não consiste de um burado no solo, mas sim em um bioreator que pode ser dimensionado, controlado, e otimizado como qualquer outro reator industrial. A vantagem desse processo consiste na rápida estabilização de resíduos, o que pode ser comparado com aterros sanitários convencionais. Estes aterros são essencialmente aglomerados de lixo, que se mantêm por muitos anos como se fossem bombas ambientais. Apesar dessas vantagens significativas, tal tecnologia tem apresentado lento desenvolvimento nos países tecnologicamente avançados.

A técnica de aterros sanitários constitui-se em uma das mais antigas e simples formas de aplicação da biotecnologia (Blackall, 1993). Inovações tecnológicas relacionadas a essas técnicas fornecem muitas oportunidades para os sistemas de economia, especialmente no que diz respeito ao reaproveitamento sustentável energético. De particular interesse encontra-se a recuperação de gases de aterros sanitários (40-60% metano), que atinge em média 135 m³ por tonelada de lixo armazenado, podendo atingir, teoricamente até 400 m³ (Krol, 1993). Grande parte dos resíduos dispostos em aterros sanitários são nocivos à saúde e ao meio ambiente, contendo pesticidas organoclorados, metais pesados de baterias e peças eletrônicas, solventes orgânicos e tintas.

De forma semelhante, a tecnologia envolvendo hidrogênio tem apresentado importância crescente como energia alternativa para evitar o efeito estufa proveniente do processo de queima de combustíveis. Metanol é um combustível puro que queima sem gerar emissões de compostos NO_x e SO_x, constituindo-se em uma das principais tecnologias ambientais para reduzir a poluição atmosférica global. Os ater-

ros sanitários são conhecidos contribuintes na alimentação do processo de produção de metanol em todo o mundo. O gás de aterro (biogás), gerado em processos de tratamento de disposição de resíduos, apresenta composição típica de 50% de metano e 45-50 % de dióxido de carbono. A produção de gás de aterro no Brasil corresponde atualmente a 40000 milhões de m³ ao ano. De acordo com as estimativas realizadas, tal produção pode alcançar índices equivalentes a 100 milhões de toneladas de metanol somente em território brasileiro. Considerando um cálculo preliminar de \$0,20 por litro de metanol (como alimentação química e combustível puro), essa estimativa leva a uma quantia de \$20 bilhões ao ano. E mesmo alcançando somente 5% do gás de aterro gerado no Brasil (ou seja, considerando somente as maiores cidades) para a produção de metanol, esse fato resultaria em um acréscimo de \$1 bilhão ao ano para a economia brasileira.

Desta forma, existe a necessidade de desenvolver um sistema modular de produção de metanol em escala laboratorial a partir do gás gerado em aterros sanitários. A planta de metanol pode operar com conversão em dois estágios, considerando a taxa de produção de gás de aterro sanitário e capacidade de processamento. A principal vantagem dessa aplicação do gás de aterro consiste na eliminação completa da emissão de CH₄ e CO₂ (gases que provocam o efeito estufa) para a atmosfera, em razão da proporção desses compostos utilizada no processo corresponder à quantidade requerida pelas reações catalíticas, sem excesso. Ainda, é possível construir uma planta de produção pequena, simples e de fácil transporte a um baixo custo unitário. O dimensionamento da mesma pode ser realizado de acordo com a

disponibilidade e os recursos relacionados à produção de gás de aterro no Brasil considerando, em particular, a natureza dispersa dos aterros brasileiros. Tais características servirão igualmente de alicerce para a “marketing” da tecnologia no Brasil e América do Sul, onde viabilidade econômica é fundamental.

O objetivo geral deste estudo constitui-se em pesquisar e desenvolver processos integrados para a produção de energia a partir de resíduos dispostos em aterro sanitários, considerando as condições ambientais do Brasil.

O presente trabalho apresenta a primeira etapa de desenvolvimento do estudo, na qual foi realizada a montagem do sistema experimental de bioreatores, caracterização do resíduo, determinação de parâmetros operacionais e químicos de monitoramento e início do primeiro ensaio.

MATERIAL E MÉTODOS

O bioreator de aço inoxidável foi carregado com resíduos sólidos de origem doméstica de Porto Alegre, simulando o resíduo que atualmente é enviado para disposição em aterro sanitário, lodo digerido e água, e lançado posteriormente para início do processo de degradação.

Caracterização do resíduo:

Resíduo Orgânico = 81%; Plástico = 6%; Papel = 4%; Latas = 2%; Tetra Pak = 2%; Vidro = 2%; Tecido = 1%; Alumínio = 1%; Isopor = 1%

No primeiro ensaio, o volume do bioreator foi completado com 77 litros de água (70 litros + 10% em excesso = 77 litros) e lodo digerido da ETE do SEMAE de São Leopoldo.

Diariamente foi realizado reciclo do chorume, conforme o seguinte procedimento:

10 litros de chorume são retirados do sistema

Mede-se o pH, ajustando-o até a neutralidade (6,9 – 7,5) com NaOH comercial

Após o ajuste, mede-se o pH do lodo e mistura-se o chorume com o lodo

O pH da mistura lodo + chorume é medido e então o volume de 10 litros é recirculado para dentro do bioreator.

O estudo em realização prevê a realização de 4 experimentos, no qual cada experimento terá com duração de 3 a 6 meses. O estágio atual desenvolve o primeiro experimento, onde a vazão de reciclo, temperatura e pH são monitorados diariamente e parâmetros tais como teor de umidade, reciclagem do chorume e fluxo de umidade, inóculo e adição de nutrientes estão sendo estudados.

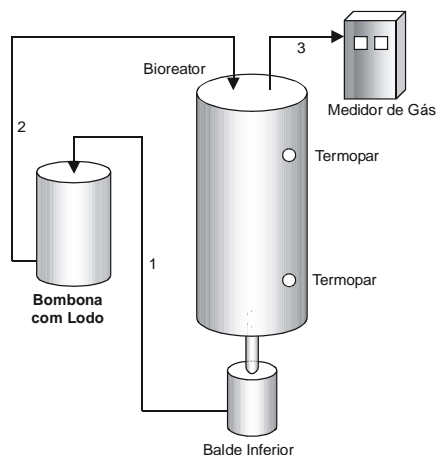


Figura 1 – Esquemática do bioreator. Notação: 1 - Retirada do chorume e posterior mistura com o lodo; 2 - Reciclo do lodo para o bioreator; 3 - Saída de gás do bioreator para o medidor.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Durante a execução do experimento foi possível observar um desenvolvimento satisfatório quanto ao controle do pH do chorume. A Figura 2 mostra o monitoramento do pH, onde o pH

inicial do chorume atinge valores próximos a 6. Considerando que valores ótimos a serem atingidos incluem valores entre 6,9 – 7,5, e que a fase metanogênica é favorecida em um pH neutro, verifica-se a eficiência do procedimento de coleta. A Figura 3 apresenta o monitoramento do pH do lodo digerido.

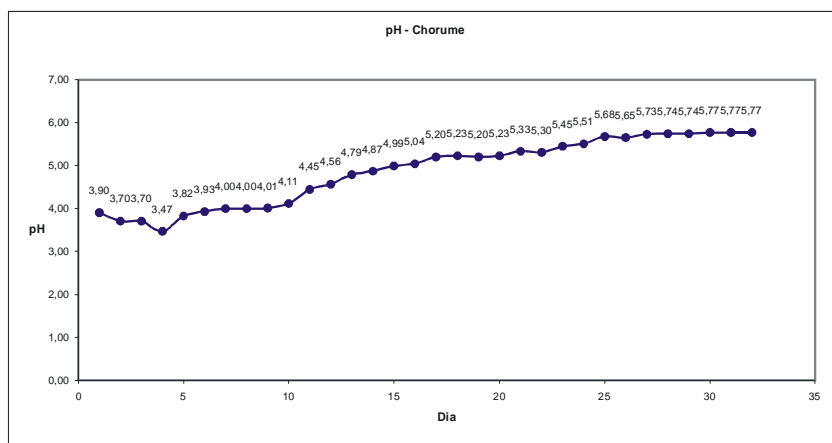


Figura 2 - Monitoramento do pH do Chorume.

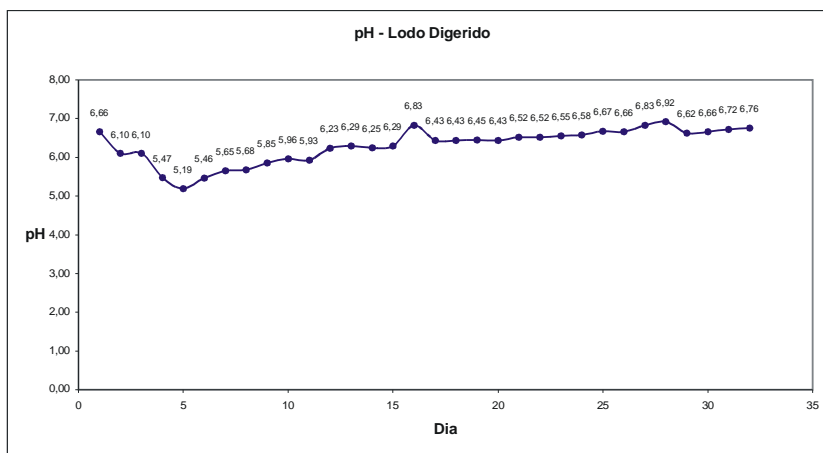


Figura 3 - Monitoramento do pH do lodo digerido.

O objetivo do monitoramento foi de estabilizar o pH do lodo digerido na faixa de 6,86 – 6,90, após a mistura com o chorume. Tal fato tornou-se necessário devido ao meio biológico do lodo ser muito sensível a mudanças bruscas no pH, ou seja, pH muito ácido ou muito básico prejudica a proliferação e a manutenção das bactérias metanogênicas. Observa-se que entre o 5º e 10º dia de operação o lodo teve de ser descartado, sendo coletado lodo novo, em função do pH ter atingido valores abaixo

da faixa limite, ocasionando a degradação do mesmo impedindo que este continuasse a ser usado.

No período de execução do experimento, observou-se a geração de gás no sistema conforme apresentado na Figura 4 (pico máximo de 12,808 litros no 8º dia). Entretanto não é possível determinar a composição do mesmo, visto que a etapa atual do estudo não incluiu a caracterização físico-química do gás gerado.

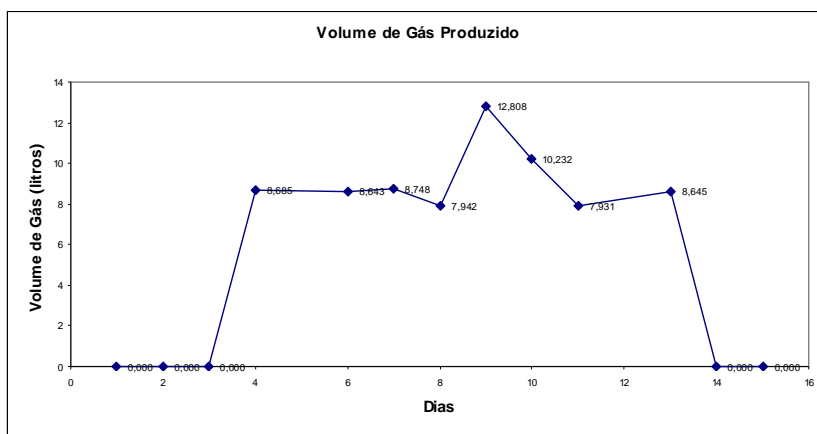


Figura 4 - Índices de geração de gás.

A queda da produção de gás entre o 5º e o 10º dia pode ser justificado pelo problema da degradação do lodo (pH abaixo da faixa ótima com citado acima). Em virtude do pH permanecer muito tempo abaixo do ponto ótimo e o pH no interior do sistema ainda encontrar-se muito ácido, tal fato prejudicou a produção de gás, fazendo com que ocorresse uma queda brusca na geração de gás. Após o 12º dia não houve produção de gás significativa. A partir do 21º dia o pH do chorume apresentou uma elevação satisfatória, entretanto a geração de gás não se mostrou significativa, provavelmente devido à produção de ácido propiônico no sistema, fazendo com que os organismos crescessem lentamente.

CONCLUSÕES PRELIMINARES

Em virtude de tratar-se de um projeto de longa duração, nessa primeira etapa é possível realizar uma avaliação sobre as condições experimentais implementadas até o momento:

1 – A distribuição do resíduo no bioreator mostrou-se adequada ao sistema operacional.

2 - Nos primeiros meses do processo não é possível verificar níveis significativos de produção de biogás.

3 – O sistema de reciclo deve ser aprimorado para os ensaios subseqüentes: 10 litros de chorume serão retirados e o pH será medido; o pH do lodo será medido e este recirculado; somente depois o chorume será misturado já com o pH ajustado. O objetivo é coletar uma maior

quantidade de lodo no tambor para evitar que este fique em contato com o ar, diminuindo a camada do lodo que fica em contato com o ar.

4 – O monitoramento de pH e produção de gás mostrou-se efetivo e deverá produzir curvas significativas após este estágio inicial do processo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

COSTA, J. C. D. da; LU, G. Q.; RUDOLPH, V. Membrane-based gas separation: potential energy recovery and greenhouse abatement applications. **Development in Chemical Engineering and Mineral Process**, v.5, n.1/2, p.89-100. 1997.

BARLAZ, M. A.; HAM, R. K.; SCHAEFFER, D. M. Methane production from municipal refuse. A review of enhancement techniques and microbial dynamics. **Critical Reviews in Environmental Control**, v.19, p.557-584.

BARLAZ, M. A.; HAM, R. K.; SCHAEFFER, D. M. Microbial, chemical and methane production characteristics of anaerobically decomposed refuse with and without leachate recycling. **Waste Management and Research**, v.10, p.257-267, 1992.

BLACKALL, L. Microbiology of landfill in: Improved landfill design and operation. In: KROL, A. (Ed.). **CRC for waste management and pollution control**. Brisbane, Australia, 1993.

BORGWARDT, R. H. **Industrial & Engineering Chemistry Research**, v.37, p.3760, 1998.