

# POTENCIAL ENERGÉTICO DO METANO ESTIMADO A PARTIR DOS RESÍDUOS ORGÂNICOS GERADOS NA CEASA DO MUNICÍPIO DE SÃO LUÍS, MA

Energy potential of estimated methane from organic wastes generated at the CEASA of the municipality of São Luís, MA

Clara da Penha Marte<sup>1</sup>, Lara Rosa Carvalho Campelo<sup>1</sup>, Welcky Breno da Silva de Jesus<sup>1</sup>, Maxwell Ferreira Lobato<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Curso de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal do Maranhão. Av. dos Portugueses, 1966. Vila Bacanga. CEP 65080-805. São Luis, MA. Brasil.

<sup>2</sup>Departamento de Engenharias. Universidade Federal Rural do Semiárido. Rua Gamaliel Martins Bezerra, 587. Alto da Alegria. CEP: 59515-000. Angicos, RN. Brasil.

Submetido em: 01.12.2021; Aceito em: 02.04.2022; Publicado em: 20.05.2022.

\*Autor para correspondência: wellobato@hotmail.com

**Resumo:** O descarte incorreto de frações orgânicas em locais inadequados ocasiona impactos negativos ao meio ambiente, entre eles, a geração de gases de efeito estufa, como o metano, além de trazer prejuízos econômicos. Conhecendo as orientações da Política Nacional de Resíduos Sólidos por meio da Lei Federal nº 12.305/2010, visando a destinação adequada e o reaproveitamento dos resíduos orgânicos, faz-se necessário a reutilização desses resíduos via digestão anaeróbia. Com isso, o objetivo deste trabalho foi estimar o potencial de geração de energia através do processo de biodigestão dos resíduos orgânicos gerados na CEASA-MA, no município de São Luís. Os resultados obtidos, mostram que a geração de resíduos orgânicos em 2020 foi de 2.321,66 T, o que equivale a produção de 585,18m<sup>3</sup> de CH<sub>4</sub>/dia. A análise mostrou que inicialmente será necessário o investimento de um valor maior, mas que a longo prazo a CEASA economizará cerca de R\$339.426, 45/ano e não precisará ter altos gastos desnecessários, como o transporte dos resíduos até o Aterro Sanitário Titara, situado no município de Rosário-MA, corroborando a aplicabilidade de um aparelho biodigestor na Central.

**Abstract:** The incorrect disposal of organic fractions in inappropriate places causes negative impacts on the environment, including the generation of greenhouse gases, such as methane, in addition to bringing economic losses. Knowing the guidelines of the National Policy on Solid Waste through Federal Law No. 12,305/2010, aiming at the proper destination and reuse of organic waste, it is necessary to reuse these wastes via anaerobic digestion. Thereby, the goal of this work was to estimate the potential of energy generation through the process of biodigestion of the organic residues generated in CEASA-MA, in the city of São Luís. The obtained results show that the generation of organic residues in 2020 was 2,321.66 T, which is equivalent to the production of 585.18 m<sup>3</sup> of CH<sub>4</sub>/day. The analysis showed that initially it will be necessary to invest a greater amount, but that in the long term CEASA will save around R\$339,426.45/year and will not need to have high unnecessary expenses, such as transporting waste to the Titara Sanitary Landfill, located in the city of Rosário-MA, corroborating the applicability of a biodigestor device in the Central.

**Palavras-chave:** Resíduos orgânicos; Potencial Energético; Metano; Biodigestor; Ceasa.

**Keywords:** Organic waste; Energy Potential; Methane; Biodigester; Ceasa.

## INTRODUÇÃO

O rápido crescimento populacional fez com que a demanda por alimentos e produtos crescesse com a mesma velocidade, tendo como principal problema o aumento na taxa de geração de resíduos orgânicos. Segundo o ReciclaSampa (2018), em média, todas as cidades do planeta acumulam cerca de 1,3 bilhão de toneladas de resíduos sólidos por ano, estimando 1,2 quilo de resíduos por pessoa, diariamente. Estima-se que até 2025 o acúmulo de materiais chegue a 2,2 bilhões de toneladas. Logo o excesso desses resíduos tem se tornado um grande problema dos centros urbanos, além de ser um grande responsável pela poluição ambiental na atualidade.

O Dicionário Brasileiro de Ciências Ambientais, define os resíduos de acordo com suas características, composição química e fonte geradora. Dentro dessa classificação, os resíduos podem ser secos ou molhados, sólidos ou semi-sólidos, orgânicos ou inorgânicos e vir de diferentes fontes, como hospitalar e domiciliar. Finalmente, ainda tem a classificação da NBR 10.004 que faz a divisão em perigosos, inertes e não inertes (LIMA-E-SILVA *et al.*, 2002).

Para a transformação desses resíduos em energia, é necessário o recolhimento, tratamento e descarte correto, que podem ser viabilizados em biodigestores, onde os resíduos orgânicos passam por um processo anaeróbico, com objetivo de alterar a estrutura bioquímica do resíduo, reduzindo microrganismos patogênicos, produzindo gases (biogás) como metano, biofertilizantes (matéria orgânica estabilizada) e gerando menos poluentes (MIOLINO, *et al.* 2012). A biodigestão ocorre na ausência de oxigênio molecular, onde se tem consórcios de diferentes tipos de microrganismos, interagindo estreitamente para promover a transformação de composto orgânico complexo em compostos mais simples. Como produto desse processo tem-se então o gás metano e o biogás como subproduto (MIN *et al.*, 2013).

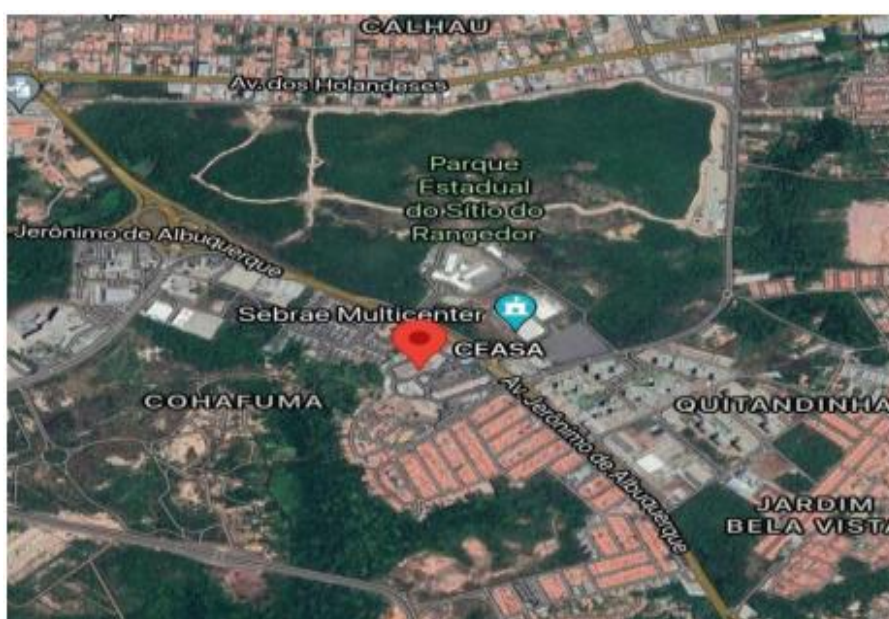
Para as CEASAS (Centrais Estaduais de Abastecimento) espalhadas pelo Brasil, essa fonte de geração de energia limpa seria uma forte alternativa, principalmente pela grande quantidade de resíduos orgânicos que são gerados e descartados diária, semanal e anualmente, que se aproxima da faixa de milhares de toneladas. Dentre algumas das vantagens do uso dessa energia limpa, pode-se citar, por exemplo, a redução na quantidade de eletricidade comprada da concessionária, possibilidade de uso de processos de cogeração, redução das emissões de metano para a atmosfera, pois este também é um importante gás de efeito estufa, créditos de carbono, redução de odores e principalmente fatores econômicos, por ser, a longo prazo, uma fonte extremamente barata (SALOMON, 2005).

Isto posto, o presente trabalho teve como objetivo estimar o potencial de geração de energia através do processo de biodigestão dos resíduos orgânicos gerados na CEASA-MA, no município de São Luís, no ano de 2020, com a finalidade de analisar a possibilidade de instalação de um biodigestor na Central.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Local de estudo

A CEASA é responsável por promover a comercialização de produtos da hortifruticultura, a nível de atacado, para todo o estado do Maranhão, sendo assim possui um grande potencial de produção de resíduos orgânicos, ideal para a produção de biogás e consequentemente geração de energia. A CEASA se encontra localizada na capital São Luís, mais precisamente na avenida Jerônimo de Albuquerque, nº 53 - Cohafuma, Cep 65071-750. Como mostra a figura 1 a seguir:



**Figura 1.** Localização CEASA - São Luís, Maranhão. Fonte: Google Maps, 2021.

Os principais produtos comercializados na CEASA são os hortifrutigranjeiros, sendo distribuídos por 196 boxes ativos, dispostos em uma área de 76.226,8741m<sup>2</sup>. A disponibilidade de espaço e o grande número de comerciantes, fazem da Ceasa uma das maiores distribuidoras de produtos hortifrutigranjeiros de São Luís.

### Levantamento de dados

A coleta de dados para a elaboração do presente trabalho se deu através de visitas ao Centro de Abastecimento de Hortifrutigranjeiros e entrevistas com os responsáveis pela cooperativa. O presidente da cooperativa forneceu os dados para a quantificação dos resíduos da CEASA- MA, conforme Tabela 1.

**Tabela 1.** Relatório Coleta de Lixo Cohortifruiti.

RELATÓRIO DE COLETA LIXO TITARA COHORTIFRUT/CEASA - 2020

DATA DA COLETA	QUANTIDADE EM TONELADAS (T)
01/01/2020 - 31/01/2020	185,62
01/02/2020 - 29/02/2020	272,50
01/03/2020 - 31/03/2020	199,11
01/04/2020 - 30/04/2020	202,85
01/05/2020 - 31/05/2020	174,87
01/06/2020 - 30/06/2020	170,63
01/07/2020 - 31/07/2020	387,34
01/08/2020 - 31/08/2020	175,36
01/10/2020 - 31/10/2020	229,30
01/12/2020 - 31/12/2020	324,09

TOTAL = 2321,67

Fonte: Adaptada (CEASA, 2020)

De acordo com o relatório acima, é possível perceber que em alguns meses do ano de 2020 não houve coleta, isso em razão da baixa quantidade de resíduos, fazendo com que o presidente da cooperativa optasse por realizar a coleta somente quando houvesse uma quantidade maior, já que o reservatório destinado aos resíduos possui grande capacidade de armazenamento.

Para a composição de sólidos voláteis (SV), informação fundamental para os cálculos da estimativa da quantidade de metano nos resíduos sólidos, utilizou-se uma média aritmética simples dos valores encontrados por diversos autores, conforme sugerido por Rocha (2016) e explicitado na Tabela 2.

**Tabela 2.** Composição de Sólidos Voláteis característica dos resíduos alimentares

Autor	Zhang et al (2006)	Li et al (2011)	Zhang et al (2011)	Browne et al (2012)	Zhang et al (2013)
SV (%)	26,4	22,6	17,1	27,6	21,0

Fonte: ROCHA (2016)

Ainda de acordo com Rocha (2016), a metodologia usada para estimar o potencial energético de biogás, baseia-se nas etapas descritas a seguir.

Para a estimativa da massa de Sólidos Voláteis diários, foi utilizada a Equação 1.

$$MSV = \frac{T_{\text{Resíduo}}(T) \times 1000}{N^{\circ} \text{dias}} \times \%SV \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

MSV = Massa de Sólidos Voláteis diária (Kg/dia)

$T_{\text{Resíduo}}$  = Massa Total de resíduos

%SV = Porcentagem de sólidos voláteis

Segundo (FERREIRA, 2015 e KUBASKÁ et al, 2010), uma tonelada de Sólidos Voláteis (SV) produz em média um volume de 400m<sup>3</sup> de CH<sub>4</sub>. Portanto, para o cálculo da produção diária do metano em volume, foi utilizada a Equação 2.

$$V_{CH_4} = \frac{MSV}{1000} \times V_{CH_4} \quad \text{Equação 2}$$

Onde:

$V_{CH_4}$  = Volume diário de metano (m<sup>3</sup>/dia)

MSV = Massa de Sólidos Voláteis diária

$V_{CH_4}$  = Volume de metano por tonelada de SV(m<sup>3</sup>)

Conforme COLDEBELLA.et.al (2006), o metano, em condições normais de temperatura e pressão (CNTP), tem um poder calorífico inferior (PCI) de 9,9 kWh/m<sup>3</sup>. Sabendo disso, para fazer a estimativa do potencial energético do gás metano produzido, em kWh/dia, utilizou-se a Equação 3.

$$CPI_{CH_4} = V_{CH_4} \times CPI_{CH_4}(CNTP) \quad \text{Equação 3}$$

Onde:

$CPI_{CH_4}$  = Poder calorífico inferior do metano

$V_{CH_4}$  = volume diário de metano (m<sup>3</sup>/dia)

$CPI_{CH_4}(CNTP)$  = Poder calorífico inferior do metano em condições normais de temperatura (CNTP)

De acordo com CCE (2000), a eficiência de conversão do biogás em energia elétrica com grupos geradores (motores ciclo Otto) é de aproximadamente 25%. Sendo assim, a produção real e anual de energia foi calculada de acordo com a Equação 4 e 5, respectivamente.

$$Produção\ real\ de\ CH_4 = CPI_{CH_4} \times \frac{25}{100} \quad \text{Equação 4}$$

Onde:

CH<sub>4</sub> = Metano

$CPI_{CH_4}$  = Poder calorífico inferior do metano

$$Produção\ anual\ de\ CH_4 = Produção\ real\ de\ CH_4 \times 365\ dias \quad \text{Equação 5}$$

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Estimativa da produção energética a partir do Metano

De acordo com as etapas anteriores propostas por Rocha (2016), os resultados podem ser observados a seguir (Quadro 1).

**Quadro 1.** Produção estimada de Energia.

<b>Etapas</b>	<b>Resultados</b>
Média SV (%)	23
MSV (kg/dia)	630,73
V CH <sub>4</sub> (m <sup>3</sup> /dia)	585,18
CPICH <sub>4</sub> (Kwh/dia)	585,18
<b>Produção Real CH<sub>4</sub> (Kwh/Dia)</b>	<b>1.448,34</b>
<b>Produção Mensal CH<sub>4</sub> (Kwh/mês)</b>	<b>43.450,20</b>
<b>Produção Anual CH<sub>4</sub> (Kwh/Ano)</b>	<b>528.644,00</b>

A porcentagem média dos Sólidos Voláteis foi calculada em 23%. Desta forma, a massa de Sólidos Voláteis do material analisado foi de 630,73 Kg/dia ou 230.216,46 kg/ano. Segundo Ferreira (2015) e Kabuská *et al* (2010), 1 tonelada de SV gera 400m<sup>3</sup> de metano, então, fazendo-se a conversão, chegou-se a uma produção de CH<sub>4</sub> igual a 585,18 m<sup>3</sup>/dia ou 213.590,70 kg/ano. Como o Poder Calorífico Inferior do Metano foi calculado em 585,18 Kwh/Dia, foi estimada uma produção energética de 1.448,34 Kwh/dia ou 43.450,2 kWh/mês. Essa produção - levando em consideração que, segundo a Copel (Companhia Paraense de Energia), em 2020, o consumo médio mensal de energia elétrica por residência brasileira foi de 167 kWh - a geração de energia proveniente do metano por mês, tornaria possível fornecer energia para aproximadamente 260 casas.

### **Aproveitamento do biogás produzido como energia elétrica na CEASA**

Considerando o valor estipulado pela ANEEL (2017), a tarifa de energia a ser paga pela CEASA (tarifa comercial) por kWh é de R\$ 0,64207. Com isso, estimou-se que a Central possa ter uma economia de R\$ 339.426,45, caso ela opte por esse estilo de produção de energia renovável. Por conseguinte, desconsiderando os custos desde a aquisição até as etapas do processo de produção de energia, tem-se uma economia anual de mais de trezentos mil reais. Com relação ao transporte, o gasto anual para o traslado dos resíduos da CEASA até o aterro Titara foi de R\$181.228,88 (valor disponibilizado pela CEASA), gasto que não se faria necessário com a instalação do projeto de biodigestor. Porém é importante conhecer os custos iniciais de instalação que, de acordo com a Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2008), é de aproximadamente R\$ 290.000,00 (duzentos e noventa mil reais) por tonelada de resíduo, por dia. Além disso existe o custo com operação, que segundo EPE (2008) custa 70 (setenta reais) por tonelada de resíduo. Por fim, apesar do alto custo inicial na produção do biodigestor, de acordo com Moura (2017) o tempo de vida útil dessas plantas é de 20 anos, em média, para projetos de disposição de resíduos. Logo, o que se pode perceber é que para a instalação de um biodigestor, a CEASA deverá dispor de um valor inicialmente alto, porém a longo prazo essa instalação se mostra bastante promissora.

## CONCLUSÃO

A partir da análise do potencial energético do gás metano gerado por conta da quantidade de SV presente nos resíduos sólidos orgânicos, pode-se dizer que, um equipamento biodigestor atuando na CEASA seria de grande ganho, pois além do suprimento de energia tem-se também a economia a partir do transporte de resíduos sólidos. Resíduos esses que passariam a ter uma nova gestão, visto que, se mal dispostos, podem acarretar diversas complicações, como por exemplo a poluição visual, poluição da água, poluição do solo, mal cheiro e acúmulo de vetores de doenças.

## AGRADECIMENTOS

A Deus pela superação das dificuldades durante todo o percurso até aqui, aos familiares e amigos pelo apoio dado, o que tornou a caminhada possível e mais leve, ao presidente da CEASA, Francisco Estrela, e sua assistente, Rose, pela cordialidade e suporte que tornou possível a realização deste presente trabalho, ao nosso orientador, o Professor Dr. Maxwell Ferreira Lobato, pela assistência fornecida para o desenvolvimento da pesquisa, e por fim, agradecemos também um ao outro pelo empenho, esforço e trabalho em equipe que tornaram possível a conclusão deste estudo. E a todos que participaram da nossa jornada de forma direta ou indireta, gratidão.

## REFERÊNCIAS

- ANEEL [Agência Nacional de Energia Elétrica]. **Tarifas Consumidores**, 2017 [acesso 25 ago. 2021]. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/tarifasconsumidores>.
- COLDEBELLA A, SOUZA SN, SOUZA J, KOHELER AC. **Viabilidade da cogeração de energia elétrica com biogás da bonivocultura de leite. Encontro de energia no meio rural**, 6, Campinas, SP. 2006
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA EPE. **Aproveitamento Energético dos Resíduos Sólidos Urbanos de Campo Grande, MS**. Rio de Janeiro, 2008.
- FERREIRA BO. **Avaliação de um sistema de metanização de resíduos alimentares com vistas ao aproveitamento energético do biogás**. Escola de Engenharia da UFMG, Belo Horizonte. 117 p. 2015.
- KUBASKÁ, M; SEDLÁČEK, S; BODÍK, I; KISSOVÁ, B. **Food Waste as Biodegradable Substrates for Biogas Production**. International Conference of Slovak Society of Chemical Engineering, Slovakia, 2010.
- LIMA-E-SILVA, P. P. **Dicionário brasileiro de ciências ambientais**. Rio de Janeiro, 204-205, 2002.
- RECICLASAMPA. **O Lixo do mundo dobrará de volume até 2025**. 2018. Disponível em: <https://www.reciclasampa.com.br/artigo/lixo-do-mundo-dobrara-de-volume-ate-2025>. [acesso 4 set. 2021].
- MIN, H; KYU, S; HYUB, J; MOON, J. **Bioresource Technology Microbial community structure in a thermophilic aerobic digester used as a sludge pretreatment process for the mesophilic anaerobic digestion and the enhancement of methane production**. Bioresource Technology. 80–89, 2013.
- MIOLINO, A. **Biomethane production by anaerobic digestion of organic waste**. Fuel, 3, 2012 [acesso 20 dez. 2015].
- MOURA RP. **Avaliação do potencial de geração de energia a partir dos resíduos orgânicos do restaurante universitário da UFRJ**. Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 73, 2017.
- ROCHA, CM. **Proposta de implantação de um biodigestor anaeróbio de resíduos alimentares**. Juiz de Fora: Universidade federal de Juiz de Fora, 61, 2016.
- SALOMON, K. Estimativa do potencial de geração de energia elétrica para diferentes fontes de biogás no Brasil. **Revista Biomassa e energia**. Itajubá, 2, 57-67, 2006.
- SANTOS, P. **Guia Técnico do Biogás**. Centro para a Conservação de Energia, 101-109, 2000.

