

## **INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA E UMIDADE NA GERAÇÃO DE BIOGÁS EM BIORREATOR AUTOMATIZADO CONTENDO RESÍDUO ORGÂNICO**

**Natalya Amélia Bonfim<sup>1</sup>**  
**Rômulo Medeiros Caribé<sup>2</sup>**  
**Maria Josicleide Felipe Guedes<sup>3</sup>**  
**Francisco Gleson dos Santos Moreira<sup>4</sup>**  
**Márcio Camargo Melo<sup>5</sup>**

<sup>1</sup> Laboratório de Pesquisa em Fluidodinâmica e Imagem, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande – PB, Brasil, natalya.abonfim@gmail.com

<sup>2,3,4,5</sup> Grupo de Geotecnia Ambiental, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande – PB, Brasil, romulomedeiros@gmail.com; mjosicleide@ufersa.edu.br glesongm@gmail.com; melomc90@gmail.com

### **Introdução**

O tratamento dos Resíduos Sólidos Orgânicos (RSO), fração orgânica dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), torna-se importante para minimizar a quantidade de resíduos destinados a aterros sanitários e, assim, contribui significativamente para a melhoria do gerenciamento de RSU nos municípios brasileiros. Esse tratamento pode ser realizado em biodigestores anaeróbios, tendo o biogás como subproduto do processo de digestão anaeróbica, e que pode ser utilizado como combustível limpo (MATHERI et al., 2017).

De acordo com Tchobanoglous et al. (1993), o biogás é constituído por uma mistura de gases, que varia com o avanço da atividade anaeróbia, tendo em sua composição maiores concentrações dos gases metano (CH<sub>4</sub>) e carbônico (CO<sub>2</sub>), e em menores proporções o gás sulfídrico (H<sub>2</sub>S), monóxido de carbono (CO), oxigênio (O<sub>2</sub>) e alguns gases traços. Os microrganismos anaeróbios que geram esses gases possuem alta sensibilidade às condições do ambiente em que se encontram.

Nesse contexto, muitos fatores, incluindo o tipo e concentração de substrato, temperatura, umidade, pH, etc., podem afetar o desempenho do processo de digestão anaeróbia e a qualidade do gás gerado em um biorreator (BARLAZ et al., 1987; KHALID et al., 2011).

Diante do exposto, o presente trabalho teve por objetivo analisar a influência das variações de temperatura e umidade na geração de biogás em um biorreator automatizado em escala reduzida (BIOR) alimentado com RSO.

### **Material e Métodos**

O BIOR foi desenvolvido pelo Grupo de Geotecnia Ambiental (GGA), da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG. Construído com volume de 0.008 m<sup>3</sup>, em aço inox e hermeticamente fechado. Possui um sistema de sensores para o monitoramento diário da umidade, das temperaturas interna e ambiente, e das concentrações de CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>. As informações obtidas através desses sensores são armazenadas em uma central de controle, cujos dados podem ser acessados via internet. Além desse sistema de obtenção de dados, alguns parâmetros como as concentrações dos gases CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S e CO, foram obtidos manualmente com frequência diária de leitura, sendo utilizado o equipamento Dräger, modelo X-am 7000. No presente estudo serão analisados os dados referentes aos gases CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> e O<sub>2</sub>.

#### *Preparação da amostra de RSO utilizada no biorreator*

Inicialmente, realizou-se a composição gravimétrica e volumétrica dos RSU da cidade de Campina Grande – PB. Destes foram extraídos 5.5 kg de resíduo orgânico, sendo destinado ao enchimento do biorreator após ter o tamanho de suas partículas reduzidas a diâmetros menores que 0.0191 m.

Foram estabelecidas algumas condições de contorno aos RSO: (1) adição de esterco bovino, visando aumentar a quantidade de microrganismos e otimizar a produção do biogás; (2) ajuste da umidade, que foi regulada para 80% considerado o teor no qual há maior produção de biogás, conforme

Alves (2008); (3) ajuste do pH, que foi fixado para uma faixa ótima (7 a 7.5) por meio da adição de bicarbonato. Tais adequações tiveram por finalidade conferir maior eficiência ao processo biodegradativo.

## Resultados e Discussão

O período de monitoramento contemplado neste trabalho compreende o 23° até o 67° dia. Na Figura 1 encontram-se ilustradas a variação das temperaturas ambiente, externa ao biorreator, e interna a este.

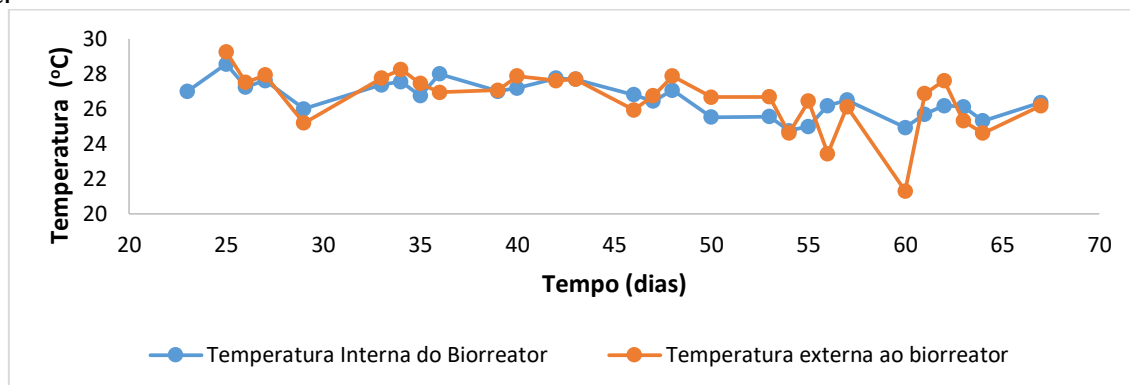


Figura 1. Variação das temperaturas interna e ambiente ao longo do tempo de monitoramento.

A partir da Figura 1, observa-se que os dados de temperatura interna do biorreator apresentaram valores no intervalo de 25 – 28.5°C, enquanto que a temperatura do ambiente externo ao biorreator oscilou entre 21.3 – 29.2°C. Esses dados indicam que a temperatura interna do biorreator apresentou valores semelhantes aos do ambiente externo, sendo sua variação conforme a mesma.

Tal comportamento tem relação direta com o fator área superficial/volume do biorreator, devido a suas dimensões serem reduzidas e o material que o constitui não possuir características isolantes. Deste modo, trocas de energias na forma de calor ocorrem e prontamente é atingido o equilíbrio térmico entre os meios.

Vale salientar que, segundo reportam Reichert (2005) e Foster-Carneiro et al. (2008), existem duas faixas de temperaturas que favorecem condições ótimas para a produção de biogás, as quais são caracterizadas como mesófilas (20 – 40°C) e termófilas (50 – 60°C), sendo o intervalo de temperatura de 30 – 35°C considerado ótimo. De acordo com os dados obtidos para o biorreator, o intervalo correspondente encontra-se na faixa mesofílica, evidenciando que as bactérias metanogênicas, consideradas sensíveis à variação de temperatura, podem atuar satisfatoriamente nessas condições que o meio apresenta.

Outro parâmetro analisado neste estudo foi a umidade do biogás, conforme ilustrado na Figura 2.

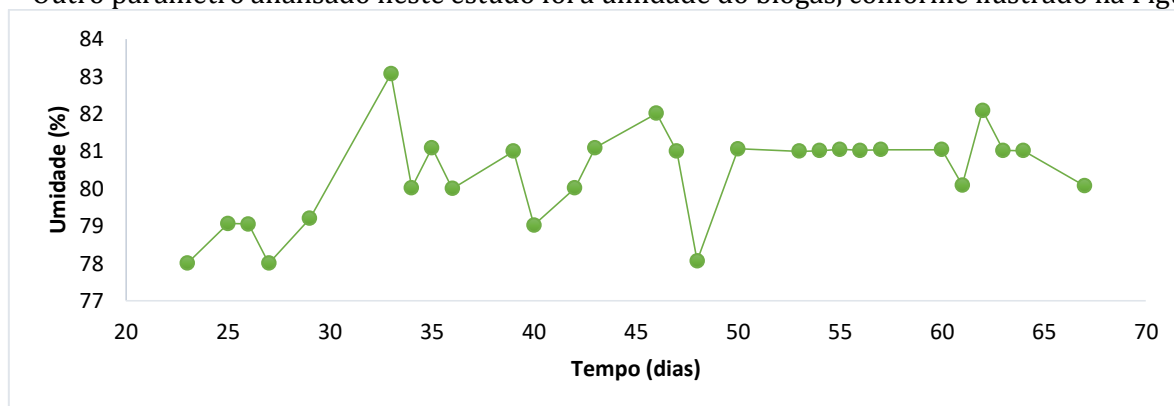


Figura 2. Variação da umidade no biogás produzido no biorreator.

Observa-se na Figura 2 que no intervalo de 23° ao 67° dia de monitoramento, a umidade presente no interior do biorreator variou entre 78 - 83%, podendo ser justificados pelo ajuste da umidade do resíduo em 80%.

Conforme analisado por Monteiro (2003), ao ser acrescida a umidade em resíduos sólidos, ocorre um aumento no potencial de produção de metano e uma rápida estabilização da matéria orgânica. Logo,

no presente caso, esta estabilização ocorreu mais rapidamente uma vez que se trata de RSO. A umidade atua como fator relevante na biodegradação, uma vez que o crescimento microbiano depende da água contida no resíduo, fornecendo os nutrientes necessários para o seu desenvolvimento, o que também auxilia na propagação destes organismos no resíduo, além de atuar na hidrólise ao longo da degradação (ALCÂNTARA, 2007).

De acordo com Alves (2008), há uma maior geração de biogás quando a umidade é ajustada em 80%. Deste modo, verifica-se que os dados obtidos para o resíduo em estudo encontram-se muito próximos do valor considerado ótimo para o desenvolvimento satisfatório da biodegradação anaeróbia, e conseqüente otimização da produção de biogás. Tal comportamento pode ser avaliado na Figura 3 que descreve as concentrações dos principais gases constituintes do biogás.

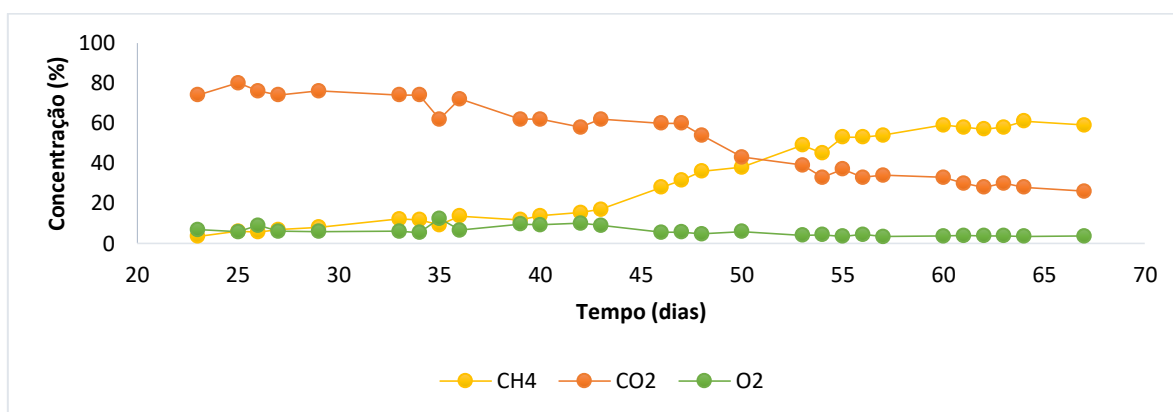


Figura 3. Variação das concentrações de CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> e O<sub>2</sub>.

Na Figura 3 são ilustrados os valores das concentrações dos gases CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> e O<sub>2</sub>, os quais encontram-se nos intervalos de 3.5 - 61.0%, 26.0 - 80.0% e 3.4 - 12.5%, respectivamente, notando-se um decréscimo dos percentuais de CO<sub>2</sub> e O<sub>2</sub>, e em contrapartida um aumento nos níveis de CH<sub>4</sub> com o tempo. Este comportamento também foi constatado por Leite et al. (2009), os quais verificaram concentrações médias de CH<sub>4</sub> iguais a 60% em um reator anaeróbio de batelada preenchido com RSO, monitorado por 270 dias, e com umidade de 80%.

Ressalta-se ainda, segundo Tchobanoglous et al. (1993), que em condições favoráveis os valores das concentrações de CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub> variam de 45 - 60% e 40 - 60%, respectivamente, correspondendo a resultados da biodegradação dos resíduos por via anaeróbia. As elevadas concentrações desses gases no biorreator estudado são similares aos descritos na literatura para o tratamento de RSU em aterros sanitários, e contemplam o intervalo de desenvolvimento da fase metanogênica da decomposição dos RSO. Nesta fase predominam os microrganismos metanogênicos, os quais são estritamente anaeróbios e sensíveis à variação de temperatura, e atuam principalmente na conversão de ácido acético e gás hidrogênio em CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>.

Portanto, quanto aos dados de temperatura e umidade, verificou-se que ambos foram decisivos para o estabelecimento de condições ótimas do processo biodegradativo, uma vez que favoreceram o desenvolvimento das arqueas metanogênicas e, conseqüentemente, a geração de elevados teores de CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub> em um curto intervalo de tempo. Somado a isso, outros fatores que certamente contribuíram para otimização do processo, está relacionada ao fato da massa de resíduo contida no interior do biorreator ser constituída apenas de matéria orgânica, o que facilita sua decomposição pelos microrganismos. Outro aspecto foi a correção do pH inicial dos RSO para a faixa considerada ótima na produção do biogás, o que contribuiu consideravelmente para o estabelecimento da fase metanogênica, uma vez que esse parâmetro pode atuar como cooperador (pH entre 5.5 e 8.5), ou inibidor (pH ácido) ao se tratar dos microrganismos de interesse, os anaeróbios (REICHERT, 2005), especificamente os metanogênicos.

Diante dos resultados apresentados, a automatização do sistema mostrou-se essencial para o melhor entendimento da evolução do processo biodegradativo da matéria orgânica contida nos RSU, uma vez que permitiu acompanhar, diariamente e em qualquer lugar com acesso a internet, o desenvolvimento das diversas fases do processo de decomposição anaeróbia.

## Conclusão

A geração de biogás no biorreator em escala reduzida apresentou, em um curto intervalo de tempo, valores de concentração de metano em conformidade com aquelas encontradas em aterros sanitários, o que sugere que a utilização de RSO e o estabelecimento de condições de contorno, ou seja, acréscimo de esterco bovino e correção do pH, somadas às condições ótimas de teor de umidade e temperatura, foram essenciais para o bom desempenho do BIOR.

A automatização do sistema mostrou-se como uma ferramenta eficaz para o planejamento de ações a fim de otimizar e, conseqüentemente, acelerar a produção de biogás, visando o seu aproveitamento energético.

## Referências

- ALCÂNTARA, P. B. Avaliação da influência da composição de resíduos sólidos urbanos no comportamento de aterros simulados. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Pernambuco. Recife – PE. 2007.
- ALVES, I. R. F. S. Análise experimental do potencial de geração de biogás em resíduos sólidos urbanos. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Pernambuco. Recife – PE. 2008.
- BARLAZ, M. A.; HAM R. K.; MILKE M. W. Gas Production Parameters in Sanitary Landfill Simulators. *Waste Management and Research*, v.5, p.27-39. 1987.
- FOSTER-CARNEIRO, T.; PEREZ, M.; ROMERO, L. I. Thermophilic Anaerobic Digestion of Source-Sorted Organic Fraction of Municipal Solid Waste. *Journal of Bioresource Technology*, v.99, p.6763-6770. 2008.
- GIORDANO, G.; BARBOSA FILHO, O.; CARVALHO, R. J. Processos físico-químicos para tratamento do chorume de aterros de resíduos sólidos urbanos. Rio de Janeiro-RJ: Série Temática: Tecnologias Ambientais. 2011.
- KHALID, A.; ARSHAD, M.; ANJUM, M.; MAHMOOD, T.; DAWSON, L. The anaerobic digestion of solid organic waste. *Waste Management*, v.31, p.1737-1744. 2011.
- LEITE, V. D.; LOPES, W. S.; SOUSA, J. T.; PRASAD, S.; SILVA, S. A. Tratamento anaeróbio de resíduos sólidos orgânicos com alta e baixa concentração de sólidos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.13, p.190-196. 2009.
- MATHERI, A. N.; SETHUNYA, V. L.; BELAID, M.; MUZENDA, E. Analysis of the biogas productivity from dry anaerobic digestion of organic fraction of municipal solid waste. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2017.
- MONTEIRO, V. D. E. Análises físicas, químicas e biológicas no estudo do comportamento do aterro da Muribeca. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Pernambuco. Recife – PE. 2003.
- REICHERT, G. A. Aplicação da digestão anaeróbia de resíduos sólidos urbanos: uma revisão. In: 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Campo Grande-MS. 2005.
- TCHOBANOGLIOUS, G.; THEISEN, H.; VIGIL, S. A. *Integrated solid waste management*. New York: Engineering principles and management issues. 1993.