



ANÁLISE DO pH EM RELAÇÃO A GERAÇÃO DE BIOGÁS NA DIGESTÃO ANAERÓBIA DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Roger Pieri¹ (rogerpieri@hotmail.com), Douglas Ferreira Velho¹ (engenheiro.velho@gmail.com),
Luciana Paulo Gomes¹ (lugomes@unisinos.br)
1 UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS

RESUMO

A geração acentuada de resíduos sólidos tem contribuído para grandes problemas nos centros urbanos. A fração orgânica facilmente biodegradável dos resíduos sólidos urbanos não é corretamente destinada à reutilização e/ou reciclagem. Uma alternativa de aproveitamento destes resíduos é o emprego da Digestão Anaeróbia sob condições controladas, a qual pode contribuir para que municípios invistam em novas fontes energéticas ambientalmente sustentáveis. Essa pesquisa busca analisar o pH em relação a geração de biogás em biodigestores anaeróbios alimentados com a fração orgânica dos resíduos sólidos putrescíveis. O sistema experimental é composto por um reator com capacidade de 200 litros, sendo que o substrato utilizado foi composto de resíduos sólidos putrescíveis oriundos do restaurante universitário e lodo de esgoto do reator UASB. O reator foi alimentado com diferentes proporções de substrato, lodo e inóculo calculado em termos de Sólidos Voláteis, este com o intuito de elevar a produtividade de biogás. O estudo foi desenvolvido em sistema de batelada com temperatura controlada a 35° C e processo de agitação. Foram analisadas cinco diferentes relações de alimentação do reator no qual foram compostas por resíduos e lodo na primeira batelada e, resíduos e inóculo nas demais. Os resultados mostram que nas idades iniciais quando houve consumo de matéria orgânica e diminuição do pH a geração de biogás foi maior. E quando o pH se manteve estável nas primeiras idades a produção de biogás foi menor. Constatou-se também que quando o pH atingiu o valor superior a 8,0 a produção de biogás reduziu consideravelmente.

Palavras-chave: Digestão Anaeróbia; Resíduos Sólidos; Biogás.

ANALYSIS OF pH IN RELATION TO BIOGAS GENERATION IN ANAEROBIC DIGESTION WASTE SOLID

ABSTRACT

The large production solid waste has contributed to major problems in urban centers. The readily biodegradable organic fraction of urban solid waste is not properly designed for reuse and/or recycling. An alternative use of such waste is the use of Anaerobic Digestion under controlled conditions, which may contribute to municipalities to invest in new environmentally sustainable energy sources. This research seeks to analyze the pH in relation to generation of biogas in anaerobic digesters fed the organic fraction of solid waste putrescible. The experimental system consists of a reactor with 200 liters capacity, and the substrate was composed of food waste from the university restaurant and UASB sewage sludge. The reactor was fed with different substrate ratios, inoculum sludge calculated in terms of Volatile Solids, this in order to increase the production of biogas. The study was carried out in batch system with controlled temperature 35°C and moving process. We analyzed five different reactor power relations in which they were composed of waste and sludge in the first batch and waste and inoculum in the other. The results show that the early ages when there consumption of organic matter and reduction of pH was higher biogas generation. And when the pH was stable at early ages biogas production was lower. It was also found that when the pH reached a value greater than 8.0 to biogas production has reduced considerably.



Keywords: Anaerobic Digestion; Solid Waste; Biogas.

1. INTRODUÇÃO

A urbanização, o crescimento populacional, o desenvolvimento econômico e a revolução tecnológica provocam alterações no estilo de vida e nos modos de produção e consumo da população. Isso gera um aumento significativo na produção de resíduos sólidos, tanto em quantidade quanto em diversidade.

A digestão anaeróbia (DA) é um processo bioquímico que ocorre na ausência de oxigênio molecular livre, na qual diversas espécies de microrganismos interagem para converter compostos orgânicos complexos em metano, gás carbônico, água, gás sulfídrico e amônia, além de novas células bacterianas (CHERNICHARO, 2007; LEITE et al., 2009). É uma alternativa vantajosa para o tratamento dos resíduos sólidos orgânicos, pois fornece a partir da elevada produção de metano uma opção energética favorável. Porém, é um processo pouco difundido pela falta de dispositivos padrões para o tratamento e também pelo longo tempo necessário para bioestabilização anaeróbia dos resíduos sólidos quando comparados aos processos aeróbios. A utilização de inóculos pode ser uma forma de diminuir o tempo de estabilização dos resíduos sólidos orgânicos. (CASSINI, 2003).

A umidade para o processo anaeróbio é um fator primordial para as reações bioquímicas, disponibilidade de nutrientes e adequação do pH. Esta fornece nutrientes aos microrganismos, além de ser importante para o processo de decomposição, pois conduz enzimas e outros metabolismos microbianos (REIS, 2012).

De acordo com Chernicharo (1997), a formação de metano pode ser alcançada numa faixa ampla de pH, entre 6,0 e 8,0; no entanto, valores abaixo de 6,0 e acima de 8,3 devem ser evitados, uma vez que microrganismos formadores de metano podem ser inibidos.

O aumento no preço da energia elétrica, o problema das secas enfrentadas no país e a perspectiva da energia renovável certamente estimularão o desenvolvimento e o crescimento da tecnologia da DA para o tratamento de resíduos sólidos orgânicos, especialmente os resíduos sólidos putrescíveis (RSP).

A busca de opções para valorizar energeticamente os RSP existentes, com a transformação do carbono presente nos resíduos em energia, substituindo assim uma parcela das fontes fósseis, favorece de fato uma alternativa renovável de energia. Consequentemente, há redução do volume de materiais a ser desposto em aterros sanitários e minimiza os impactos sociais causados por esta disposição inadequada. Visto que, as condições ambientais estão associadas a menor geração de lixiviado nos aterros sanitários e a diminuição de gases de efeito estufa.

A realização desta pesquisa tem relevância social, econômica e ambiental especialmente para a fração orgânica putrescível dos resíduos sólidos. Com pretensão de desenvolver um tratamento eficiente com a utilização do mecanismo da digestão anaeróbia.

2. OBJETIVO

Analisar o pH em relação a geração de biogás em biodigestores anaeróbios alimentados com a fração orgânica dos resíduos sólidos putrescíveis.

3. METODOLOGIA

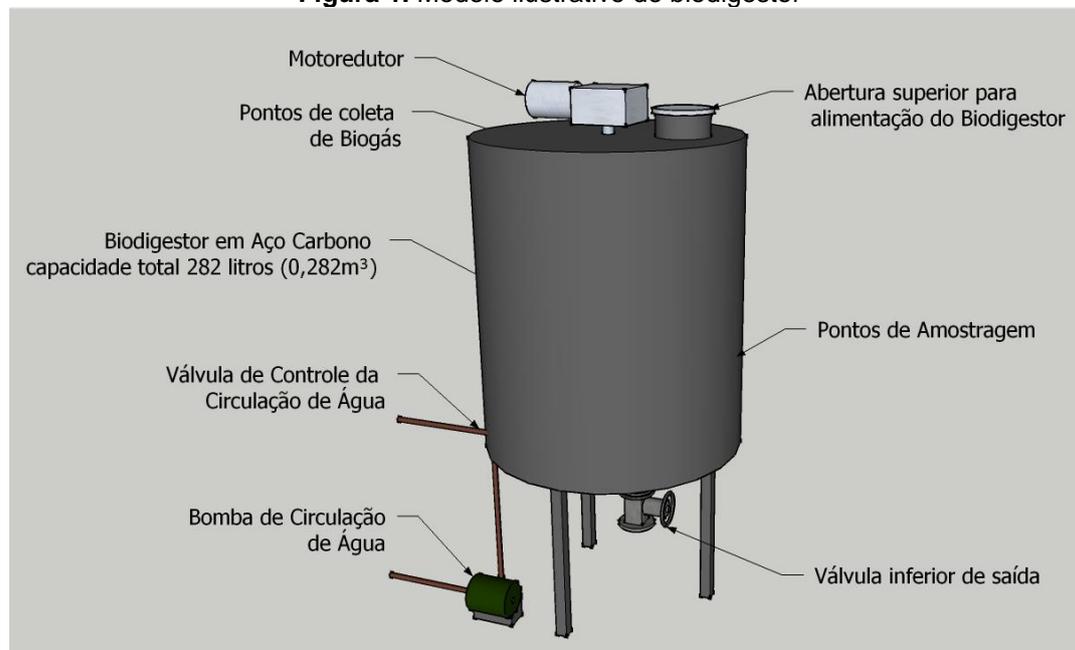
O trabalho experimental foi instalado nas dependências da Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) da Universidade do Vale do Rio dos Sinos – Unisinos, localizada na cidade de São Leopoldo, no estado do Rio Grande do Sul. O processo de digestão anaeróbia foi operado por batelada em um reator confeccionado em aço carbono com capacidade de 282 litros, e volume útil de 254 litros.

O biodigestor possui: uma abertura superior para alimentação; duas saídas superiores de gás, sendo uma quantitativa (medidor de pulsos) e outra qualitativa; duas saídas laterais para coleta de amostra; um extravasor com válvula; um sistema de controle de temperatura via serpentina metálica com circulação de água quente, esta aquecida por resistências em um tanque de 200



litros; e, um sistema de mistura composto por um eixo vertical central acoplado a um moto-reductor com controle de rotação (Figura 1).

Figura 1. Modelo ilustrativo do biodigestor



Fonte: Os autores

O desempenho da digestão anaeróbia foi verificado por meio das frações sólidas, líquidas e gasosas através das ações abaixo:

- Monitoramento da temperatura ambiente e da amostra;
- Monitoramento da medição da produção de biogás a partir de um medidor tipo Hyde;
- Análise de parâmetros físico-químicos na alimentação (lodo, inóculo e resíduos sólidos orgânicos) e na retirada da amostra (potencial hidrogeniônico – pH, Sólidos Totais – ST, Sólidos Fixos – SF, Sólidos Voláteis – SV, Alcalinidade e Acidez).

Os parâmetros monitorados no experimento seguiram metodologias recomendadas no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2012) e Instrução Normativa Nº 28 de 2007 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).

Para a determinação do pH do resíduo bruto, utilizou-se o método proposto por Carneiro (2005). Esse autor utiliza uma proporção de 1:10 de resíduo sólido triturado em água deionizada, e mantém a amostra em agitação constante por 2 horas, então, o pH é avaliado imediatamente a agitação. Nas amostras digeridas a determinação do pH foi medida imediatamente após sua coleta. Para a determinação do pH utilizou-se um pHmetro modelo Tecnal com equalizador de temperatura.

Foram estudadas cinco bateladas (B) com alimentação de resíduos sólidos putrescíveis (RSP) e inóculo. A alimentação na primeira batelada foi executada com lodo (LO) proveniente do reator UASB, sendo que o lodo é considerado o inóculo inicial. Nas demais bateladas foi utilizado, o inóculo restante (IN) da batelada anterior como forma de acelerar o processo, visto que, a utilização do inóculo já ambientado ao meio é uma forma de diminuir o tempo de estabilização do sistema de DA dos resíduos sólidos orgânicos.

As proporções de RSP, LO e IN foram calculadas em relação aos resultados dos Sólidos Voláteis (SV) de cada amostra. Conhecendo-se os Sólidos Voláteis do lodo, inóculo e dos resíduos sólidos orgânicos, procedeu-se à preparação do substrato para o carregamento proporcional, que no caso



específico deste trabalho: B1 – 6:1 (LO:RSP), B2 – 6:1 (IN:RSP), B3 – 4:1 (IN:RSP), B4 – 3:1 (IN:RSP) e B5 – 2:1 (IN:RSP).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partida do reator se deu através da B1 – 6:1 (LO:RSP), no dia 04 de dezembro de 2015, no qual foram utilizados 145 kg de lodo anaeróbio proveniente do reator UASB da estação de tratamento de esgotos da Unisinos e 2,66 kg de resíduos sólidos putrescíveis fornecidos pelo restaurante universitário da Unisinos.

As bateladas seguintes foram realizadas por meio do mesmo método de execução, mas ao invés de acrescentar o lodo foi utilizado o próprio inóculo, visto que a utilização de inóculo acelera o processo de biodigestão. Na Tabela 1 estão descritos os dados adquiridos para cada batelada realizada, contendo as proporções, resultado médio executado triplicada de Sólidos Voláteis (SV), as quantidades respectivas de lodo, inóculo e RSP, assim como a duração em dias, visto que o experimento teve duração total de 120 dias.

Tabela 1. Dados utilizados para início das bateladas

| Experimento | Alimentação | Proporção | SV (%) | Quantidade (kg) | Duração (dias) |
|-------------|-------------|-----------|---------|-----------------|----------------|
| Batelada 1 | LODO:RSP | 6:1 | 40%:94% | 145,0:2,66 | 15 |
| Batelada 2 | INÓCULO:RSP | 6:1 | 51%:94% | 147,6:2,61 | 22 |
| Batelada 3 | INÓCULO:RSP | 4:1 | 48%:86% | 150,2:5,00 | 22 |
| Batelada 4 | INÓCULO:RSP | 3:1 | 51%:83% | 155,2:5,66 | 22 |
| Batelada 5 | INÓCULO:RSP | 2:1 | 48%:84% | 160,8:9,24 | 22 |

Na Tabela 2 são apresentados os resultados de pH para alimentação inicial de cada batelada, sendo estes do lodo, do inóculo e dos resíduos utilizados como substrato na alimentação dos reatores.

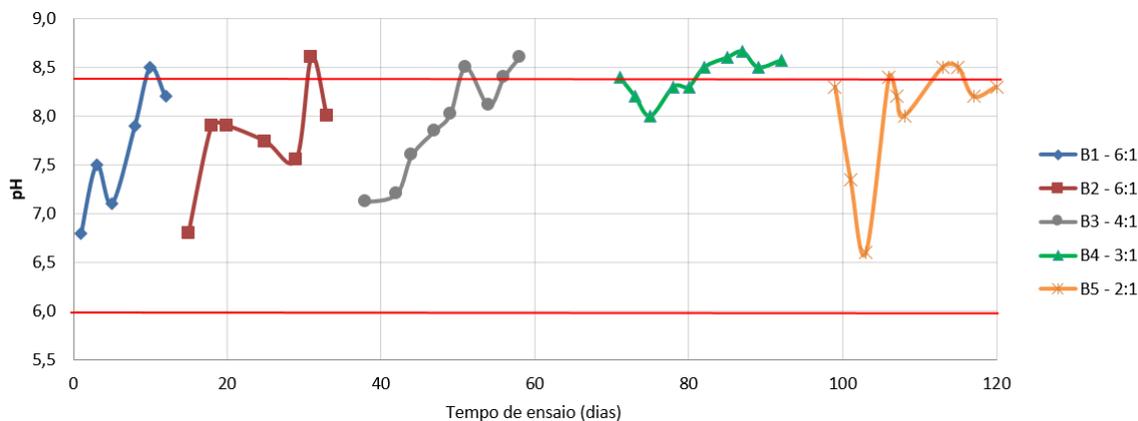
Tabela 2. Resultados de pH para alimentação inicial de cada batelada

| Experimento | pH (Lodo) | pH (Inóculo) | pH (RSP) |
|-------------|-----------|--------------|----------|
| Batelada 1 | 6,6 | - | 4,6 |
| Batelada 2 | - | 6,8 | 4,8 |
| Batelada 3 | - | 7,2 | 5,1 |
| Batelada 4 | - | 8,6 | 4,9 |
| Batelada 5 | - | 8,5 | 5,2 |

Analisando os dados referente a Tabela 2, constata-se que os resíduos sólidos putrescíveis coletados apresentam características ligeiramente ácidas, com valores de pH variando de 4,6 a 5,2. Após o carregamento do reator o comportamento do pH foi medido através das amostras três vezes por semana, na Figura 2 apresenta-se o comportamento do pH de todas as bateladas durante os 120 dias.



Figura 2. Comportamento do pH nas bateladas



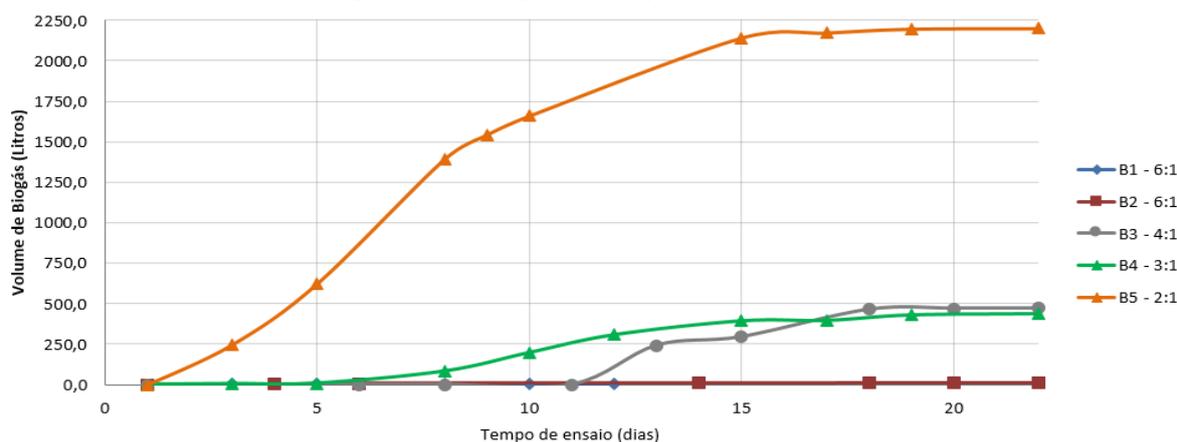
Fonte: Os autores

Observa-se que ao longo do período de experimento os pH das três primeiras bateladas apresentaram condições similares, no entanto, na quarta batelada o pH ficou acima da faixa adequada conforme a literatura, apresentando média de 8,4. Para a quinta batelada as variações permaneceram dentro da faixa recomendada.

A faixa de pH ideal para o processo de digestão anaeróbia é de 6,0 a 8,3, no entanto, a média do pH na batelada B4 ficou fora da faixa ideal havendo a necessidade de correção deste fator; porém, optou-se por não adotar nenhuma medida de adequação do pH, assim o desempenho do processo de digestão anaeróbia foi verificado de maneira natural em todas as bateladas.

A verificação do volume de biogás gerado foi realizada três vezes por semana, sendo também monitorado a temperatura da amostra quando retirada, esta situou-se na faixa de 30 a 35°C apresentando-se ideal para a formação de bactérias metanogênicas. A Figura 3 demonstra a produção de biogás em todas as bateladas.

Figura 3. Produção de biogás nas bateladas



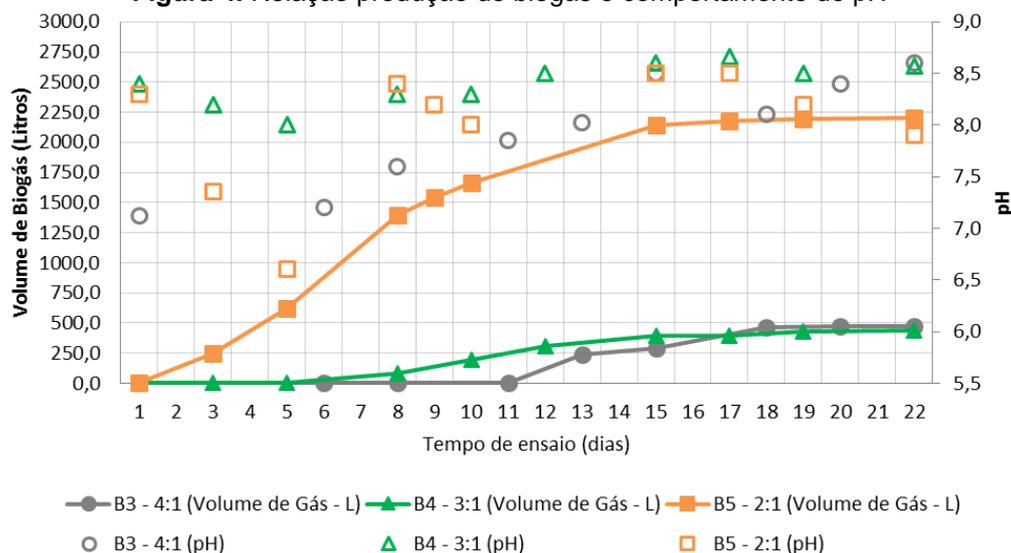
Fonte: Os autores

A condição que apresentou maior volume de produção de biogás foi a batelada 5 com relação 2:1 (IN:RSP) e média de pH em 8,0, sendo que no 15^o dia de operação o volume de biogás era de 2.200 Litros, resultando em uma média de 100 Litros de biogás produzidos por dia. Deste volume a quantidade de metano gerada, considerando 65% de CH₄ (metano) em sua composição média, resultou em 1.430 Litros.



Na Figura 4 apresenta-se a relação de produção de biogás com o comportamento do pH para as bateladas 3, 4 e 5. Visto que a produção de biogás para as duas primeiras bateladas não foi quantificada devido a problemas no equipamento.

Figura 4. Relação produção de biogás e comportamento do pH



Fonte: Os autores

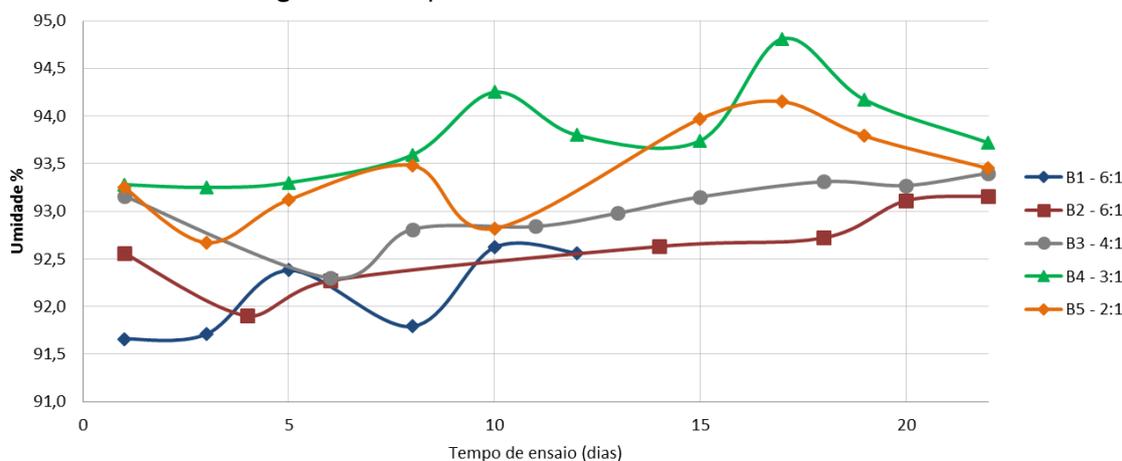
A partir da Figura 4 é possível verificar que nas idades iniciais quando houve consumo de matéria orgânica e consequente diminuição do pH a geração de biogás foi maior, como pode ser visto na batelada 4 e 5. E quando o pH se manteve estável nas primeiras idades, não havendo consumo da matéria orgânica, a produção de biogás foi menor como pode ser visto na batelada 3. Constatou-se também que quando o pH atinge o valor superior a 8,0 a produção de biogás diminui consideravelmente, este fato pode estar associado a formação de amônia o qual reflete na inibição das etapas do processo de biodegradação.

Entre as três bateladas analisadas nota-se que a batelada 5 teve maior produção de biogás, devido ao maior consumo de matéria orgânica e à maior variação de pH nas primeiras idades, resultando em 80% a mais de produção de biogás em relação as bateladas 3 e 4.

Um sistema com alta umidade é um parâmetro fundamental para a digestão anaeróbia, porém devido ao alto consumo de água na degradação da matéria orgânica é difícil manter a umidade alta no processo. Conforme a Figura 5 o consumo de água ocorreu na fase inicial da degradação da matéria orgânica, consequentemente, no pico da geração de biogás, e ao final do processo a umidade volta a subir indicando entre outros fatores uma queda na geração de biogás.



Figura 5. Comportamento da umidade nas bateladas



Fonte: Os autores

5. CONCLUSÃO

Frente à análise dos dados deste trabalho, pode-se concluir que:

- A batelada 5 com alimentação 2:1 (INO:RSP), teve o pH na fase inicial abaixo de 8,0, diante disso foi considerada a melhor condição para se maximizar a produção de biogás, entre todas estudadas, pois apresentou os maiores volumes de biogás produzidos.
- A estabilidade do inóculo utilizado, decorrente das sucessivas relações aplicadas, influenciou nos resultados deste estudo, pois a matéria orgânica aplicada era acumulada em cada batelada.
- O tratamento anaeróbico de resíduos sólidos orgânicos putrescíveis, com aproveitamento do biogás, pode tornar-se uma alternativa tecnológica satisfatória de custo/benefício;
- O biogás produzido pode ser considerado uma boa fonte energética.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à PETROBRAS pelo patrocínio do projeto VERDESINOS.

REFERÊNCIAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). 2012. Standard methods for the examination of water and wastewater. 22 nd ed., Washington, American Public Health Association Pub., 1935 p.

CARNEIRO, T.F. Digestión anaerobia termofílica seca de residuos sólidos urbanos: estudio de las variables del proceso en el arranque y estabilización del bio-reactor. 2005. 400f. Tese (Doutorado em Engenharia Química). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química e Sanitária. Universidade de Cádiz, UCA, Espanha, 2005.

CASSINI, S. T. Digestão de resíduos sólidos orgânicos e aproveitamento de biogás. PROSAB, ABES, RiMa, Rio de Janeiro, 2003. 196p.

CHERNICHARO, C. A. L. Reatores Anaeróbios. Belo Horizonte: UFMG/DESA, 1997.

LEITE, H. E. A. S. Estudo do comportamento de aterros de RSU em um bioreator em escala experimental na cidade de Campina Grande-PB. Dissertação de Mestrado. UFCG, 220 p. 2009.

RESÍDUOS SÓLIDOS E MUDANÇAS CLIMÁTICAS



15 a 17
junho de 2016
Porto Alegre, RS



Realização:



INSTITUTO VENTURI
para Estudos Ambientais

REIS, A. S. Tratamento de resíduos sólidos orgânicos em biodigestor anaeróbio. 2012. 63f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental). Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Pernambuco, Caruarú, PE. 2012.

Apoio acadêmico

ESCOLA
POLITÉCNICA
UNISINOS

UNISINOS

Universidade de Brasília

ilacis | Lab. do Ambiente Construído
Inclusão e Sustentabilidade
FAU | CDS | FGA | UnB

BIMTECH
BIRLA INSTITUTE
OF MANAGEMENT TECHNOLOGY