

Tratamento do Resíduo Orgânico Residencial Urbano Através da Digestão Anaeróbia

Fabiane Granzotto[†], Minéia Johann Scherer^{††}, Eduarda Holz Bracher[†]

Resumo

A quantidade de resíduos gerados atualmente é um reflexo do aumento populacional e consumismo, muitas vezes, até desnecessários das pessoas. Os resíduos orgânicos são a maioria entre os resíduos sólidos urbanos gerados. Esses resíduos precisam ser tratados adequadamente para evitar problemas ao ambiente e a saúde das pessoas. O objetivo deste trabalho foi tratar o resíduo orgânico residencial urbano e verificar a eficiência na transformação em biogás e biofertilizante. Foi utilizado um biodigestor tipo indiano no município de Nova Palma, Rio Grande do Sul. A pesquisa ocorreu no período de três anos tendo um acompanhamento diário. A produção média de biogás foi maior no verão para os três anos e foi mais estável no terceiro ano nas diferentes estações. Não houve reagente para coliformes. O estudo apontou que a digestão anaeróbia tem potencial em tratar o resíduo orgânico.

Palavras-chave

Resíduo orgânico; Biodigestão; Energias renováveis.

Treatment of urban residential organic waste through anaerobic digestion

Abstract

The amount of waste generated nowadays is a reflection of population growth and consumerism, many times, unnecessary by people. Organic waste is the most part of the solid waste generated. This waste need to be treated adequately to avoid environmental problems and health problems in people. The objective was to treat urban residential organic waste and to verify the efficiency of the transformation into biogas and bio fertilizers. A digester of the Indian type was used in Nova Palma, Rio Grande do Sul. The research was developed in the period of three years with a daily monitoring. The average biogas production was higher in the summer for three years and it was more stable in the third year in different seasons. There were no reagents to coliforms. The study found that anaerobic digestion has potential in treating organic waste.

Keywords

Organic residue; Biodigestion; Renewable energy.

I. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos têm aumentado a geração de resíduos sólidos urbanos (RSU) significativamente. Esse crescimento deve-se ao aumento populacional e, conseqüentemente, das indústrias e da produção nos mais diferentes setores. Por conta desse crescimento populacional e do consumismo tem-se falado muito no desenvolvimento sustentável neste século. No entanto, se as pessoas e os setores produtivos não estão conseguindo diminuir a geração dos seus resíduos é preciso buscar alternativas para tratá-los. De acordo com a, [1] foram coletados 56,56 milhões de toneladas de RSU no Brasil no ano 2012. Desses, 29,07 milhões de toneladas de resíduos coletados 51,4 % era de material orgânico. Nesta fonte foi citado que a maioria dos municípios brasileiros geram 50 % de fração orgânica do total dos RSU e, alguns casos chegam a 60 %. Para [2], os RSU, em geral, são compostos de matéria orgânica degradável (restos de alimentos, papéis e outros), material orgânico não

degradável (plásticos) e material inorgânico (vidro, metal e outro). Percebe-se, com isso, uma grande heterogeneidade de resíduos gerados nas cidades. Neste sentido, o tratamento e a disposição inadequada desses materiais podem gerar muitos problemas entre eles os ambientais e os de saúde pública.

No Brasil as principais formas de tratar o resíduo orgânico são a incineração, a compostagem e a digestão anaeróbia. Enquanto que, a disposição final mais utilizada é o aterro sanitário.

Neste trabalho optou-se por usar a digestão anaeróbia como forma de tratamento para a matéria orgânica residencial urbana. A escolha desse tipo de tratamento deu-se em função da grande quantidade de resíduo orgânico gerado atualmente, da falta de tratamento e ou destino adequado para esses resíduos e pela busca de fontes alternativas de energias com a produção de biogás.

A biodigestão é um processo fermentativo no qual a matéria orgânica é transformada em biogás e biofertilizante, na ausência de oxigênio. Conforme [3], o biogás produzido

[†] Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. ^{††} Universidade Federal de Santa Maria- Câmpus Cachoeira do Sul, Cachoeira do Sul -RS.

pode alcançar níveis entre 60 % e 70 % de metano e 30 % e 40 % de dióxido de carbono.

Através deste trabalho teve-se por objetivo tratar o resíduo orgânico residencial urbano e avaliar a transformação em biogás e biofertilizante.

A digestão anaeróbia é a forma mais adequada para o tratamento de resíduos orgânicos quando se deseja obter como produtos o biogás e o biofertilizante. Esse tipo de tratamento envolve diferentes micro-organismos e reações bioquímicas, sendo dividido em quatro principais sequências de degradação: hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese, [4].

Qualquer tipo de material orgânico, na presença de bactérias e arqueas metanogênicas, tem a capacidade de gerar biogás. A temperatura, o pH, a relação carbono/nitrogênio e a qualidade de cada material é que irão definir a quantidade de biogás a ser produzido, [5]. Além desses, fatores é possível encontrar na literatura trabalhos que consideram, também, como fatores interferentes no processo de biodigestão a composição, tamanho e toxicidade do resíduo; a alcalinidade; o teor de umidade; o tempo de retenção hidráulica e o tipo e a quantidade de inóculo utilizado.

Os aparelhos biodigestores não produzem biogás, mas propiciam as condições para que um grupo de bactérias metanogênicas degradem o material orgânico e liberem, principalmente, gás metano. O biogás é um gás incolor, inodoro, altamente combustível. Essa combustão apresenta uma chama azul-lilás e, às vezes, com pequenas manchas vermelhas. Sua chama não produz fuligem e seu índice de poluição atmosférico é inferior ao do butano, presente no gás de cozinha, [6]. De acordo com [7], a produção do biogás, a partir da biomassa, começa a se processar por volta de 20 dias, aumentando até chegar ao máximo na terceira semana e conseqüentemente diminuindo lentamente durante o período de fermentação. Para [8], o tempo de retenção hidráulica para a produção de biogás ocorre entre 10 e 20 dias e a produção de biofertilizante ocorre entre 50 e 60 dias.

II. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa científica de campo foi realizada no município de Nova Palma, Rio Grande do Sul e consistiu num estudo transversal com pesquisa qualitativa e quantitativa de caráter descritivo. O trabalho foi realizada durante três anos, abrangendo todas as estações do ano (primavera, verão, outono e inverno), para melhor avaliar a transformação do material orgânico residencial urbano na geração de biogás e biofertilizante. Foi construído um biodigestor modelo indiano seguindo a metodologia de [8] com adaptações, conforme esquema da Fig. 1. O volume útil do biodigestor era de 0,59 m³ e a capacidade de armazenamento de biogás foi de 0,77 m³ com necessidade diária de 25 kg de material orgânico para operar na sua capacidade máxima. O funcionamento do biodigestor foi em temperatura ambiente.

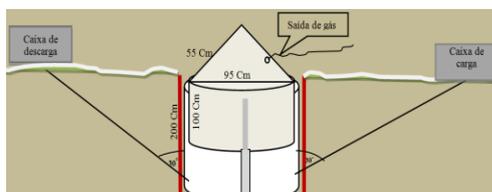


Fig. 1 – Esquema do biodigestor indiano com suas respectivas dimensões

Foi utilizado como inóculo esterco bovino para inocular micro-organismos metanogênicos e acelerar o início da produção de biogás. O material orgânico foi misturado com água na proporção 1:1 e não foi feita a trituração do material. O resíduo utilizado foi constituído de restos de comida, cascas de frutas e resíduos de horta doados por residências familiares vizinhas. A água adicionada na mistura foi coletada da chuva, pois deve ser livre de sabões e cloro que podem causar à redução dos micro-organismos, principalmente, bactérias e arqueas metanogênicas podendo prejudicar a produção de biogás.

A quantidade produzida de biogás diariamente foi obtida através da medida da altura de movimentação do gasômetro. Após era efetuada a queima do biogás cronometrando o tempo de queima. Já o biofertilizante era retirado semanalmente e sua quantidade era medida em litros. Durante os três anos de funcionamento do biodigestor indiano foram feitas análises físico-químicas do efluente como acompanhamento do pH de forma quinzenal durante todo o período avaliado. Foi determinado no primeiro e no terceiro ano o número mais provável de coliformes (NMP), em triplicata, seguindo a metodologia de [9]. No terceiro ano foram feitas análises, em triplicata, da Demanda Química de Oxigênio (DQO), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO₅), Nitrogênio Total Kjeldahl (NTK), óleos e graxas (O & G) e sólidos totais (ST), conforme metodologia da [10], para melhor avaliar o processo.

III. RESULTADOS

A produção de biogás, no primeiro ano, foi observada a partir do vigésimo dia de funcionamento do biodigestor. Enquanto que a queima contínua do biogás ocorreu após quarenta dias do início da produção. [11], diz que a demora pela queima contínua do biogás, nas primeiras semanas, ocorre em função da quantidade de gás carbônico que é superior a do metano e que, aos poucos, tal desproporção acaba desaparecendo. A retirada de biofertilizante começou a ser feita dois meses após o início da queima contínua do biogás (o processo de saída do biofertilizante ocorreu naturalmente conforme a degradação do material orgânico e capacidade do biodigestor). Na sequência o biofertilizante foi retirado semanalmente e abastecido com a biomassa diariamente.

Na Fig. 2 pode ser visualizado o biodigestor indiano seguido da movimentação do gasômetro cheio de biogás (A e B), da saída do biofertilizante pela caixa de descarga (C) e da queima do biogás (D).



Fig. 2 – (A) Biodigestor, (B) movimentação do gasômetro, (C) biofertilizante e (D) queima biogás.

Os trabalhos de instalação e abastecimento do biodigestor, assim como, o início da produção de biogás e

biofertilizante ocorreram na estação do ano primavera do ano de 2012.

A produção média diária de biogás e biofertilizante durante os três anos de acompanhamento, nas diferentes estações do ano, podem ser observadas na Fig. 3.

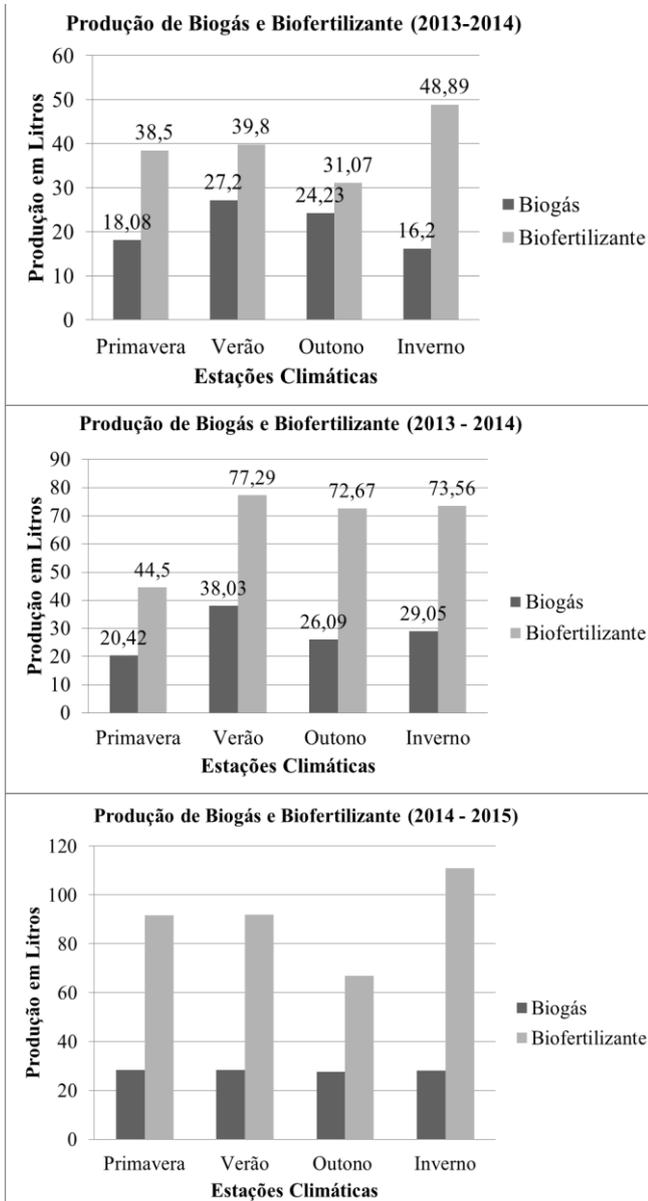


Fig. 3 – Produção média diária de biogás e biofertilizante nas diferentes estações do ano.

Através dos gráficos foi possível observar que no segundo e no terceiro ano obteve-se uma maior produção média diária de biogás quanto de biofertilizante. Isso pode ter influência do tempo de aclimação tanto dos micro-organismos quanto do próprio funcionamento do biodigestor no seu primeiro ano de operação. A produção média diária total de biogás no primeiro ano foi 85,71 L, no segundo ano foi 113,59 L e no terceiro ano foi 112,77 L. Enquanto que a produção média diária total de biofertilizante no primeiro ano foi 158,26 L, no segundo ano foi 268,02 L e no terceiro ano foi 361,56 L. A produção de biogás foi mais estável no terceiro ano nas diferentes estações observadas. Foi verificado a interferência das estações do ano na produção de biogás e biofertilizante. Porém, a estação do ano com maior produção de biogás durante os três anos foi o verão o que pode ter influência das maiores temperaturas. No primeiro e

no terceiro ano a estação do outono foi a mais homogênea na produção de biogás e biofertilizante. [12], estudaram a produção de biogás a partir de dejetos de caprinos com um biodigestor modelo batelada nas diferentes estações do ano e observaram influência dos tempos climáticos. Nesse estudo os autores verificaram que a produção de biogás era antecipada ou retardada no início da produção de biogás sendo que, obtiveram os melhores resultados de produção de biogás nas estações do ano verão e outono e as piores no inverno e na primavera.

Neste trabalho, o pH apresentou maior acidez no primeiro ano de funcionamento, principalmente, nas estações da primavera, início do funcionamento do equipamento, e no inverno em função do tipo de material utilizado (maior proporção de cítricos) e das baixas temperaturas. Nesse primeiro ano, nessas estações do ano o pH variou entre 5,0 a 5,8. Durante o primeiro ano o pH variou entre 5,0 a 7,5.

A estabilidade maior do pH ocorreu no terceiro ano de operação do equipamento variando entre 6,5 a 7,8. Essa fase metanogênica mais homogênea do pH pode ter influenciado a estabilidade de produção de biogás nas diferentes estações do ano desse ano. Os dados obtidos para o pH no terceiro ano correspondeu ao que os autores [13] consideram, dizendo que as bactérias e arqueas metanogênicas são mais sensíveis à variação de pH e a faixa ótima para digestão anaeróbia varia entre 6,5 a 7,6.

A média para os parâmetros avaliados no terceiro ano foram: NTK 329 mg.L⁻¹, DQO foi 705 mg.O₂L⁻¹, DBO₅ 492 mg.O₂L⁻¹, O&G 278 mg.L⁻¹, ST 4425,13 mg.L⁻¹. Os valores encontrados são satisfatórios. Porém, se for observada as resoluções tanto do CONAMA n°. 357/2005 quanto a do CONSEMA n°. 128/2006 esses valores para o efluente ainda são considerados altos para serem lançados, por exemplo, em águas superficiais dentro do estado do Rio Grande do Sul. Em relação ao teor de óleos e graxas, os autores [14], consideram como concentração ideal até 200 mg.L⁻¹ para que o funcionamento ideal da biodigestão. Neste trabalho o valor médio para óleos e graxas foi um pouco acima do considerado ideal pelos autores [14]. Pelo observado durante a operação do biodigestor isso não chegou a afetar no funcionamento do processo.

O número mais provável de coliformes avaliado no primeiro e no terceiro ano não apresentou reagentes. O que possibilitou o uso biofertilizante no cultivo de frutíferas, flores e horta. Já o biogás foi queimado e usado para aquecer água.

IV. CONCLUSÕES

Neste estudo, pode-se concluir que o material orgânico residencial urbano mesmo apresentando grande heterogeneidade na sua composição foi eficiente na produção de biogás e biofertilizante. Com o passar dos anos observou-se que a produção tanto de biogás quanto de biofertilizante aumentaram o que pode indicar uma maior estabilidade do funcionamento do equipamento e do processo. Foi observado que as estações do ano influenciam na digestão anaeróbia, quando o processo ocorre em condições de ambiente natural. Desta forma, para garantir um bom funcionamento de todo o processo é necessário acompanhamento diário. Logo, a digestão anaeróbia é um tipo de tratamento que pode ser utilizado para melhor destinar o resíduo orgânico residencial urbano e gerar biogás e biofertilizante.

V. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Centro Universitário Franciscano pelo apoio para realização deste trabalho e ao Laboratório de Engenharia Ambiental da mesma instituição pela parceria na realização das análises.

VI. BIBLIOGRAFIA

- [1] ABRELPE. (2012), “Associação de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais”. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil, p. 116
- [2] LINO, F. A. M., & ISMAIL, K. a R. (2012). Analysis of the potential of municipal solid waste in Brazil. *Environmental Development*, 4(1), 105–113.
- [3] JAIN, S., et al., (2015). “A comprehensive review on operating parameters and different pretreatment methodologies for anaerobic digestion of municipal solid waste”. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 52, 142–154.
- [4] FONSECA, M. M. & TEIXEIRA, J. A. “Reactores Biológicos fundamentos e aplicações”. Editora: Lidel, p. 520, 2007.
- [5] SGANLERLA, E. “Biodigestor: uma solução. Porto Alegre, Agropecuária”, 1983, 88p.
- [6] GASPAR, R. M. B. L. “Utilização de biodigestor em pequenas e médias propriedades rurais com ênfase na agregação de valor: um estudo de caso na região de Toledo, PR”. 2003. 106 f. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2003.
- [7] ARRUDA, M. H, et al. “Dimensionamento de biodigestor para geração de energia alternativa”. *Revista Científica de Agronomia* da Faculdade de Agronomia e engenharia florestal, Garça, ano I. n° 2, dez. 2002.
- [8] LUCAS JÚNIOR, J.; SOUZA, C. F. & LOPES, J. D. S. “Construção e operação de biodigestores”. Viçosa, MG, CPT, 2009. 158p.
- [9] MACEDO, J. A. B. (2003). “Métodos laboratoriais de análises físico-químicas e microbiológicas”. Belo Horizonte: Macêdo, p. 172-181.
- [10] APHA/AWWA/WEF. “Standard methods for the examination of water and wastewater”. 21. ed. Washington: American Water Works Association, 2005. 1368 p
- [11] OLIVEIRA, P. A. V. “Impacto ambiental causado pelos dejetos de suínos”. In: Simpósio Latino-americano de Nutrição de Suínos, 1994. Anais..., p. 27-40.
- [12] AMORIM A. C.; LUCAS JUNIOR, J. & RESENDE, K. T. “Biodigestão anaeróbia de dejetos de caprinos obtidos nas diferentes estações do ano”. *Revista Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.24, n.1, p.16-24, jan./abr. 2004.
- [13] LIU, C., et al. Prediction of methane yield at optimum pH for anaerobic digestion of organic fraction of municipal solid waste. *Bioresource Technology*. v. 99, p. 882–888, 2008.
- [14] ANGELIDAKI, I. & AHRING, B. K., 1992. Effects of free long - chain fatty acids on thermophilic anaerobic digestion. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 37, 808 - 812.



Fabiane Granzotto é graduada em Engenharia Florestal (2011) e Licenciada para a Educação Profissional e Tecnológica (2015), Mestre em Engenharia Química (2016) ambos pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, Santa Maria - RS), Especialista em Gestão Ambiental (2013) pelo Centro Universitário Franciscano (UNIFRA, Santa Maria - RS), Atua como perita ambiental e cursa Especialização em Engenharia de Segurança do

Trabalho pelo Centro Universitário Franciscano (UNIFRA, Santa Maria – RS). Seus principais interesses de pesquisa são na área ambiental, gestão e segurança.



Minéia Johann Scherer Doutora em Arquitetura pelo Programa de Pesquisa e Pós-graduação em Arquitetura (PROPAR) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS (2014). Possui graduação em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal de Santa Maria (2002) e mestrado em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Santa Maria (2005). Professora Adjunta do

Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Santa Maria, Campus Cachoeira do Sul (UFSM-CS).



Eduarda Holz Bracher é graduada em Engenharia Bioquímica (2015) pela Universidade Federal do Rio Grande (FURG, Rio Grande - RS), possui curso técnico em Biocombustíveis pelo IFSul/UFPEL e atualmente mestranda em Engenharia Química pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, Santa Maria - RS). Atualmente atua no desenvolvimento de pesquisa utilizando glicerol na digestão anaeróbia para produção

de hidrogênio. Seus principais interesses de pesquisa incluem tratamento de efluentes e busca de energias renováveis.