

DIGESTÃO ANAERÓBIA DE RESÍDUOS ORGÂNICOS PROVENIENTES DE COMPOSTAGEM CASEIRA COM USO DE REATORES *BIOCHEMICAL METHANE POTENTIAL*

*ANAEROBIC DIGESTION OF ORGANIC WASTES FROM HOUSEHOLD COMPOST
USING BIOCHEMICAL METHANE POTENTIAL REACTORS*

*DIGESTIÓN ANAERÓBICA DE RESIDUOS ORGÁNICOS PROVENIENTES DE COMPOST
DOMÉSTICO CON USO DE REACTIVOS BIOCHEMICAL METHANE POTENTIAL*

Rafaela Franqueto¹

Resumo

Uma das alternativas para diversificação da matriz energética é o biogás, uma fonte de energia renovável e sustentável. O biogás reduz a emissão de gases de efeito estufa, bem como os impactos causados pela deposição de resíduos da agricultura e pecuária no meio ambiente. O presente estudo tem como objetivo a otimização da produção de biogás a partir da digestão anaeróbia de resíduo de compostagem caseira em três tratamentos, sob efeitos da variação de temperatura ambiente e sem o controle da temperatura. Na amostra, foram realizadas análises de sólidos totais, umidade e pH, para a caracterização inicial e final do resíduo. Todos os reatores *Biochemical Methane Potential* (BMP) foram bem-sucedidos na produção de biogás; entretanto, o reator 1, denominado de BMP1 obteve uma produção superior, o que pode ser atribuída a maior quantidade de Sólidos Totais (ST) inicial no sistema.

Palavras-chave: Biogás. BMP. Energia Renovável. Resíduos.

Abstract

One of the alternatives for the energy matrix diversification is biogas, a renewable and sustainable energy source. Biogas reduces the emission of greenhouse gases and the impacts caused by the deposition of agricultural and livestock waste into the environment. The present study aims to optimize biogas production from the anaerobic digestion of household compost waste in three treatments, under the effect of room temperature variation and without temperature control. Analyses of total solids, moisture, and pH were carried out for or the waste's initial and final characterization. All *Biochemical Methane Potential* (BMP) reactors were successful in the production of biogas; however, the BMP1 obtained a higher production, which can be attributed to the greater amount of initial Total Solid (TS) in the system.

Keywords: Biogas. BMP. Renewable Energy. Waste.

Resumen

Una de las alternativas para la diversificación de la matriz energética es el biogás, una fuente de energía renovable y sostenible. El biogás reduce la emisión de gases con efecto invernadero, así como los impactos generados por la disposición de residuos de la agricultura y de la pecuaria en el medioambiente. Este estudio tiene como objetivo la optimización de la producción de biogás a partir de la digestión anaeróbica de residuos del compost doméstico en tres tratamientos, bajo efecto de la variación de la temperatura ambiente y sin el control de temperatura. En la muestra, se realizaron análisis de sólidos totales, humedad y pH, para la caracterización inicial y final del residuo. Todos los reactivos *Biochemical Methane Potential* (BMP) fueron exitosos en la producción del biogás; sin embargo, el reactivo 1, denominado BPM1, obtuvo mejores resultados, que pueden ser atribuidos a la cantidad inicial más grande de Sólidos Totales (ST) en el sistema.

Palabras-clave: Biogás. BMP. Energía Renovable. Residuos.

¹ Doutoranda em Engenharia Ambiental. E-mail: rfranqueto@gmail.com.

1 Introdução

Insegurança energética e contaminação ambiental são os maiores desafios que o mundo enfrenta há décadas. Atualmente, as necessidades energéticas são atendidas, principalmente, pelos combustíveis fósseis. A emissão de gases de efeito estufa oriundas pela sua combustão, e os seus possíveis impactos associados no clima, impulsiona o interesse de pesquisas que estudem fontes alternativas para produção de energia e combustíveis mais sustentáveis (PALUDO, 2014; BAEYENS *et al.*, 2015). Atualmente, a utilização de bioenergia é a melhor opção de desenvolvimento econômico e melhoria da qualidade de vida países em desenvolvimento, uma vez que a biomassa é uma fonte potente para a produção de energia renovável (EBNER *et al.*, 2015).

O setor do agronegócio é responsável pela maior quantidade de biomassa produzida. Para que ocorra a degradação desses materiais, é necessário aplicar um processo: digestão anaeróbia ou codigestão anaeróbia que, de acordo com Browne *et al.*, (2014) é um processo que valoriza o resíduo orgânico, que apresenta como principal produto, o biogás. Entretanto, a digestão anaeróbia é complexa (PENG *et al.*, 2013; YANGIN-GOMEZ; SAPMAZ; AYDIN, 2018), e requer condições ambientais específicas e diferentes populações de microrganismos (LASTELLA *et al.*, 2002; TIETZ *et al.*, 2013; SCANO *et al.*, 2014; NÁTHIA-NEVES *et al.*, 2018).

O método *Biochemical Methane Potential* (BMP) é uma tecnologia que vem sendo aplicada em ensaios de digestão e codigestão anaeróbia, que objetiva a avaliação da biodegradabilidade da matéria orgânica. Nos últimos anos, o interesse pelo método BMP cresceu (HANSEN *et al.*, 2004; ANGELIDAKI *et al.*, 2009; RAPOSO *et al.*, 2011; ELBESHBISHY, NAKHLA e HAFEZ, 2012; HUBENOV; SIMEONOV, 2015) e, por consequência, a necessidade de determinação de potenciais de produção de biogás para diferentes substratos e inóculos.

Em resumo, o BMP consiste na incubação anaeróbia de uma pequena fração de resíduo, normalmente inoculado (codigestão) em condições ambientais específicas (umidade, pH, nutrientes, razão substrato/inóculo etc.) a fim de produzir biogás (principalmente metano – 50 a 70% e dióxido de carbono – 10 a 30%) (ANGELIDAKI *et al.*, 2009). O método do BMP é considerado um processo demorado, visto que são necessários como tempo de incubação até 60, 90 ou até 100 dias (ANGELIDAKI *et al.*, 2009; KAFLE; KIM, 2013), sendo assim não é uma ferramenta prática para utilizar-se em uma escala industrial, visando a otimização de uma digestão anaeróbia.

Segundo Mata-Alvarez *et al.*, (2011), a digestão anaeróbia é um tratamento biológico anaeróbio no qual ocorre a estabilização da matéria orgânica com produção de biogás. A digestão é complexa e envolve muitos microrganismos, considerados o cerne dos digestores e a eficiência da digestão depende, principalmente, do ativo da comunidade microbiana.

A digestão anaeróbia de resíduos de compostagem é um processo bastante complexo, visto que digere carboidratos, proteínas e gorduras. O processo é influenciado diretamente por diversos parâmetros chave, como temperatura, pH, concentração de ácidos graxos voláteis (AGV), de amônia, de nutrientes, entre outros (CHERNICHARO, 2007; APPELS *et al.*, 2011; ZHANG *et al.*, 2014).

Sendo assim, objetivou-se, neste estudo, verificar o potencial de produção de biogás dos resíduos de compostagem em reatores anaeróbios de bancada, por meio de ensaios de potencial bioquímico de metano (BMP).

2 Materiais e métodos

Esse trabalho investiga a otimização do potencial de produção do biogás a partir de resíduos de compostagem em três tratamentos sob efeitos da variação de temperatura ambiente, sem o controle da temperatura.

Primeiramente, uma etapa teórica foi realizada através do levantamento bibliográfico sobre os seguintes temas: produção do biogás, bovinocultura e os resíduos agrícolas.

A segunda etapa foi experimental. Após a coleta e secagem do resíduo de compostagem caseira — aproximadamente 1 kg —, o material foi submetido a ensaios analíticos (pH, sólidos totais - ST, umidade) para que, posteriormente, fossem iniciados os ensaios laboratoriais para a otimização da produção de biogás em mono-digestão anaeróbia. O tratamento adotado foi em modo batelada.

2.1 Resíduos utilizados

Os resíduos utilizados na incubação anaeróbia advieram de um sistema de compostagem caseira (restos alimentares, resíduos de gramas).

2.2 Análises quantitativas: métodos analíticos

Análises de pH e sólido total (ST) foram realizadas conforme descrito por APHA (2005). Na Tabela 1, são apresentados os métodos analíticos utilizados para determinação dos parâmetros de caracterização.

Tabela 1 - Parâmetros determinados para caracterização inicial e final e os métodos analíticos

Parâmetro	Método analítico	Descrição do método
Umidade (%)	Gravimétrico	Secagem da amostra em estufa (103±2) °C até peso constante
ST (%)	Gravimétrico	Secagem da amostra em estufa (103±2) °C até peso constante
pH	Potenciométrico	Medida direta por meio de eletrodo específico
Massa de resíduo agrícola e dejetos	Pesagem em balança analítica	Precisão de 0,10 mg

Fonte: A Autora (2020).

2.3 Ensaio BMP

A etapa experimental constituiu-se na montagem e monitoramento de biodigestores anaeróbios de bancada, através de ensaio BMP. Para a construção dos BMPs foram utilizados frascos de borosilicato de 250 mL, com tampa de rosca equipada com válvula para saída de gás e manômetro (faixa de leitura de 0 a 2,5 kgf.cm⁻², escala de 0,20 kgf.cm⁻²) para a leitura da pressão interna dos frascos. Foram realizados 3 ensaios (em triplicata), como sugerido por Angelidaki *et al.*, (2009), para que os testes possuíssem significância estatística. Os reatores foram denominados de BMP1 (reator 1); BMP2 (reator 2) e BMP3 (reator 3). Na Figura 1, são apresentados os reatores BMP utilizados no ensaio.



Fonte: a autora (2020)

Houve a necessidade de adição de água, para que a umidade alcance o recomendado na literatura, que é de 85% — índice recomendado para a geração de biogás por Andreoli *et al.*, (2003) e USEPA (1991). Após o preenchimento do biodigestor, o mesmo foi submetido a uma corrente de gás nitrogênio (N₂). Esse processo objetiva manter as condições de anaerobiose no headspace dos frascos, por um período de aproximadamente 5 minutos, o que garante, segundo Li *et al.*, (2015), as condições de anaerobiose do meio.

O monitoramento (realizado diariamente, exceto nos sábados e domingos) se deu pela pressão interna dos frascos e de acordo com o método manométrico, além de considerar as variações de pressão interna (biodigestores) e externa (ambiente).

Os valores de pressão interna foram adquiridos por leitura dos manômetros acoplados aos biodigestores; a pressão externa, por sua vez, foi obtida pela Epagri (2018). Os valores de pressão foram convertidos em volume de biogás nas condições normais de temperatura e pressão (CNTP), de acordo com a lei de gases ideais ($PV = nRT$), onde: P= pressão absoluta medida nos manômetros; V= volume de biogás gerado; T= temperatura do biogás; R= constante universal dos gases (LABATUT *et al.*, 2011).

2.4 Análise estatística

Com relação à análise estatística dos dados, foram utilizados os *softwares* Excel e Past. Foram utilizados o Teste ANOVA e o Teste de Tukey, a 5% de probabilidade, para determinar as diferenças entre as variáveis.

3 Resultados e discussões

3.1 Caracterização do resíduo de compostagem caseira

As características dos resíduos (compostagem) utilizados no ensaio estão apresentados na Tabela 2. É importante ressaltar que os dados foram estatisticamente validados.

Tabela 2 - Caracterização inicial e final do resíduo de compostagem utilizado

Parâmetro	BMP1_i	BMP1_f	BMP2_i	BMP2_f	BMP3_i	BMP3_f
pH	6.02	6.98	5.98	6.12	5.97	6.04
ST (%)	16.37	11.47	11.09	9.02	12.98	10.17
Umidade (%)	83.63	88.53	88.91	90.98	87.02	89.83

BMP1i: reator 1 antes do ensaio; BMP1f: reator 1 após o ensaio; BMP2i: reator 2 antes do ensaio; BMP2f: reator 2 após o ensaio; BMP3i: reator 3 antes do ensaio; BMP3f: reator 3 após o ensaio

Fonte: A Autora (2020).

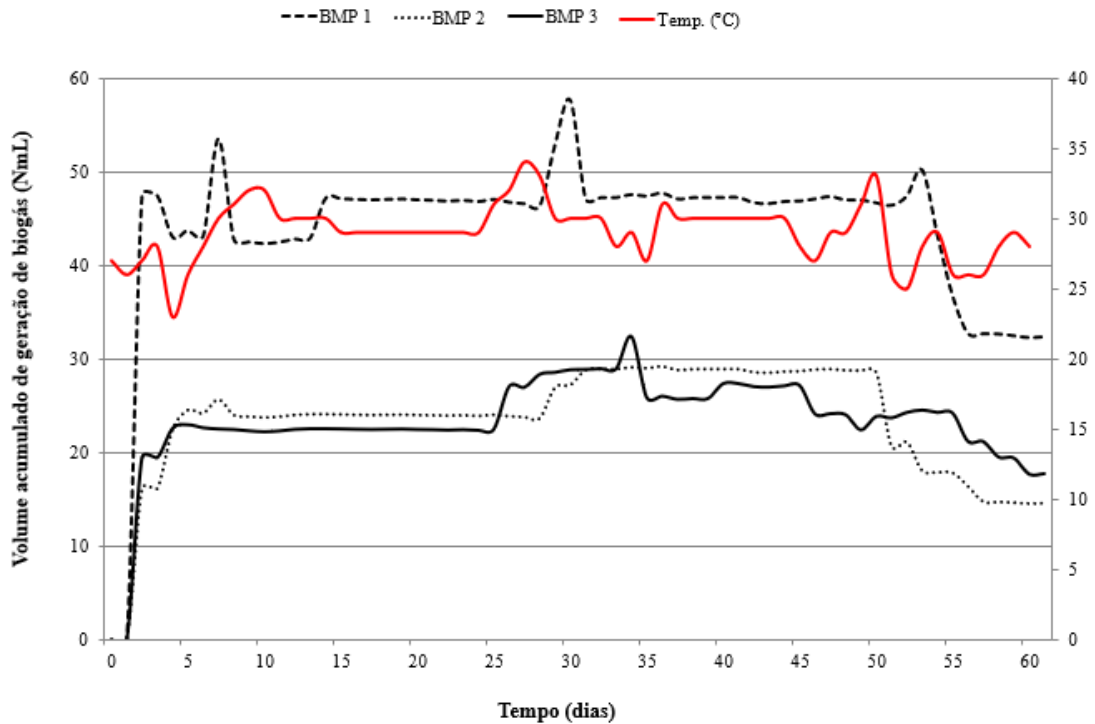
O valor inicial do pH no ensaio estava um pouco abaixo do recomendado pela literatura, que é de 6,5 a 7,5 (CHANDRA, TAKEUCHI e HASEGAWA, 2012). Entretanto, o valor de pH final ficou na faixa adequada para o crescimento dos microrganismos. De acordo com Schirmer *et al.*, (2014), com a produção de CO₂ na biodegradação e a dinâmica da Lei de Henry, o CO₂ particiona do headspace do biodigestor para a fase líquida, reagindo com a água formando bicarbonato — o qual implica no aumento do pH. Ressalta-se que valores de pH ácido podem acarretar inibição das atividades metanogênicas (responsáveis pela degradação biológica dos resíduos), como foi relatado por Zhang, Su e Tan (2013).

O teor de sólidos totais (ST) é um parâmetro muito utilizado para medir a biodegradabilidade de um resíduo a ser testado. No início do ensaio, o reator estava em um processo denominado semi-seco (concentração de ST variando de 10% a 20%), conforme preconizam Dong, Zhenhong e Yongming (2010). Nesse sentido, para que um resíduo seja considerado estabilizado ou decomposto, é necessário que a degradação dos sólidos seja de 10 a 20% (KELLY, 2002; DECOTTIGNIES *et al.*, 2005). No presente estudo, o ST final apresentou-se com 11,47%, o que indica a eficiência da digestão através da decomposição do material orgânico pelos microrganismos e, conseqüentemente, a produção de biogás.

Quanto ao teor de umidade, o reator foi iniciado com valor próximo ao índice de referência definido no estudo (85%). Ao final do ensaio, a faixa de umidade se encontrou dentro do reportado na literatura — entre 60 e 90% (ANDREOLI *et al.*, 2003; USEPA, 1991).

3.2 Produção acumulada de biogás

O potencial de metano é definido, por Hansen *et al.* (2004), como o máximo de metano produzido durante o ensaio, o que é evidenciado pelo acúmulo de biogás (Figura 2).

Figura 2 - Produção acumulada de biogás nos reatores com influência da temperatura

Fonte: A Autora (2020)

O maior volume de biogás acumulado foi encontrado no BMP1. Entretanto, todos os reatores tiveram produção significativa ao longo do período de ensaio. A maior produção para o BMP1 pode ser explicada pelo percentual de sólidos mais adequado para o sistema, o que melhora a biodegradabilidade.

O pico de produção de biogás nos primeiros dias está relacionado às substâncias presentes no composto, que são facilmente biodegradáveis. Logo nos primeiros dias do ensaio, ocorre a degradação da matéria orgânica em forma de metano, o que possibilita uma maior rapidez na produção de biogás (FRANQUETO *et al.*, 2020). Após convertida a fração facilmente biodegradável, observou-se que o processo seguiu estável, denotando a presença de materiais de mais difícil degradação (PARAWIRA *et al.*, 2004). O pico de produção de biogás nos primeiros dias deve-se, também, à ausência de oxigênio no início do ensaio, devido à circulação da corrente de N₂ no *headspace* dos biodigestores — o que garante a anaerobiose do meio (PARAWIRA *et al.*, 2004).

Na Figura 2 verifica-se, ainda, que a produção de biogás foi influenciada pela temperatura (FRANQUETO; SILVA; KONIG, 2019), o que acarretou uma maior produção à medida em que a temperatura se elevava (BOUŠKOVÁ *et al.*, 2005; ZIGANSHIN *et al.*, 2013).

4 Considerações finais

Quanto à sua composição, os resíduos de compostagem caseira apresentam características bastante distintas de região para região. Mesmo assim, esses compostos se constituem em uma fonte renovável promissora para produção de metano, uma vez que apresentam um excelente rendimento quando comparados aos demais substratos que são comumente utilizados.

O ensaio de Potencial Bioquímico de Metano (BMP) se mostrou eficiente para a verificação da biodegradabilidade dos resíduos de compostagem, acarretando resultados satisfatórios em curto espaço de tempo (60 dias).

De um modo geral, a comparação das curvas de produção de metano (reportadas na literatura) em testes BMP pode ser tarefa bastante complicada, dadas as diferentes condições de cada experimento — muitas vezes, com resultados expressos em unidades variadas.

Referências

- ANDREOLI, C. V.; FERREIRA, A. C.; CHERNICHARO, C. A.; BORGES, E. S. M. Secagem e higienização de lodos com aproveitamento de biogás. *In: CASSINI, S. T. (ed.). Digestão de resíduos sólidos orgânicos e aproveitamento do biogás.* Rio de Janeiro: ABES, Rima, 2003.
- ANGELIDAKI, I.; ALVES, M.; BOLZONELLA, D.; CAMPOS, J. L.; GUWY, A.J.; KALYUZHNYI, S.; JENICEK, P.; VAN LIER, J.B. Defining the biomethane potential (BMP) of solid organic wastes and energy crops: A proposed protocol for batch assays. **Water Science and Technology**, v. 59, n. 5, p. 927-34, 2009.
- APPELS, L.; ASSCHEB, A. V.; WILLEMSB, K.; DEGRÈVEA, J.; IMPEA, J. V.; DEWIL, R. Peracetic acid oxidation as an alternative pretreatment for the anaerobic digestion of waste activated sludge. **Bioresource Technology**, v. 102, n. 5, p. 4124-4130, 2011.
- BAEYENS, J., KANG, Q., APPELS, L., DEWIL, R., LV, Y., TAN, T. Challenges and opportunities in improving the production of bio-ethanol. **Progress in Energy and Combustion Science**, v. 47, p. 60-88, Apr. 2015.
- BOUŠKOVÁ, A DOHÁNYOS, M.; SCHMIDT, J.E.; ANGELIDAKI, I. Strategies for changing temperature from mesophilic to thermophilic conditions in anaerobic CSTR reactors treating sewage sludge. **Water Research**, v. 39, n. 8, p. 1481-8, Apr. 2005.
- BROWNE, J. D., ALLEN, E., MURPHY, J. D. Assessing the variability in biomethane production from the organic fraction of municipal solid waste in batch and continuous operation. **Applied Energy**, v. 128, p. 307-314, 2014.

CHANDRA, R., TAKEUCHI, H., HASEGAWA, T. Methane production from lignocellulosic agricultural crop wastes: a review in context to second generation of biofuel production. **Renewable & Sustainable Energy Reviews**, v. 16, n. 3, p. 1462-1476, 2012.

CHERNICHARO, C. A. L. **Reatores anaeróbios**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG, 2007. 380 p.

DECOTTIGNIES, V.; GALTIER, L.; LEFEBVRE, X; VILLERIO, T. Comparison of analytical methods to determine the stability of municipal solid waste and related wastes. *In*: INTERNATIONAL WASTE MANAGEMENT AND LANDFILL SYMPOSIUM, 10., 2005, Sardinia. **Proceedings** [...]. Cagliari: CISA, 2005.

DONG, L.; ZHENHONG, Y.; YONGMING, S. Semi-dry mesophilic anaerobic digestion of water sorted organic fraction of municipal solid waste (WS-OFMSW). **Bioresource Technology**, v. 101, n. 8, 2010.

EBNER, J. H., LABATUT, R. A., RANKIN, M. J., PRONTO, J. L., GOOCH, C. A., WILLIAMSON, A. A., TRABOLD, T. A. Lifecycle Greenhouse Gas Analysis of an Anaerobic Codigestion Facility Processing Dairy Manure and Industrial Food Waste. **Environmental Science and Technology**, v. 49, n. 18, p. 11199-208, 2015.

ELBESHISHY, E., NAKHLA, G., HAFEZ, H. Biochemical methane potential (BMP) of food waste and primary sludge: Influence of inoculum pre-incubation and inoculum source. **Bioresource Technology**, v. 110, p. 18-25, 2012.

FRANQUETO, R., SILVA, J.D.DA. Effect of Temperature Variation on Codigestion of Animal Waste and Agricultural Residue for Biogas Production. **BioEnergy Research**, v. 13, p. 630–642, 2019.

FRANQUETO, R., SILVA, J.D.DA., STARICK, E.K., JACINTO, C.F.S. Anaerobic codigestion of bovine manure and banana tree leaf: the effect of temperature variability on biogas yield in different proportions of waste. **Journal of Material Cycles and Waste Management**, v. 22, p. 1444 –1458, 2020.

HANSEN, T. L.; SCHMIDT, J. E.; ANGELIDAKI, I.; MARCA, E.; JANSEN, J. LA. C.; MOSBAEK, H.; CHRISTENSEN, T.H. Method for determination of methane potentials of solid organic waste. **Waste Management**, v. 24, n. 4, 2004.

HUBENOV, V., SIMEONOV, I. Anaerobic co-digestion of waste fruits and vegetables and swine manure in a pilot-scale bioreactor. **Bulgarian Chemical Communications**, v. 47, 2015.

KAFLE, G.K.; KIM, S.H. Anaerobic treatment of apple waste with swine manure for biogas production: Batch and continuous operation. **Applied Energy**, v. 103, p. 61-72, 2013.

KELLY, R. J. **Solid waste biodegradation enhancements and the evaluation of analytical methods used to predict waste stability**. 2002. 66 f. Thesis (Master of Science in Environmental Science and Engineering) - Faculty of Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg- Virginia, 2002.

- LABATUT, R. A.; ANGENENT, L. T.; SCOTT, N. R. Biochemical methane potential and biodegradability of complex organic substrates. **Bioresource Technology**, v. 102, n. 3, 2011.
- LASTELLA, G., TESTA, C., CORNACCHIA, G., NOTORNICOLA, M., VOLTASIO, F., SHARMA, V. K. Anaerobic digestion of semi-solid organic waste: Biogas production and its purification. **Energy Conversion and Management**, v. 43, n. 1, p. 63-75, 2002.
- LI, D.; LIU, S.; MI, L.; LI, Z.; YUAN, Y.; YAN, Z.; LIU, X. Effects of feedstock ratio and organic loading rate on the anaerobic mesophilic co-digestion of rice straw and cow manure. **Bioresource Technology**, v. 189, p. 319-326, Apr. 2015.
- MATA-ALVARES, J.; DOSTA, J.; MACÉ, S.; ASTALS, S. Codigestion of solid wastes: A review of its uses and perspectives including modeling. **Critical Reviews in Biotechnology**, v. 31, n. 2, p. 99-111, 2011.
- NÁTHIA-NEVES, G. *et al.* Anaerobic digestion process: technological aspects and recent developments. **International Journal of Environmental Science and Technology**, v. 15, n. 9, p. 2033-2046, 2018.
- O'LEARY, P. R.; TCHOBANOGLOUS, G. Landfilling. *In*: TCHOBANOGLOUS, G.; KREITH, F. (ed.). **Handbook of solid waste management**. 2. ed. New York: McGraw-Hill, 2002.
- PALUDO, G. B. Microrganismos geneticamente modificados e sua relação com o aumento na produção de biocombustíveis. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 10, n. 18, p. 2212, 2014.
- PARAWIRA, W.; MURTO, M.; ZVAUYA, R.; MATTIASSON, B. Anaerobic batch digestion of solid potato waste alone and in combination with sugar beet leaves. **Renewable Energy**, v. 29, n. 11, p. 1811-1823, 2004.
- PENG, J. F. *et al.* Spatial succession and metabolic properties of functional microbial communities in an anaerobic baffled reactor. **International Biodeterioration and Biodegradation**, v. 80, 2013.
- RAPOSO, F. *et al.* Biochemical methane potential (BMP) of solid organic substrates: evaluation of anaerobic biodegradability using data from an international interlaboratory study. **Journal of Chemical Technology & Biotechnology**, v. 86, n. 8, Aug. 2011.
- SCHIRMER, W. N.; JUCÁ, J. F. T.; SCHULER, A. R. P.; HOLANDA, S.; JESUS, L. L. Methane production in anaerobic digestion of organic waste from Recife (Brazil) landfill: Evaluation in refuse of different ages. **Brazilian Journal of Chemical Engineering**, v. 31, n. 2, 2014.
- TIETZ, C. M. *et al.* Produção de energia pela biodigestão anaeróbia de efluentes: o caso da bovinocultura. **Acta Iguazu**, v. 2, n. 3, 2013.
- USEPA. **Air emissions from municipal solid waste landfills – Background information for proposed standards and guidelines**. Washington: United States Environmental Protection Agency, 1991.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental / UFMG, 2005.

ZHANG, C.; SU, H.; TAN, T. Batch and semi-continuous anaerobic digestion of food waste in a dual solid-liquid system. **Bioresource Technology**, v. 145, p. 10-16, 2013.

ZHANG, C.; SU, H.; BAEYENS, J.; TAN, T. Reviewing the anaerobic digestion of food waste for biogas production. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 38, p. 383-392, 2014.

ZIGANSHIN, A. M.; LIEBETRAU, J.; PROTER, J.; KLEINSTEUBER, S. Microbial community structure and dynamics during anaerobic digestion of various agricultural waste materials. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 97, n. 11, p. 5161-74, 2013.

YANGIN-GOMEZ, C., SAPMAZ, T., AYDIN, S. Impact of inoculum acclimation on energy recovery and investigation of microbial community changes during anaerobic digestion of the chicken manure. **Environmental Technology**, v. 41, n. 1, p. 49-58, 2018.