

Resíduos sólidos orgânicos domésticos como substrato potencial para produção de biogás

O processo de digestão anaeróbia é uma alternativa de tratamento de materiais orgânicos e produção de energia renovável. A qualidade do biogás é dependente do tipo de substrato inoculado em reatores anaeróbios. Resíduos sólidos orgânicos domésticos apresentam quantidade de matéria orgânica volátil satisfatória para a produção de biogás. Foram identificados junto às empresas de coleta, os roteiros dos caminhões que fazem a coleta de lixo em Maceió. Selecionados os bairros e os caminhões que fazem o roteiro e a coleta de resíduos destes bairros, foi dado início ao levantamento de dados de gravimetria no aterro sanitário. Identificar o potencial de produção de biogás deste resíduo é necessário para buscar outra logística de destinação e reduzir a disposição em aterro sanitário. Neste sentido, o presente estudo teve como objetivo avaliar o potencial bioquímico de biogás (PBB) e metano (PBM) dos resíduos sólidos orgânicos de origem doméstica (resíduos novos-RN), proveniente do aterro sanitário de Maceió, Alagoas. O ensaio de digestão anaeróbia foi realizado no Sistema Automatizado de Medição de Biogás (SAMB) no Centro de Pesquisa em Energia e Tecnologias Sustentáveis – CPETS/TECNOVATES - Univates/RS. O teste de PBB e PBM foi realizado pelo método padrão de fermentação, descrito na normativa alemã VDI 4630. Foram inoculadas uma triplicata de inoculo como branco (IN), uma triplicata com celulose microcristalina como amostra padrão (CM) e a triplicata com o resíduo sólido orgânico doméstico como substrato (RSOD). A qualidade do biogás foi avaliada por sensor específico de medição de metano e por cromatografia gasosa. O resultado do ensaio de digestão anaeróbia mostra que o RSOD apresenta PBB de $817,70 \pm 13,43 \text{ m}^3$. TonSV-1 com alto teor de metano (percentual máximo de metano de 75,15 %). Além disso, o período incubação do substrato foi de 17 dias, isso mostra a facilidade de os microrganismos assimilarem este substrato. Considerando os resultados obtidos, destaca-se que o RSOD apresenta potencial energético para uso como substrato em biodigestores anaeróbios.

Palavras-chave: RSOD; Digestão Anaeróbia; Energia Renovável; Metano.

Domestic organic solid waste as a potential substrate for biogas production

The anaerobic digestion process is an alternative for treating organic materials and producing renewable energy. The quality of the biogas depends on the type of substrate inoculated in anaerobic reactors. Domestic organic solid waste has a satisfactory amount of volatile organic matter for the production of biogas. The itineraries of the trucks that collect garbage in Maceió were identified with the collection companies. After selecting the neighborhoods and trucks that make the route and collecting waste from these neighborhoods, the survey of gravimetric data at the landfill was started. Identifying the biogas production potential of this waste is necessary to seek other destination logistics and to reduce the disposal in landfill. In this sense, the present study aimed to evaluate the biochemical potential of biogas (BPB) and methane (BPM) of solid organic waste of domestic origin (new waste-NW), from the landfill in Maceió, Alagoas. The anaerobic digestion test was performed in the Automated Biogas Measurement System (SAMB) at the Research Center for Energy and Sustainable Technologies - CPETS/TECNOVATES - Univates/RS. The BPB and BPM test was carried out by the standard fermentation method, described in the German standard VDI 4630. An inoculum triplicate was inoculated as white (IN), a triplicate with microcrystalline cellulose as a standard sample (CM) and the triplicate with the residue domestic organic solid as a substrate (DOSW). The quality of the biogas was assessed by a specific methane measurement sensor and by gas chromatography. The result of the anaerobic digestion test shows that the DOSW presents PBB of $817.70 \pm 13.43 \text{ m}^3$. tonSV-1 with a high methane content (maximum methane percentage of 75.15%). In addition, the incubation period of the substrate was 17 days, this shows the ease of microorganisms to assimilate this substrate. Considering the results obtained, it has highlighted that the DOSW has energetic potential for use as a substrate in anaerobic biodigesters.


Keywords: DOSW; Anaerobic Digestion; Renewable Energy; Methane.

Topic: **Sistemas de Energia Sustentável**

Received: **01/02/2020**

Reviewed anonymously in the process of blind peer.

Approved: **07/03/2020**

Claudionor de Oliveira Silva 

Universidade do Vale do Taquari, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/7914499903341694>
<http://orcid.org/0000-0002-6566-0451>
claudionor.silva@universo.univates.br

Odorico Konrad 

Universidade do Vale do Taquari, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/9946679953072196>
<http://orcid.org/0000-0002-6968-7969>
okonrad@univates.br

Nélia Henriques Callado 

Universidade Federal de Alagoas, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/8042175776163111>
<http://orcid.org/0000-0002-2393-555X>
nelia.callado@yahoo.com.br

Munique Marder 

Universidade do Vale do Taquari, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/6070031909886243>
<http://orcid.org/0000-0002-1388-4306>
mmarder@univates.br

Liz Geise Santos de Araujo 

Universidade Federal de Pernambuco, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/4373479527873700>
<http://orcid.org/0000-0003-0196-7064>
lizaraujoeng@gmail.com



DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2020.002.0022

Referencing this:

SILVA, C. O.; KONRAD, O.; CALLADO, N. H.; MARDER, M.; ARAUJO, L. G. S.. Resíduos sólidos orgânicos domésticos como substrato potencial para produção de biogás. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.11, n.2, p.204-212, 2020. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2020.002.0022>

INTRODUÇÃO

O consumo desenfreado de combustíveis fósseis contribui diretamente e extensivamente para o aumento dos gases de efeito estufa (GEE). Sua redução poderia ser acelerada através da utilização de energias renováveis, para atender as necessidades da economia, com menores impactos ambientais. A probabilidade de aproveitamento energético, dos resíduos sólidos orgânicos de origem doméstica é comprovada por estudos de avaliação já desenvolvidos, a partir da análise de biogás e geração de metano por meio da digestão anaeróbia. Hasan et al. (2019), em seu estudo sobre produção de biogás, no Vale do Taquari, Rio Grande do Sul, destaca a importância da digestão anaeróbia, visando a produção de biogás e o aproveitamento energético. Slorach et al. (2019), enfatiza a importância do estudo da digestão anaeróbia, na sustentabilidade ambiental, do ciclo de vida e recuperação de energia, dos resíduos domésticos. Abad et al. (2019), mostraram a viabilidade de utilização da digestão anaeróbia, para melhorar a gestão da fração orgânica, dos resíduos sólidos urbanos, em Catalunha, Espanha.

O reaproveitamento dos resíduos sólidos orgânicos, como substrato para a digestão anaeróbia, pronuncia-se como alternativa de energia renovável. Aziz et al. (2020), em seu estudo sobre biogás e metano de resíduos sólidos orgânicos, na Malásia, apontam como uma tecnologia promissora, podendo alcançar o desenvolvimento sustentável por meio de energia limpa e consumo sustentável.

Em termos de energias renováveis, os resíduos sólidos orgânicos, como substrato para a digestão anaeróbia, vêm ganhando espaço na matriz energética brasileira. Um exemplo é o biogás, usado como fonte de energia. “Energia, potencial, limpa e sustentável” (GUERINI FILHO et al., 2018). Destarte, pesquisas passaram a ganhar espaço, na perspectiva da necessidade de utilizarem outros meios de geração de eletricidade, como é o caso do aproveitamento da biomassa, proveniente de atividades agroindustriais e domiciliares (MALAGGUI et al., 2014).

Maceió, capital do Estado de Alagoas, localizada no Nordeste do Brasil, produz em média 1.141,11 toneladas de resíduos orgânicos de origem doméstica por ano (PERS, 2016). Os resíduos orgânicos de origem doméstica podem apresentar potencial possível na sua conversão em biogás, demonstrando rendimento satisfatório em CH₄ (AWASTHI et al., 2018).

O Brasil tem se comprometido para manter o controle entre as fontes de energias encontradas em quantidades limitadas (tradicionais), e as naturais com capacidade de regeneração (renovável). “O Brasil é um importante agente para produção de energias renováveis, especialmente o biogás, tendo este potencial para a matriz energética brasileira” (STRASSBURG et al., 2014).

O biogás é constituído de vários gases. Mas, o principal deles é o metano (CH₄), que geralmente corresponde a 70% da mistura, e o dióxido de carbono (CO₂), que corresponde a cerca de 30% da mistura (POSSA, 2013). O CH₄ e o CO₂ constituem um importante gás de efeito estufa no planeta (BORBA et al., 2018). A qualidade do gás adquirido na biodigestão anaeróbia, para uso energético depende da quantidade de metano em sua composição. A maioria dos gases constituintes na formação do biogás é o gás hidrogênio (H₂), com concentração podendo variar entre (0 a 1%), o nitrogênio (N), de (0 a 7%), o oxigênio (O), de (0 a

2%), o ácido sulfídrico (H₂S), de (0 a 3%), a amônia (NH₃), de (0 a 3%) (POSSA, 2013).

O CO₂, H₂S e NH₃, são classificados como nocivos e impuros, essas substâncias em concentrações elevadas, interferem negativamente na qualidade do biogás (BALDACIN et al., 2015). O CO₂ é uma substância não combustível, que diminui o poder calorífico do biogás, o ácido sulfídrico (H₂S) é um gás incolor, que exala um cheiro desagradável e é corrosivo, torna o biogás corrosivo para materiais metálicos. “Sua concentração depende da quantidade de enxofre presente na matéria orgânica, normalmente alcança níveis menores que 1% da constituição do biogás” (PEREIRA et al., 2018). O gás amônia (NH₃), apesar de ser encontrado em baixas concentrações, torna-se corrosivo na presença de água, principalmente sobre o cobre, ao entrar em combustão, pode emitir óxido de nitrogênio, com consequente efeito a saúde e ao meio ambiente (BALDACIN et al., 2015).

Neste contexto, a digestão anaeróbia de resíduos sólidos orgânicos, apresenta vantagem na produção de biogás (DI MARIA et al., 2015). É uma maneira sustentável para os problemas energéticos e ambientais. Propensão para recuperar energia a partir da biomassa (AZIZ et al., 2020). É uma opção ambientalmente correta para o gerenciamento dos resíduos sólidos Urbanos (GE et al., 2014) e produção de energia renovável, através do biogás (PAVI et al., 2017).

Diante do exposto, o estudo tem como objetivo analisar em escala laboratorial, a partir do processo de digestão anaeróbia e cromatografia gasosa, o potencial bioquímico de biogás (PBB) e o potencial bioquímico de metano (PBM), dos resíduos sólidos orgânicos de origem doméstica, proveniente do aterro sanitário de Maceió - Brasil.

MATERIAIS E MÉTODOS

O substrato utilizado neste estudo caracteriza-se como resíduos orgânicos de origem domésticos (RSOD), provenientes do aterro sanitário do município de Maceió - AL. O levantamento de dados de gravimetria foi realizado na área de recepção de resíduos do aterro sanitário de Maceió. Inicialmente definiu-se, junto às empresas de coleta, os roteiros dos caminhões que fazem a coleta de lixo em Maceió. Sendo selecionados os bairros dentro da região administrativa-RA, cujos resíduos são coletados pelo mesmo caminho.

O levantamento de dados gravimétricos foi realizado a partir do método de quarteamento, conforme descrito por Soares (2011). Este método tem como proposta a separação dos materiais de forma mais representativa possível, separando os resíduos em quatro partes e descartando duas partes opostas, até obter-se a amostra representativa. Os resíduos foram quarteados e segregados até obter uma amostra de 3kg, destes foi coletado a amostra para o ensaio de digestão anaeróbia. A etapa de coleta dos substratos requer cuidados, uma vez que, ao coletar amostras para experimentos, deve-se priorizar a sua representatividade. A intenção é, portanto, que elas possuam o maior número possível de características iguais ou muito semelhantes ao sistema do qual foi retirada, a fim de evitar riscos de obtenção de resultados que não expressem a realidade (KUNZ et al., 2004).

O ensaio de digestão anaeróbia foi realizado em batelada no Centro de Pesquisa em Energias e

Tecnologias Sustentáveis (CPETS/TECNOVATES) - Universidade do Vale do Taquari – Univates. A produção de biogás foi monitorada no Sistema Automatizado de Medição de Biogás (SAMB), conforme descrito por Konrad et al. (2016). O SAMB é composto por reator de vidro com capacidade de 1 L, coletor de biogás constituído por tubo de vidro em forma de U, sensor óptico, esfera de isopor e circuito eletrônico que registra a passagem do biogás pelo sistema e calcula o volume gerado. O princípio de funcionamento do dispositivo é o deslocamento de fluidos, sendo a quantificação do biogás realizada quando ele, à medida que enche o tubo em forma de U, desloca o fluido nele contido (água) e eleva o nível de fluido no lado oposto, que é detectado por um sensor óptico, o qual envia essa informação a um circuito eletrônico. A definição do volume de biogás gerado se dá por intermédio da equação combinada dos gases ideais, que descreve que a relação entre a temperatura, a pressão e o volume de um gás é constante (HALLIDAY et al., 2009).

Os reatores incubados no sistema foram compostos por 500g de material e mantidos à temperatura mesofílica (35°C). O teste foi realizado em triplicatas, onde uma foi mantida como branco, composta somente por Inoculo (IN), outra como amostra padrão, composta por inoculo e celulose microcristalina (CM), e uma com inoculo e o substrato avaliado, resíduo sólido orgânico doméstico (RSOD). A composição de cada material nos reatores foi seguindo a normativa alemã VDI 4630 – Fermentation of organic materials: Characterisation of the substrate, sampling, collection of material data and fermentation tests -, que estabelece que a relação de sólidos voláteis do substrato e do inoculo seja de 2:1 e o teor de sólidos totais da mistura não deve ser maior que 10%. As análises de sólidos totais e voláteis foram realizadas de acordo a metodologia descrita no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA et al., 1998).

A qualificação do biogás durante o ensaio de biodigestão anaeróbia foi obtida por um sensor específico de medição de metano, denominado Advanced Gasmitter, produzido pela empresa PRONOVA Analysentechnik GmbH & Co e por Cromatografia Gasosa (GC), modelo Clarus 580 GC - ARNL5840 modificado, marca PerkinElmer, equipado com Detector por Condutividade Térmica (TCD) para leitura de CH₄, CO₂, H₂, O₂ e N₂ e Detector Fotométrico de Chama (FPD) para identificação de H₂S. As colunas utilizadas no ensaio foram empacotadas (Hayesep e Peneira Molecular), o gás de arraste utilizado foi argônio e o gás de combustão para o FPD foi o hidrogênio, a temperatura do forno foi de 60 °C e as temperaturas dos detectores foram 250 °C para o TCD e 325 °C para o TCD. O software utilizado foi o Total Chrom & Int LINK. A análise de cromatografia foi realizada no ápice de produção de biogás para a verificação dos constituintes do biogás.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O ensaio de Potencial Bioquímico de Biogás (PBB) e Metano (PBM) é um método eficaz para avaliação de um determinado substrato, quanto ao seu potencial de degradação, durante a ação de microrganismos anaeróbios e conversão da matéria orgânica volátil em biogás. Os resultados descritos na Tabela 1, mostra que o resíduo sólido orgânico doméstico apresenta elevado potencial biodegradável devido a sua alta fração orgânica volátil. O pH das três triplicatas estava na faixa neutra, indicada para a digestão

anaeróbia. Nas fases iniciais da digestão anaeróbia, as bactérias são responsáveis para produzir os ácidos, e as metanogênicas os consomem, mantendo o meio neutro com pH (6,5 a 8,0) para sua sobrevivência (CASSINI, 2003).

Tabela 1: Composição dos reatores submetidos ao tratamento e caracterização das amostras.

	Composição dos tratamentos		Caracterização das amostras				
	Inoculo (g)	Amostra (g)	ST (%)	SV (%)	SV Inoculo (g)	SV Amostra (g)	pH
IN	500,0	-	6,02 ± 0,0	49,91 ± 0,3	10,02 ± 0,0	--	7.77 ± 0.0
CM	492,3	7,6	96,60 ± 0.3	100,00 ± 0,0	9,86 ± 0,0	7,40 ± 0,0	7.89 ± 0.0
RSOD	468,1	31,9	27,21 ± 1,1	81,03 ± 2,0	9,38 ± 0,0	7,03 ± 0,0	7.68 ± 0.0

Inóculo (IN); Celulose Microcristalina (CM); Resíduo Sólido Orgânico Doméstico (RSOD); Sólidos Totais (ST); Sólidos Voláteis (SV).

A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos de produção acumulada e rendimento de biogás e metano, percentual de metano, o PBB e PBM no ensaio de digestão anaeróbia.

Tabela 2: Produção de biogás dos substratos submetido ao tratamento de digestão anaeróbia no período de 17 dias.

Parâmetros	Inoculo	Celulose Microcristalina	Resíduo Sólido Orgânico Doméstico
Volume de Biogás ($L_{\text{Biogás}}$)	0,30 ± 0,05	5,68 ± 0,32	6,03 ± 0,09
Volume de Metano (L_{Metano})	0,02 ± 0,00	2,41 ± 0,18	3,08 ± 0,10
CH ₄ (%)	8,32 ± 1,54	42,43 ± 1,05	51,10 ± 1,08
PBB ($L_{\text{Biogás}} \cdot \text{kg}_{\text{SV}}^{-1}$)	30,36 ± 5,29	727,70 ± 44,16	817,70 ± 13,43
PBM ($L_{\text{Metano}} \cdot \text{kg}_{\text{SV}}^{-1}$)	2,58 ± 0,85	323,54 ± 24,49	436,04 ± 15,34
Rendimento de Biogás ($L \cdot \text{kg}_{\text{Biomassa}}^{-1}$)	0,61 ± 0,11	702,99 ± 42,66	180,20 ± 2,96
Rendimento de metano ($L \cdot \text{kg}_{\text{Biomassa}}^{-1}$)	0,05 ± 0,02	312,56 ± 23,66	96,09 ± 3,38

Para o ensaio de PBB e PBM ser validado, de acordo com a performance do inoculo, o potencial de produção de biogás da celulose microcristalina (CM) deve ser superior a 80% ($600 \text{ mL}_{\text{N}} \cdot \text{g}_{\text{VS}}^{-1}$) do seu potencial teórico estimado, conforme protocolo de PBB. O valor de PBB da celulose microcristalina encontrado neste estudo foi acima de $600 \text{ mL}_{\text{N}} \cdot \text{g}_{\text{VS}}^{-1}$, o que mostra a validação do ensaio de digestão anaeróbia.

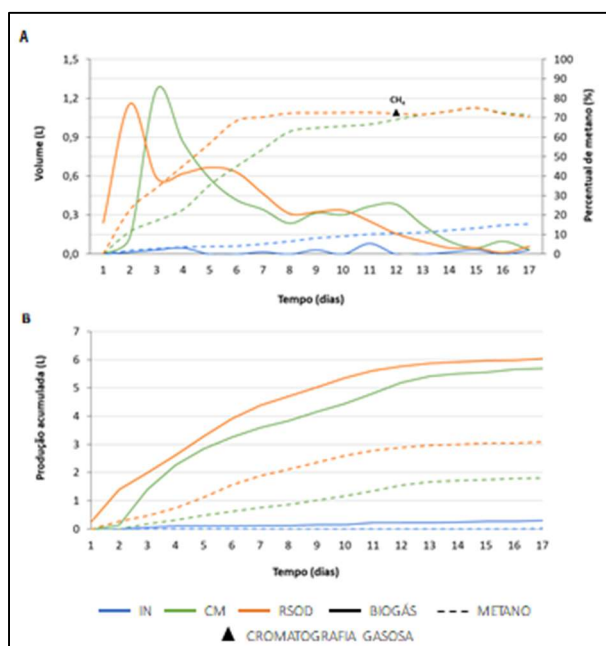
Destaca-se que o PBB e volume acumulado de biogás (Figura 1B) do resíduo sólidos orgânico doméstico (RSOD) foi maior que da CM, isso mostra que os microrganismos tiveram facilidade na assimilação deste material, apresentando uma conversão da matéria orgânica em biogás satisfatório. Schirmer et al. (2014) encontrou valores de volume de biogás de 1.816 mL, PBM de $75 L_{\text{METANO}} \cdot \text{kg}_{\text{SV}}^{-1}$ e percentual de metano acumulado de 55% para resíduos orgânicos do aterro municipal de Jaboatão dos Guararapes – Recife – Brasil, valores consideravelmente inferiores aos encontrados neste estudo.

Alibardi et al. (2015) avaliaram o PBM de misturas com diferentes frações orgânicas de Resíduos Sólidos Municipais de uma planta de digestão anaeróbica em Padova, Itália e encontraram valores de PBM de $430 L_{\text{METANO}} \cdot \text{kg}_{\text{SV}}^{-1}$ para a Mistura A (2% de carne, queijo e peixe, 27% de fruta, 34% de legumes, 19% de pão-massa, 18% de partículas de materiais indefinidos), $586 L_{\text{METANO}} \cdot \text{kg}_{\text{SV}}^{-1}$ para o Mix B (21% de carne, queijo e peixe, 26% de fruta, 33% de legumes, 2% de pão-massa, 18% de partículas de materiais indefinidos) e $490 L_{\text{METANO}} \cdot \text{kg}_{\text{SV}}^{-1}$ para o Mix C (7% de carne, queijo e peixe, 26% de fruta, 32% de legumes, 12% de pão-massa, 22% de partículas de materiais indefinidos). Os valores obtidos por Alibardi et al. (2015) na Mistura A e Mix B são semelhantes aos resultados obtidos neste estudo e de acordo com os autores as diferenças nos valores de PBM estão atrelados a composição do resíduo, principalmente devido a presença de carboidratos e lipídeos.

O rendimento de biogás e metano do RSOD foi de 180,20 e 96,09 L.kg_{Biomassa}⁻¹, considerando que a geração diária deste resíduo é de 500 toneladas pode-se estimar que a produção diária de biogás, a partir dos resultados obtidos neste estudo, poderia ser de aproximadamente 90.100 m³_{BIOGÁS}.dia⁻¹. Estes resultados mostram a importância de utilizar a biodigestão anaeróbia como uma alternativa de destinação destes resíduos, pois além do ganho com o tratamento dos resíduos é possível obter um gás com alto teor calorífico que pode ser aproveitado como energia térmica, elétrica ou combustível veicular.

Os valores de metano apresentados na Tabela 2 expõem o acumulado durante o período do experimento. Na Figura 1A, verifica-se que o percentual de metano chegou a 75% e o valor máximo diário da produção de biogás ocorreu no segundo dia de incubação (1,2 L_{BIOGÁS}). Do 3º ao 6º dia, a produção manteve-se estável (0,60 a 0,62 L_{BIOGÁS}), diminuindo gradualmente, até o 17º dia.

A composição do biogás no 12º dia de incubação foi composta por dióxido de carbono – CO₂ (19,25 ± 1,18 %), oxigênio – O₂ (1,96 ± 0,38 %), nitrogênio – N₂ (6,00 ± 0,59 %), metano – CH₄ (72,78 ± 0,67 %) e gás sulfídrico – H₂S (418,23 ± 151,73 ppm). O CH₄ e o CO₂ foram os gases com maior concentração na composição do biogás. Na Figura 1A, é possível identificar os percentuais diários de metano lidos pelo sensor específico de metano. Observando estes valores e comparando com a cromatografia gasosa, verifica-se que o percentual de metano lido pelo sensor no 12º dia de incubação foi igual (aproximadamente 72 %) ao resultado obtido na cromatografia gasosa. Segundo Possa (2013), a variação de O₂, H₂, H₂S e N₂ na composição do biogás pode ser de 0 a 2% (O₂), 0 a 1% (H₂), 0 a 3% (H₂S) e de 0 a 7% (N₂).



Inoculo (IN); Celulose Microcristalina (CM); Resíduo Sólido Orgânico Doméstico (RSOD).

Figura 1: Produção de biogás e metano diária do resíduo sólido orgânico doméstico.

Os percentuais de metano no 4º e 5º dia foi de 46% e 57% respectivamente, do 7º ao 14º dia variou entre 70% a 73%, no 15º dia obteve-se o percentual máximo de metano 75%, reduzindo a 70% até o 17º dia, atingindo uma média de 60% no período de experimento. Portanto, outros estudos que avaliaram o percentual de metano de resíduos sólidos urbanos encontraram percentuais de metano abaixo de 70%,

conforme descrito na Tabela 3.

Tabela 3: Ensaio de digestão anaeróbia de diferentes resíduos orgânicos.

Referência	Resíduos	Metano %
Lin et al. (2011)	Resíduos de frutas e vegetais e desperdício de alimentos	Entre 53,7% e 63,8%
Zhang et al. (2013)	Resíduos alimentares e esterco bovino	41%
Borowski (2015)	Resíduos sólidos urbanos e lodo de esgoto	Entre 58% e 66%
Ghosh et al. (2020)	Resíduos sólidos e lodo de esgoto	69,5%

Nos trabalhos de Lin et al. (2011) e Zhang et al. (2013) resíduos de frutas e desperdícios alimentares e resíduos alimentares e esterco bovino, respectivamente, a concentração de CH₄, ficou entre 53,7% a 63,8% e 41%, respectivamente. Já nos trabalhos realizados por Borowski (2015) e Ghosh et al. (2020), com valores 58% a 66% e 69,5%, respectivamente. Evidencia-se que, apenas o trabalho de Zhang et al. (2013), obteve média de CH₄, inferior, em relação a composição média de metano no biogás que é de 50% a 75% de CH₄ (IANNICELLI, 2008).

O biogás possui característica satisfatória como aproveitamento energético quando apresenta uma concentração média de 50% a 75% de CH₄, e de 25% a 40% de CO₂, pois na proporção de metano de aproximadamente 60% seu poder calorífico é cerca de 5.500 kcal/m³ (IANNICELLI, 2008). Portanto, a concentração máxima de CH₄ (>70 %) dos resíduos sólidos orgânicos de origem doméstica encontrada neste estudo, são satisfatórias para uso como fonte de energia renovável, uma vez que quanto maior a concentração de CH₄, maior é o poder calorífico (LIMA, 2005).

CONCLUSÕES

Os resultados de Potencial Bioquímico de Biogás e Metano dos resíduos sólidos orgânicos domésticos (resíduos novos-RN) mostraram que este material é de fácil assimilação pelos microrganismos envolvidos no processo de digestão anaeróbia e que possuem um elevado potencial energético. A eficiência da geração de metano no estudo foi semelhante a estudos anteriores, atingindo uma média 60% de metano com percentual máximo de 75%, este valor mostra que o resíduo sólido orgânico doméstico apresenta um potencial energético satisfatório para aproveitamento energético.

Os dados obtidos de potencial dos resíduos sólidos orgânicos domésticos de Maceió/AL podem servir como orientação para o desenvolvimento de projetos de biodigestores. Portanto, há necessidade de realizar novos ensaios de digestão anaeróbia em diferentes períodos do ano para obter um levantamento de dados mais completo, visto que estes resíduos apresentam elevada variedade, principalmente por ser uma região turística.

REFERÊNCIAS

ABAD, V.; AVILA, R.; VICENT, T.; FONT, X.. Promoting circular economy in the surroundings of an organic fraction of municipal solid waste anaerobic digestion treatment plant: Biogas production impact and economic factors. **Bioresource Technology**, v.283, p.10-17, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.03.064>

ALIBARDI, L.; COSSU, R.. Composition variability of the organic fraction of municipal solid waste and effects on hydrogen and methane production potentials. **Waste Manag**, v.36, p.147-155, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2014.11.019>

APHA; AWWA; WEF. American Public Health Association; American Water Works Association; World Economic Forum.

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20 ed. Washington, 1998.

AWASTHI, S. K.; JOSHI, R.; DHAR, H.; VERMA, S.; AWASTHI, M. K.; VARJANI, S.; SARSAIYA, S.; ZHANG, Z.; KUMAR, S.. Improving methane yield and quality via co-digestion of cow dung mixed with food waste. **Bioresource Technology**, v.251, p.259-263, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.12.063>

AZIZ, N. I. H. A.; HANAFIAH, M. M.. Life cycle analysis of biogas production from anaerobic digestion of palm oil mill effluente. **Renewable Energy**, v.145, p.847-857, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.06.084>

BALDACIN, A. C. S.; PINTO, G. M. F.. Biodigestão anaeróbia da vinhaça: aproveitamento energético do biogás. **Revista Eletrônica FACP**, São Paulo, v.3, n.7, 2015.

BALDÉ, H.; VANDERZAAG, A. C.; BURTT, S. D.; WAGNER-RIDDLE, C.; CROLLA, A.; DESJARDINS, R. L.; MACDONALD, D. J.. Methane emissions from digestate at an agricultural biogas plant. **Bioresource Technology**, v.216, n.9, p.914-922, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2016.06.031>

BORBA, P. F. S.; MARTINS, E. M.; CORREA, S. M.; RITTER, E.. Emissão de gases do efeito estufa de um aterro sanitário no Rio de Janeiro. **Eng. Sanit. Ambient.**, v.23, n.1, p.101-111, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522018167438>

BOROWSKI, S.. Co-digestion of the hydromechanically separated organic fraction of municipal solid waste with sewage sludge. **Journal of Environmental Management**, v. 147, p.87-94, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.09.013>

CASSINI, T. S.. **Digestão de Resíduos sólidos orgânicos e aproveitamento do biogás.** Rio de Janeiro: ABES, 2003.

DI MARIA, F.; SORDI, A.; CIRULLI, G.; MICALÉ, C.. Amount of energy recoverable from an existing sludge digester with the co-digestion with fruit and vegetable waste at reduced retention time. **Applied Energy**, v.150, p.9-14, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.01.146>

GE, X.; MATSUMOTO, T.; KEITH, L.; LI, Y.. Biogas energy production from tropical biomass wastes by anaerobic digestion. **Bioresour Technol**, v.169, p.38-44, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2014.06.067>

GHOSH, M. K.; KAPOOR, R.; KUMAR, S. S.; SINGH, L.; VIJAY, V.; VIJAY, V. K.; KUMAR, V.; THAKUR, I. S.. Enhanced biogas production from municipal solid waste via co-digestion with sewage sludge and metabolic pathway analysis. **Bioresource Technology**, v.296, n.122275, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.122275>

GUERINI FILHO, M.; LUMI, M.; HASAN, C.; MARDER, M.; LEITE, L. C. S.; KONRAD, O.. Energy recovery from wine sector wastes: A study about the biogas generation potential in a vineyard from Rio Grande do Sul, Brazil. **Sustainable Energy Technologies and Assessments**, v.29, p.44-49, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.seta.2018.06.006>

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J.. **Fundamentos de Física 2.** 8 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

HASAN, C.; FEITOSA, A. K.; SILVA, M. C. A.; MARDER, M.; KONRAD, O.. Produção de biogás a partir de resíduos agroindustriais: análise dos teores de sólidos totais, voláteis e fixos em amostras pré e pós-digestão anaeróbia. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v.8, n.1, p.257-273, 2019.

IANNICELLI, A. L.. **Reaproveitamento energético do biogás de uma indústria cervejeira.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade de Taubaté, São Paulo, 2008.

KONRAD, O.; AKWA, J. V.; KOCH, F. F.; LUMI, M.; TONETTO, J. F.. Quantification and characterization of the production of biogas from blends of agro-industrial wastes in a large-scale demonstration plant. **Acta Scientiarum Technology**, v.38, n.4, p.415-421, 2016. DOI: <https://doi.org/10.4025/actascitechnol.v38i4.28649>

KONRAD, O.; BEZAMA, A. B.; PRADES, T.; BACKES, G. M.; OECHSNER, H.. Enhancing the analytical capacity for biogas development in brazil: assessment of an original measurement system for low. **Engenharia Agrícola**, v.36, p.792-798, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v36n5p792-798/2016>

KUNZ, A.; PALHARES, J. C. P.. **A importância do correto procedimento de amostragem para avaliação das características dos dejetos de suínos.** Concórdia: EMBRAPA, 2004.

LIMA, F. P.. **Energia no tratamento de esgoto: análise tecnológica e institucional para conservação de energia e uso do biogás.** São Paulo: USP, 2005.

LIN, J.; ZUO, J.; GAN, L.; LI, P.; LIU, F.; WANG, K.; GAN, H.. Effects of mixture ratio on anaerobic co-digestion with fruit and vegetable waste and food waste of China. **Journal of Environmental Sciences**, v.23, p.1403-1408, 2011. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1001-0742\(10\)60572-4](https://doi.org/10.1016/S1001-0742(10)60572-4)

MALAGGI, M.; SOUZA, S. N. M.. Estimativa do Potencial de produção de biogás e energia da indústria de abate de frangos no Brasil. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v.3, p.151-162, 2014.

PAVI, S.; KRAMER, L. E.; GOMES, L. P.; MIRANDA, L. A. S.. Biogas production from co-digestion of organic fraction of municipal solid waste and fruit and vegetable waste. **Bioresource Technology**, v.228, p.362-367, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.01.003>

PEREIRA, L. C.; BALBINO, M. V.; VIANA, L. S.; FARIAS, N. S. N.; XAVIER, M. R. R.; RAMOS, W. Q. R.; CORREIO, J. A. C.. Estudo comparativo de biogás produzido com resíduos animais. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v.7, n.4, p.406-422, 2018.

PERS. Plano Estadual de Resíduos Sólidos. **Alagoas: Volume I, Tomo II.** PERS, 2016.

POSSA, R. D.. **Tecnologia alternativa para purificação do metano contido no biogás proveniente da digestão anaeróbica de dejetos de suínos.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2013.

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. DOI: <https://doi.org/10.1590/0104-6632.20140312s00002468>

SLORACH, P. C.; JESWANI, H. K.; CUÉLLAR-FRANCA, R.; AZAPAGIC, A.. Environmental sustainability of anaerobic digestion of household food waste. **Journal of Environmental Management**, v.236, p.798-814,2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.02.001>

SOARES, E. L. S. F.. **Estudo da Caracterização Gravimétrica e Poder Calorífico dos Resíduos Sólidos Urbanos**. Dissertação

(Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

STRASSBURG, U.; OLIVEIRA, N. M.; ROCHA JUNIOR, W. F.. Cadeia do biogás no Oeste do Paraná: à luz da nova economia institucional. In: SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 52. **Anais**. Goiânia, 2014.

ZHANG, C.; XIAO, G.; PENG, L.; SU, H.; TAN, T.. The anaerobic co-digestion of food waste and cattle manure. **Bioresource Technology**, v.129, p.170-176, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2012.10.138>

A CBPC – Companhia Brasileira de Produção Científica (CNPJ: 11.221.422/0001-03) detém os direitos materiais desta publicação. Os direitos referem-se à publicação do trabalho em qualquer parte do mundo, incluindo os direitos às renovações, expansões e disseminações da contribuição, bem como outros direitos subsidiários. Todos os trabalhos publicados eletronicamente poderão posteriormente ser publicados em coletâneas impressas sob coordenação da **Sustenere Publishing**, da Companhia Brasileira de Produção Científica e seus parceiros autorizados. Os (as) autores (as) preservam os direitos autorais, mas não têm permissão para a publicação da contribuição em outro meio, impresso ou digital, em português ou em tradução.