

AVALIAÇÃO DO TRATAMENTO ANAERÓBIO DE RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS E GERAÇÃO DE BIOGÁS EM CÉLULAS EXPERIMENTAIS A PARTIR DO TESTE BMP

Rômulo Wilker Neri de Andrade (*), Alex Backer Freire Bento 2, Josilene Maria da Silva 3, Elisângela Maria Rodrigues Rocha 4, Joácio de Araújo Morais Junior 5

* Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB) – *campus* Monteiro e Universidade Federal da Paraíba (UFPB) – *campus* I. romulo_wilker@hotmail.com

RESUMO

Os problemas acarretados pela má gestão dos resíduos sólidos urbanos são complexos e tão velhos quanto à humanidade. A Política Nacional dos Resíduos Sólidos, torna obrigatório o fechamento dos lixões e determina que os resíduos sólidos urbanos sejam tratados e dispostos em aterros sanitários. Infelizmente poucos aterros sanitários dispõem de áreas para o tratamento de resíduos sólidos orgânicos e uma central de produção de geração de energia elétrica a partir do biogás. Nesse contexto, surge o tratamento anaeróbico da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos por biodigestores anaeróbios, que através da transformação química da matéria orgânica pela fermentação produz biomassa e biogás. Com isso, o presente trabalho objetivou avaliar o comportamento do processo de biodegradação dos resíduos sólidos orgânicos através de biorreatores anaeróbios em escala de laboratório, utilizando o teste BMP. A metodologia organizou-se em Coleta/Caracterização dos resíduos e inóculo, Amostragem e Incubação/Monitoramento dos biorreatores. Aproximadamente 2,5kg de restos das refeições e do preparo das mesmas foram coletados no restaurante universitário UFPB – *campus* I e, 9L do lodo anaeróbico da lagoa anaeróbia do módulo III da estação de tratamento de esgotos de João Pessoa. Ambos foram direcionados ao Laboratório de Saneamento Ambiental da mesma instituição. No laboratório, foram inoculadas quatro composições contendo fração orgânica e/ou lodo, em frascos de vidro Schott de 250 mL com tampa e septo, hermeticamente fechados. Os biorreatores, permaneceram na estufa por 92 dias a temperatura de 35°C. O acompanhamento da produção de biogás foi realizado através da medição da pressão realizada periodicamente antes e após a remoção do biogás formado, através de um manômetro de precisão. Na maioria dos biorreatores, o pH se manteve com valores próximos ao neutro, com exceção do biorreator somente com LODO, que apresentou um pH básico. Segundo referências, o processo de digestão anaeróbia e produção de biogás continua bem sucedido num limite de pH entre 6,0 a 8,0, embora numa taxa mais baixa. O biorreator composto por Resíduo Sólido Orgânico, Inóculo (lodo) e Glicose (RSOLG) foi o que apresentou a melhor estimativa para produção do biogás, acumulando 143,13 mL, enquadrando-se dentro dos limites de outros autores. Assim, o teste BMP mostrou-se eficaz no tratamento de resíduos sólidos orgânicos e produção de biogás.

PALAVRAS-CHAVE: Biorreatores, Digestão Anaeróbia, Produção de Biogás, Teste BMP

INTRODUÇÃO

O crescimento da população e, conseqüentemente, a maior geração de resíduos sólidos, vem preocupando a todos. A realização de eventos ambientais e a criação de políticas públicas que visam a utilização de tecnologias limpas e fontes alternativas de energia, buscam mitigar os efeitos desses resíduos ao meio ambiente.

O percentual de resíduos sólidos orgânicos (RSO) descartados no Brasil é bem elevado, e devido à produção de biogás e chorume, deve-se recorrer ao tratamento e disposição final adequado. Os aterros sanitários são, atualmente, uma das soluções de disposição final. Muitos dispõem de células de compostagem e tratamento do biogás e chorume.

O aproveitamento do biogás gerado em aterros de resíduos urbanos representa um grande avanço para a sociedade como um todo. Neste momento há duas situações possíveis para o aproveitamento do biogás, uma consiste na queima direta (aquecedores, esquentadores, fogões, caldeiras) e a outra diz respeito à conversão de biogás em eletricidade, isto significa que o biogás permite a produção de energias elétrica e térmica (MOURA, 2011).

O biogás é um gás incolor, insolúvel, leve e de fraca densidade, constituído basicamente de 50-75% de metano (CH₄), 25-40% de dióxido de carbono (CO₂), 1-3% de hidrogênio (H₂), 0,1-0,5% de gás sulfídrico (H₂S), 0,5-2,5% de nitrogênio (N₂), 0,1-0,5% amônio (NH₃) e 0,1-1% de oxigênio (O₂) (CASSINI, 2003), que pode ser obtido a partir da transformação química da matéria orgânica pela fermentação em gaseificadores sob altas temperaturas ou pela biodigestão, através de um processo biológico.

O biogás resultante do processo biológico é produto da fermentação, na ausência do ar, de dejetos animais, resíduos vegetais e resíduos orgânicos, em condições adequadas de umidade. A reação desta natureza é denominada digestão anaeróbia é proporcionada pela ação de bactérias e pode ser resumida em três etapas distintas (TEIXEIRA, 2003):

Primeira fase: a transformação de substâncias complexas em substâncias mais simples é realizada por bactérias que possuem capacidade enzimática de decompor carboidratos, gorduras e proteínas; Segunda fase: as substâncias mais simples obtidas na primeira fase tornam-se substratos para as bactérias saprófitas, liberando produtos da degradação intermediária, como o CO₂ e H₂O. Esta fase é chamada ácida; Terceira fase: chamada gaseificação, os ácidos voláteis produzidos na fase anterior são metabolizados pelas bactérias metanogênicas.

Segundo Duerr et al.(2007), o biogás tem como aplicação mais comum a queima em processos de cocção, no entanto cada vez mais têm surgido aplicações para o aproveitamento do biogás como a geração de energia elétrica por intermédio de motores à explosão.

Em aterros sanitários, o biogás, é aplicado em vários seguimentos, em vários países é utilizado como fonte energética em processos sanitários, comercializado para uso em indústrias, aqui no Brasil já chegou a ser utilizado experimentalmente em caminhões de coletas de lixo da cidade de São Paulo, em alguns carros da frota da Companhia de Saneamento do Paraná e o biogás foi canalizado para uso doméstico e aquecimento da água em Pirai do Sul.

É possível avaliar o rendimento de produção de biogás em aterros sanitários para a geração de energia elétrica através de células experimentais. Para isso, é necessário definir parâmetros e uma metodologia de ensaios de maneira que o modelo aplicado esteja próximo da realidade local, considerando algumas peculiaridades da nossa região.

O BMP é um teste clássico, originalmente desenvolvido para avaliar a biodegradabilidade compostos orgânicos solúveis, mas também aplicado a compostos moído e insolúvel finamente sólido (MORAIS JUNIOR, 2006), com isto, será estimado o valor energético de um aterro sanitário a partir do biogás produzido.

Partindo dessa ideia, o presente trabalho objetivou-se avaliar o comportamento do processo de biodegradação dos resíduos sólidos orgânicos através de biorreatores anaeróbios, em escala de laboratório, utilizando o teste *Biochemical Methane Potential* (BMP).

METODOLOGIA

A metodologia organizou-se em três etapas: Coleta/Caracterização, Amostragem e Incubação/Monitoramento.

Aproximadamente 2,5kg de restos das refeições e do preparo das mesmas foram coletados no restaurante universitário (RU) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB) – *campus* I, João Pessoa, no turno da tarde. Escolheu-se coletar os resíduos sólidos orgânicos devido à facilidade e proximidade do local da coleta ao laboratório.

O inóculo utilizado trata-se de um lodo anaeróbio coletado na segunda lagoa anaeróbia do módulo III da Estação de Tratamento de Esgoto Sanitário de Mangabeira, João Pessoa/PB, que mede 73x73m, profundidade de 3m e volume útil de 12.150m³. A temperatura ambiente era de aproximadamente 30°C e a duração da coleta foi de 1 (uma) hora. Para a coleta foram utilizadas duas garrafas em polietileno tereftalato (PET) de 5 litros, um coletor tubular em policloreto de vinila (PVC), um funil e Equipamentos de Proteção Individual (EPI): batas, mascaras e luvas. Foram coletados aproximadamente 9 litros do lodo, aparentemente viscoso. A amostra do lodo foi transportada para o Laboratório de Saneamento Ambiental (LABSAM), credenciado ao Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da UFPB, para análises e foi mantida em um refrigerador sob temperatura de 10°C.

Para o teste BMP, foram inoculadas 4 (quatro) composições em triplicata: Resíduos Sólido Orgânico (RSO), Lodo Anaeróbio (LODO), Resíduo Sólido Orgânico e Lodo Anaeróbio (RSOL), Resíduo Sólido Orgânico, Lodo Anaeróbio e Glicose (RSOLG). Sendo os dois primeiros para testes do branco do inóculo e da fração orgânica. As composições dessas amostras foram quantificadas e adaptadas de Moraes Junior (2006) (Tabela 1).

Tabela 1. Composição dos biorreatores anaeróbios (escala de laboratório).

Quantidade	Solução Nutritiva	Resíduo Orgânico	Lodo Anaeróbio	Glicose	Sigla
3	155mL	5g	-	-	RSO
3	138mL	-	22mL	-	LODO
3	133mL	5g	22mL	-	RSOL
3	113mL	5g	22mL	20mL	RSOLG

As amostras foram inoculadas em frascos de vidro Schott de 250 mL com tampa e septo, hermeticamente fechados para garantir uma vedação perfeita do gás. O recipiente foi mantido em condição anaeróbia sob a presença de uma mistura gasosa (CO₂/N₂). O esquema é apresentado na figura 1.

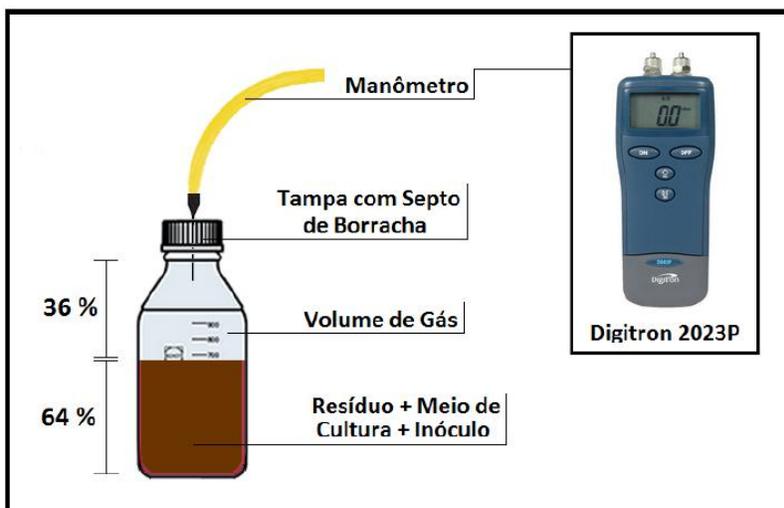


Figura 1: Esquema do teste BMP. Fonte: Autor do Trabalho

Doze biorreatores foram incubados em estufa (estufa micro processada de cultura e bacteriologia modelo Q316M2, dimensões internas 36x40x36) a 35°C ±2°C, porém, apenas 4 (quatro) ficaram na estufa durante 92 dias, com monitoramento periodicamente da temperatura, pressão e umidade. Os demais biorreatores foram retirados em 30 e 60 dias.

O acompanhamento da produção de biogás foi realizado através da medição da pressão realizada diariamente antes e após a remoção do biogás formado, através de um manômetro de precisão Digetron 2023 (Figura 1), com uma precisão de cerca de 2mbar e uma pressão máxima de 2000 mbar.

RESULTADOS

DEGRADAÇÃO ANAERÓBIA

No 92º dia foram retirados os últimos 4 (quatro) reatores, sendo uma amostra de cada composição (Tabela 2). Observou-se que todos os meios de reação apresentaram coloração escura, próximo ao marrom, e um odor característico ao estado de decomposição, em destaque o biorreator que tinha a glicose em sua composição, pois o seu odor era mais intenso.

Os resultados das caracterizações parciais, iniciais e finais, dos meios de reação, do teste BMP, estão expostos na tabela a seguir.

Tabela 2: Balanço de massa e pH dos reatores retirados ao 92º dia

Reator	Meio de Reação – Inicial (g)	Meio de Reação – Final (g)	Meio Degradado (g)	pH – Inicial	pH – Final
RSO	378,36	375,26	3,10	6,94	6,40
LODO	379,76	378,87	0,89	7,25	8,56
RSOL	378,57	376,62	1,95	6,92	6,22
RSOLG	378,59	376,25	2,34	6,85	6,09

De acordo com a tabela 2, observou-se que os biorreator LODO (branco), compostos apenas por lodo anaeróbio e solução nutritiva, teve uma reação muito baixa em relação aos demais biorreatores que contiveram resíduos sólidos orgânicos, mostrando que a degradação do resíduo, por si só, já obteve uma boa eficiência.

O biorreator mais degradado foi o RSOLG, mas o biorreator RSOL, com composição de lodo e fração orgânica, obteve uma degradação próxima ao biorreator que apresenta glicose em sua composição. De fato, a glicose mostrou-se ser útil para a alimentação prévia dos microrganismos, servindo de fonte de alimento para as bactérias até a estabilização do meio, onde o inóculo começa a consumir o substrato (RSO).

Sobre o pH, verificou-se que a maioria dos biorreatores mantiveram os valores de pH próximos ao neutro, com exceção do LODO que apresentou um pH básico. Segundo Foresti (1993) *apud* Barcelos (2009), o pH ótimo para a digestão anaeróbia é de 6,8 a 7,5, porém o processo ainda continua bem sucedido num limite de 6,0 a 8,0, embora numa taxa

mais baixa. Porém, o biorreator RSOLG mostrou uma leve acidificação, fato que poderia ter prejudicado o crescimento microbiano em algum momento do teste.

De acordo com Berthe (2006), estes valores de pH que estão abaixo de 7 tem características de estágios iniciais de degradação. O pH diminui até 5-6 depois volta para as próximas fases e estabiliza em torno 7-8 durante metanogênese. Assim, acredita-se que aos 92 dias, os reatores estariam em transição de fase.

PRODUÇÃO DO BIOGÁS

A produção de biogás está diretamente relacionada ao volume disponível no biorreator, a qual foi obtida através das medições periódicas de diferença de pressão e temperatura dos reatores. Para o cálculo do volume acumulado de biogás no instante “t”, foi considerada a temperatura interna de 35°C. Os tempos (t) estão relacionados diretamente com a duração inicial do teste BMP, período de 92 dias, assim, foi possível construir as curvas de produção de biogás dos reatores que apresentavam os resíduos sólidos orgânicos em sua composição (Figura 2).

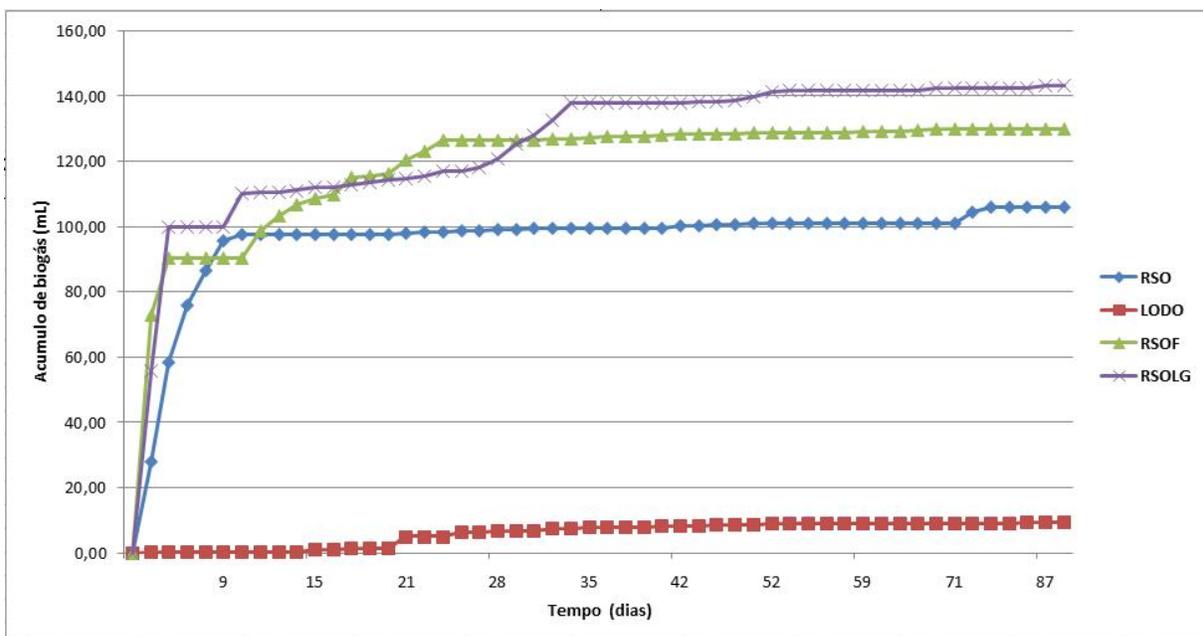


Figura 2: Produção de biogás. Fonte: Autor do Trabalho

Analisando as curvas da produção do biogás na figura 2, pode-se observar que o inóculo utilizado adaptou-se de imediato a fração orgânica, conforme pode ser observado pela produção crescente nos biorreatores RSOL e RSOLG, ou seja, produziram níveis considerados de biogás durante o período estudado do teste BMP.

O biorreator RSOLG foi o que mais se destacou graficamente, sendo a melhor composição para produção do biogás, acumulando 143,13 mL, dentro das condições de temperatura estudadas. Este fato pode ter ocorrido devido à adição de Glicose, que serviu como alimento até o final do processo de adaptação dos microrganismos e a fração orgânica.

Derbal *at al.* (2012), estudando o tratamento anaeróbio de resíduos sólidos orgânicos à temperatura de 35°C, que utilizou o lodo como inóculo a diferentes taxas de carga orgânica, obtiveram valores unitários de produção de biogás durante 190 dias, que variam entre 100mL a 500mL para a maior taxa e de 50mL a 200mL para a menor taxa. Os resultados obtidos em nosso estudo enquadram-se aos valores para a menor taxa de fração orgânica, pois adotamos 5g de matéria orgânica em cada reator, mostrados na tabela 1.

Analisando a tendência da curva da amostra LODO, observou-se pouca geração de biogás, a mesma é o branco do inóculo no nosso estudo, podendo-se determinar que 7,12% da produção do biogás no RSOL corresponderam ao inóculo e 6,45% no RSOLG.

CONCLUSÃO

O teste BMP mostrou-se viável no tratamento de resíduos sólidos orgânicos e produção de biogás. Porém, devido a problemas de logística no período da pesquisa, não foi possível realizar a análise qualitativa do biogás gerado.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BARCELOS, B. R. *Avaliação de diferentes inóculos na digestão anaeróbia da fração orgânica de resíduos sólidos domésticos*. 2009. Dissertação de mestrado: Universidade de Brasília. Brasília, 2009.
2. BERTHE, C. *Etude de la Matière Organique contenue dans des lixívias issus de différentes filières de traitement des déchets ménagers et assimilés*. 2006. Tese de doutorado: Université de Limoges. Ecole doctorale Science – Technique. Santé, 2006.
3. CASSINI, S. T. *Digestão de resíduos sólidos orgânicos e aproveitamento do biogás*. Rio de Janeiro. ABES, 2003.
4. DUERR, M.; GAIR, S.; CRUDEN, A.; MCDONALD, J. *Hydrogen and electrical energy from organic waste treatment*. *Hydrogen Energy*. 32, pp 705-709, 2007.
5. DERBAL, K.; BENCHEIKH-LEHOCINE, M.; MENIAI, A. H. *Study of biodegradability of organic fraction of municipal solids waster*. *Energy Procedia*, v. 19, p. 239-248, 2012.
6. MORAIS JUNIOR, J. A. *Influence des pré-traitements mécaniques et biologiques des ordures ménagères Résiduelles (OMR) sur leur comportement bio-physicochimique em Installation de Stockage de Déchets (ISD)*. 2006. Tese de doutorado: Institut national des Sciences Appliquées de Lyon. Lyon, 2006. 219 p.
7. MOURA, J. P. *Estudo do Dimensionamento da Produção de Biogás a partir de resíduos residenciais, industriais e de matrizes suínas a Partir de Uma Revisão da Literatura*. *Revista Educação Ambiental em Ação*. Itajaí, SC: Dezembro/2011-Fevereiro/2012. Número 38.
8. TEIXEIRA, V. H.. *Biogás. Textos Acadêmicos*. UFLA/FAEPE. Lavras, MG. 2003