

BIODIGESTÃO ANAERÓBIA: ASSOCIAÇÃO DE DEJETOS ANIMAIS E RESÍDUOS VEGETAIS

ANAEROBIC BIODIGESTION: THE ASSOCIATION OF ANIMAL MANURE AND VEGETABLE RESIDUES

Alda Maria Machado Bueno OTOBONI¹, Danielly Oliveira XAVIER¹, Juliana Audi GIANNONI¹, Marcelo TRAVAGLINI¹, Marlon Manoel NUNES¹, Paulo Sérgio JORGE¹, Renata Bonini PARDO¹, João Paulo MOREIRA¹

¹Faculdade de Tecnologia de Marília/SP (FATEC- Marília/SP)
alda.otoboni@yahoo.com.br

RESUMO

O processo de biodigestão anaeróbia pode ser utilizado para o tratamento dos resíduos e constitui-se em um método bastante atrativo, pois sua função principal é decompor a matéria orgânica transformando-a em adubo orgânico de excelente qualidade e produzir biogás, utilizado como fonte de energia alternativa, reduzindo desta forma os impactos ambientais. Neste contexto, este estudo realizou testes de produção e quantificação do biogás a partir da associação de dejetos animais e resíduos vegetais. Para isso, utilizou-se nove biodigestores pilotos com capacidade unitária de dois litros abastecidos com resíduos vegetais na proporção de 10% em relação aos dejetos de equino, ovino e suíno. Os parâmetros de avaliação empregados foram o volume de biogás produzido e o teste de queima durante todo o período, com a finalidade de comprovar seu potencial energético. O volume de produção do biogás obtido com o dejetos equino foi 50% maior do que o dejetos ovino, já para o piloto com dejetos suíno não houve produção de biogás. Assim, constatou-se a viabilidade da associação de resíduos vegetais aos dejetos de equinos e ovinos na digestão anaeróbia para a produção de biogás.

Palavras-chave: Biogás. Dejetos. Digestão anaeróbia. Metano. Vegetais.

ABSTRACT

Anaerobic biodigestion process is a very useful method to treat residues because it decomposes organic matter into excellent organic compost and biogas, representing an alternative source of energy contributing to reduce environmental impacts. Considering this, the present study performed tests to verify and quantify biogas production from animal manure and vegetable residues association. Nine pilot-scale biodigesters, two liters volume capacity, were filled with 10% vegetable residues blended to equine, swine and ovine manure. In order to verify the potential of energy generation in each blend, the parameters used were the volume and burn test of the whole biogas produced during the interval. The volume of biogas produced from equine manure were 50% higher than the ovine and the pilot performed with swine manure presented no gas at all. Thus, it was possible to observe the positive energetic potential in blending equine and ovine manures to produce biogas through anaerobic biodigestion.

Keywords: Anaerobic digestion. Biogas. Manure. Methane. Vegetables.

INTRODUÇÃO

Atualmente, cerca de um terço de todos os alimentos produzidos para consumo humano é perdido ou desperdiçado – aproximadamente 1,3 bilhão de toneladas, totalizando 750 bilhões de dólares anuais (FAO, 2014). Vale destacar que a maior parte das perdas de alimentos acontece nas fases de pós-produção, como colheita, transporte e armazenamento. Nos países em subdesenvolvimento, o desperdício dos alimentos é relacionado à infraestrutura inadequada, enquanto nos países mais desenvolvidos o problema ocorre durante as fases de comercialização e consumo (GUIMARÃES; FREITAS; SILVA, 2010). Dados da ONU (2013) revelam que 54% do desperdício acontecem nas etapas iniciais da produção, manipulação e armazenamento após a colheita. Os 46% restantes ocorrem nas etapas de processamento, distribuição e consumo.

Diante do desperdício de alimentos no país faz-se necessário a adoção de medidas para a prática do consumo consciente pela população em relação à alimentação. O aproveitamento integral de frutas e hortaliças (polpa, cascas, talos e folhas) na elaboração de novos produtos, é uma alternativa tecnológica limpa que está ao alcance de todos, pois pode ser aplicada tanto no ambiente industrial como residencial. A utilização do alimento, de forma sustentável, reduz a produção de lixo orgânico, prolonga a vida útil do alimento, promove a segurança alimentar e beneficia a renda familiar (RORIZ *et al.*, 2009).

Muitas vezes, quando a reutilização não é suficiente para minimizar a quantidade dos alimentos que são destinados aos aterros sanitários, que por vez são responsáveis por uma elevada produção de metano, sugere-se a reutilização em biodigestores anaeróbicos, compostagem e incineração, para que recupere a energia e nutrientes provenientes dos alimentos (MEDEIROS, 2005; SILVA, 2008; FAO, 2013).

Os biodigestores vêm se destacando como um setor com grande potencial, necessitando somente de

investimento em pesquisa e experiência para o aumento de sua eficiência. Um biodigestor tem vários benefícios porque sua função é decompor a matéria orgânica transformando em adubo orgânico que é de excelente qualidade e produzindo gás, além disso, minimiza o impacto ambiental que é causado principalmente por empreendimentos rurais (AMORIM; DE LUCAS JÚNIOR; RESENDE., 2004; EL-MASHAD e ZHANG, 2010; PRADO *et al.*, 2012).

A digestão anaeróbia é um processo biológico natural que ocorre na ausência de oxigênio molecular, onde populações de micro-organismos interagem para promover a depuração estável e autorregulada da matéria orgânica, que resulta em biogás. O biogás é, portanto, o produto final dessa digestão, sendo constituído na maior parte por metano (CH_4) e dióxido de carbono (CO_2) (BUENO, 2010; SILVA, 2013). Arruda *et al.* (2002), afirma que a decomposição bacteriana da matéria orgânica sob condições anaeróbicas ocorre basicamente em três fases: hidrólise enzimática, fase ácida e fase metagênica. Ainda segundo o autor, na fase de hidrólise enzimática, as bactérias liberam no meio as enzimas extracelulares que irão promover a hidrólise de partículas, ou seja, quebra de partículas no meio aquoso, transformando moléculas grandes em menores e mais solúveis. Já na fase ácida as bactérias produtoras de ácido, transformam moléculas de proteínas, gorduras e carboidratos em ácidos, como o ácido láctico e o ácido butílico, etanol, hidrogênio, amônia e dióxido de carbono, entre outros. Na fase metagênica, as bactérias metano gênicas atuam sobre o hidrogênio e o dióxido de carbono transformando-os em metano. O princípio básico de um biodigestor é bastante simples. Trata-se basicamente de uma câmara fechada onde os resíduos orgânicos são fermentados anaerobiamente (sem a presença de oxigênio) transformando essa biomassa em gás combustível e fertilizante. O biogás pode ser usado para alimentar fogões, no aquecimento de água,

motores, lâmpadas e em geladeiras a gás, se constituindo numa das fontes energéticas mais econômicas e de fácil aquisição (SANTOS *et al.*, 2007). A digestão conjunta dos dejetos de origem animal e resíduos agroindustriais é uma técnica atual, que vem sendo explorada intensamente devido à melhoria obtida no processo quando ocorre a associação das características individuais destes resíduos (MATA-ALVAREZ *et al.*, 2014).

Moreira e Guilhen (2011) no intuito de viabilizar a produção de biogás com a utilização de resíduos vegetais no processo de biodigestão anaeróbia realizaram experimentos com a mistura de dejetos bovinos e resíduos de vegetais nas seguintes proporções: no primeiro piloto utilizou 100% de dejetos, no segundo piloto utilizou 95% de dejetos e 5% de vegetal e no terceiro piloto utilizou 90% de dejetos e 10% de vegetal. Segundo os mesmos autores foi possível verificar que o resíduo vegetal não interferiu negativamente na produção de biogás.

Diante deste quadro o objetivo deste trabalho foi avaliar a viabilidade na utilização de resíduos vegetais com diferentes tipos de dejetos animais, realizando testes de produção e quantificando volume de biogás.

MATERIAL E MÉTODO

Os dejetos oriundos da produção animal e resíduos de vegetais foram obtidos na Etec Monsenhor Antônio Magliano, na cidade de Garça/SP. Os dejetos foram coletados adotando-se como procedimento de coleta a raspagem do piso, sem a adição de água. Os resíduos vegetais foram recolhidos na horta local. Para o abastecimento dos biodigestores, os substratos foram preparados adotando-se o teor de sólidos totais em torno de 6 a 8%, utilizando-se os dejetos de equino, ovino e suíno, resíduos vegetais e água para diluição dos resíduos, nas seguintes proporções apresentadas na Tabela 1.

Foram realizadas análises de resíduo seco sobre o material vegetal e no dejetos animal segundo

metodologia descrita por Instituto Adolfo Lutz (2005). As análises de resíduo seco dos vegetais foram realizadas no Laboratório de Físico-Química da FATEC Marília e dos dejetos animais no Laboratório de Química da Fatec de Pompéia.

Tabela 1 – Proporções utilizadas na formulação da montagem dos biodigestores.

Peso da amostra(g)	Suíno	Equino	Ovino
Água	1269,48	967,82	1260,02
Dejeto Animal	484,35	786,02	493,82
Resíduo Vegetal	246,15	246,15	246,15

Fonte: Dados dos autores.

Os resíduos vegetais (folhas) utilizados para a montagem dos substratos foram na proporção de 10% de vegetal e 90% de dejetos animal, sendo três formulações para cada tipo de dejetos animal (suíno, equino e ovino). As folhas foram trituradas com o objetivo de aumentar a superfície de contato do substrato e acelerar a degradação das fibras.

Para o desenvolvimento da biodigestão, foram utilizados 9 biodigestores modelo batelada de bancada, dispostos sobre uma bancada, em condições de temperatura ambiente, abrigados da luz solar e chuvas, na Faculdade de Tecnologia em Alimentos – Fatec de Marília/SP. As etapas de montagem e abastecimento dos pilotos foram realizadas de acordo com Moreira e Guilhen (2010), com a utilização de biodigestores tubulares tipo batelada constituídos de tubos e conexões de PVC com capacidade útil para 2L de substrato. O recipiente com o material para fermentação é composto por um tubo de PVC, com diâmetro de 75mm e 50cm de comprimento, tendo uma das extremidades fixada em cap de PVC. Em seguida, outro tubo de 150mm de diâmetro e 48 cm de comprimento apresenta uma das extremidades também fixada em cap de PVC de mesmo diâmetro. O cap menor se encontra colado no centro do cap maior, sendo que o espaço existente entre a parede externa do cilindro interior e a parede interna do cilindro exterior é capaz de comportar um determinado volume de água (“selo de água”). O gasômetro que tem como

objetivo armazenar o gás produzido se encontra sobre o tubo de fermentação, sendo constituído por tubo de 100 mm de diâmetro e 48 cm de comprimento, tendo em uma de suas extremidades um cap equipado com um adaptador soldável com flange e registro metálico para descarte e coleta do biogás. A outra extremidade encontra-se mergulhada no selo de água para manter a condição anaeróbia do processo. Os volumes de biogás produzidos diariamente foram determinados medindo-se deslocamento vertical dos gasômetros e multiplicando-se pela área da seção transversal interna ($0,007854\text{m}^2$) dos mesmos. Após cada leitura, os gasômetros foram zerados, utilizando-se do registro de descarga. Durante o período houve o acompanhamento da pressão atmosférica e temperatura ambiente, com média de 26°C . Efetuou-se o teste de queima durante todo o período com a finalidade de determinar a presença de metano no biogás e realizados os cálculos de produção de biogás.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de produção de biogás em relação à quantidade de matéria orgânica apresentam-se na Tabela 2. Os volumes médios de biogás produzidos, enquanto tinha-se potencial combustível, avaliado diariamente pelo teste de chama foi de $0,032\text{m}^3$ e $0,016\text{m}^3$, para os dejetos de equino e ovino respectivamente, já para o piloto com dejetos suíno não houve produção de biogás.

Tabela 2 – Produção média de biogás.

	Matéria orgânica/Resíduo Vegetal (g)	Média de produção Biogás (m^3)	Período (dias)
Equino	1032,17	0,032	64
Ovino	793,97	0,016	42
Suíno	730,5	0	0

Moreira; Guilhen (2011), obtiveram uma média do volume produzido de biogás combustível de $0,01164\text{m}^3$, $0,01163\text{m}^3$ e $0,01263\text{m}^3$, para os ensaios 1, 2 e 3, onde utilizou no ensaio 1, 100% de dejetos bovino, ensaio 2 com 5% de vegetal e 95% de dejetos e no ensaio 3 utilizou 10% de vegetal e 90% de dejetos. Os valores obtidos pelos autores demonstraram que

a adição na proporção de 10% de resíduos vegetais na biodigestão favoreceu a produção de biogás. É importante destacar que os valores apresentados no presente trabalho foram maiores quando comparados com os citados pelos mesmos autores. Catapan *et al.* (2012), utilizaram dejetos de equinos para biodigestão, com o intuito de viabilizar comercialmente o uso do biogás e encontraram valores mais próximos aos descritos neste trabalho, onde para cada Kg de dejetos equino utilizado na biodigestão, a produção média foi de $0,048\text{m}^3$. Já Quadros *et al.* (2007), avaliaram a biodigestão anaeróbia de dejetos de caprinos e ovinos, em reatores flexíveis e encontraram uma produção média de $0,061\text{m}^3$ por Kg de dejetos, sendo um valor três vezes maior que o encontrado no presente trabalho. As diferenças entre os valores encontrados pelos autores podem ser relacionadas ao volume de matéria orgânica. Observou-se na Tabela 2, que o volume de produção do biogás de dejetos equino foi 50% maior que o de dejetos ovino uma vez que a quantidade de matéria orgânica foi 23% superior. O início da queima e período de produção de biogás combustível do dejetos equino também foram superiores comparados ao ensaio que utilizou dejetos de ovinos, 64 dias e 42 dias, respectivamente. Os rendimentos na produção do biogás a partir da digestão anaeróbia podem variar devido a vários fatores, entre eles, a qualidade do resíduo utilizado na biodigestão, grau de diluição, tempo de retenção (XAVIER e LUCAS JUNIOR, 2010), bem como a adição de um substrato ao dejetos (ORRICO *et al.*, 2015). Outro fator que influencia a biodigestão anaeróbia é o pH. Moura (2012), afirma que em meios ácidos a atividade enzimática das bactérias é neutralizada e em meio alcalino ocorre a produção de anidrido sulfuroso e hidrogênio, inibindo também a fermentação. Deste modo, a faixa de pH ideal para a biodigestão anaeróbia varia de 6,6 a 7,6, sendo ideal na faixa de $\text{pH}=7$.

Segundo o mesmo autor deve-se evitar a presença de materiais tóxicos, detergentes, desinfetantes e outros produtos químicos, pois uma pequena concentração destes inibe a ação das bactérias. De acordo com os

resultados encontrados no presente trabalho, não houve produção de biogás nos pilotos abastecidos com dejetos suínos. A possível causa deve-se a utilização de desinfetantes utilizados nas baias onde ficavam os animais que forneceram a matéria orgânica. Lansing *et al.* (2010), consideram benéfica a alcalinidade dos dejetos oriundos da produção animal, uma vez que apresentam resistência para a acidificação e ainda relataram ganhos de até 100% nas produções de biogás com a adição de 5% de óleo de descarte ao substrato. Para Orrico; Orrico Junio; Lucas Junior (2011), a idade dos animais também pode interferir na quantidade média de biogás combustível.

O uso de biodigestores para o tratamento de dejetos se tornou uma alternativa viável que vem se destacando, pois, além de reduzir a poluição ambiental, permite agregar valor ao resíduo pela produção de biogás e biofertilizante através da digestão anaeróbia.

CONCLUSÃO

Os resultados obtidos nos testes de produção e quantificação do biogás demonstraram a viabilidade da utilização de resíduos vegetais com dejetos de equinos e ovinos na biodigestão.

REFERÊNCIAS

AMORIM, A.C.; DE LUCAS JÚNIOR, J.; RESENDE, K.T. Biodigestão anaeróbia de dejetos de caprinos obtidos nas diferentes estações do ano. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.24, n.1, Jan./Apr. 2004.

ARRUDA, M.H. *et al.* Dimensionamento de Biodigestor para Geração de Energia Alternativa. *Revista Científica Eletrônica de Agronomia*, Garça/SP, n.2, p.1-8, Dezembro, 2002.

BUENO, R.F. Comparação entre biodigestores operados em escala piloto para produção de biogás alimentado com estrume bovino. *HOLOS Environment*, Rio Claro, v.10, n.1, p.111, 2010.

CATAPAN, D.C. *et al.* Análise da viabilidade financeira da produção de biogás através de dejetos de equinos.

Custos e Agronegócio online, v.8, n.4, p.25-51, out./dez., 2012.

EL-MASHAD, H.M.; ZHANG, R. Biogas production from co-digestion of dairy manure and food waste. *Bioresource Technology*, New York, v.101, p. 4021-4028, 2010. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852410000842>>. Acesso em: 07 out. 2015.

FAO - Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura. *O desperdício alimentar tem consequências ao nível do clima, da água, da terra e da biodiversidade: novo estudo da FAO*. Notícia. 2013. Disponível em: <www.fao.org>. Acesso em: 03 mar. 2014.

GUIMARÃES, R.R.; FREITAS, M.C.J.; SILVA, V.L.M. Bolos simples elaborados com farinha da entrecasca de melancia (*Citrullus vulgaris*, sobral): avaliação química, física e sensorial. *Ciência e Tecnologia dos Alimentos*, Campinas, 30(2): 354-363, abr./jun. 2010.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. *Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos*. 3.ed. São Paulo: IMESP, 1985. v.1, p.21-22.

LANSING, S. *et al.* Methane production in low-cost, unheated, plug-flow digesters treating swine manure and used cooking grease. *Bioresource Technology*, New York, v.101, p.4362-4370. 2010. Disponível em: <http://ac.els-cdn.com/S0960852410001860/1-s2.0-S0960852410001860-main.pdf?_tid=a4192140-0848-11e4-af9f-00000aab0f6c&acdnat=1405007061_8540aeddb89784daa7d2aa39bed7019f>. Acesso em: 18 out. 2015.

MATA-ALVAREZ, J. *et al.* A critical review on anaerobic co-digestion achievements between 2010 and 2013. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Amsterdam, v.36, p.412-27. 2014. Disponível em: <http://ac.els-cdn.com/S1364032114002664/1-s2.0-S1364032114002664-main.pdf?_tid=bb76f320-0858-11e4-8012-00000aab0f26&acdnat=1405013972_3b8f0a92c03d91dc8762d3eab63b5141>. Acesso em: 13 out 2015.

MEDEIROS, P.V.D. *Reaproveitamento e Caracterização dos Resíduos Orgânicos Provenientes do Programa Mesa da Solidariedade da CEASA/*

- RN. Dissertação de Mestrado. UFRN, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Área de Concentração: Engenharia Ambiental e Tecnologia de Alimentos, Natal-RN, BrasilQuímica, Dez/2005.
- MOREIRA, J.P.; GUILHEN, M.C. *Biodigestão Anaeróbica de Resíduos Vegetais de uma Central Estadual de Abastecimento do Município de Marília-SP*. Monografia. Curso de Tecnologia em Alimentos. FATEC Marília, 2011.
- MOURA, J.P. de. *Estudos das rotas tecnológicas para produção de biogás e da influência da composição química de dejetos de matrizes suínas na qualidade do biogás gerada por biodigestor*. 2012. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2012_1/rota/index.htm>. Acesso em: 08 nov. 2015.
- ONU – Organização Nações Unidas - *Desperdício global de alimentos gera prejuízo de 750 bilhões de dólares por ano, calcula FAO*. 2013. Disponível em: <<http://www.onu.org.br>>. Acesso em: 03 mar. 2014.
- ORRICO, A.C.A. et al. Codigestão anaeróbia de dejetos de suínos e níveis de inclusão de óleo de descarte. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.35, n.4, p.657-664, ago. 2015. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162015000400657&lng=pt&nrm=iso>. acesso em 18 out. 2015.
- ORRICO, A.C.A.; ORRICO JUNIOR, M.A.P.; LUCAS JUNIOR, J. Biodigestão Anaeróbia dos Dejetos de Caprinos Saanen Alimentados com Dietas com Diferentes Proporções Volumoso e Concentrado. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.40, n.2, p.448-453, 2011.
- PRADO, P.I.L.A. et al. Viabilidade econômica de um biodigestor no IFMT Campus Cuiabá Bela Vista. Instituto brasileiro de estudos ambientais – IBEAS, Goiânia-GO, *III Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental*, novembro, 2012.
- RORIZ, R.F.C. *Aproveitamento dos Resíduos Alimentícios Obtidos das Centrais de Abastecimento do Estado de Goiás S/A para Alimentação Humana*. Universidade Federal de Goiás. Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos. Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Goiânia, 2012.
- SANTOS, A.P. et al. Poluição rural: o uso de biodigestores como fonte de energia. *Biosfera*, n.03, jan./jun., 2007.
- SILVA, B.M.S. *Proposta de implantação do projeto de coleta seletiva no departamento da polícia federal de Ilhéus/Bahia*. 57p. Monografia, Ilhéus-Bahia: Universidade Estadual de Santa Cruz – UESC, 2008.
- SILVA, J. D. et al., A. Atividade metano gênica específica (AME) de lodos industriais provenientes do tratamento biológico aeróbio e anaeróbio. *Revista Ambi-Agua*, Taubaté, v.8, n.2, p.135-145, 2013.
- XAVIER, C.A.N; LUCAS JUNIOR, J. Parâmetros de dimensionamento para biodigestores batelada operados com dejetos de vacas leiteiras com e sem uso de inóculo. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.30, n.2, p.212-223, mar./abr. 2010.