



**ANÁLISE DA IMPLANTAÇÃO DE UM BIODIGESTOR: ESTUDO DE CASO NA  
ÁREA CENTRAL DE ITACOATIARA/AM**

*ANALYSIS OF THE IMPLEMENTATION OF A BIODIGESTOR: A CASE STUDY IN  
THE CENTRAL AREA OF ITACOATIARA/AM*

**Bruna Karoline Rolim Viegas**

Universidade Federal do Amazonas – UFAM, Brasil  
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9445-469X>  
E-mail: [bruna.viegas83@gmail.com](mailto:bruna.viegas83@gmail.com)

**Gabriel dos Anjos Guimarães**

Universidade Federal do Pará – UFPA, Brasil  
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-4491-9727>  
E-mail: [gaguimaraes09@gmail.com](mailto:gaguimaraes09@gmail.com)

**Ricardo Takashi Kuwano**

Universidade Federal do Amazonas – UFAM, Brasil  
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8602-7284>  
E-mail: [rkuwano@ufam.edu.br](mailto:rkuwano@ufam.edu.br)

**Benone Otávio Souza de Oliveira**

Universidade Federal do Amazonas – UFAM, Brasil  
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5404-0409>  
E-mail: [benone@ufam.edu.br](mailto:benone@ufam.edu.br)

**Rodrigo Couto Alves**

Universidade Federal do Amazonas – UFAM, Brasil  
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-7452-9455>  
E-mail: [rcouto@ufam.edu.br](mailto:rcouto@ufam.edu.br)

**Submetido:** 9 fev. 2023

**Aprovado:** 6 mar. 2023

**Publicado:** 17 abr. 2023

**E-mail para correspondência:**

[rcouto@ufam.edu.br](mailto:rcouto@ufam.edu.br)

**Resumo:** O trabalho objetivou analisar a implantação de um biodigestor para os resíduos sólidos orgânicos (RSO) gerados de um bairro do município de Itacoatiara, Amazonas. O processo metodológico para analisar o potencial do biogás, a identificação dos parâmetros e os potenciais benefícios ambientais foram baseados em banco de dados da literatura científica. Os resultados demonstraram que a quantidade de RSO gerada na área de estudo foi de 1,441 t dia<sup>-1</sup>, o que permitiu uma produção diária de 132,57 m<sup>3</sup> dia<sup>-1</sup> de metano, perfazendo uma produção mensal de energia equivalente a 9.843,9 kWh mês<sup>-1</sup> que poderia atender 51 residências. Além disso, os resultados apontaram que o biodigestor teria um volume de 129,9 m<sup>3</sup>. A partir desta pesquisa, foi possível inferir que a inovação de fontes energéticas, como a implantação de biodigestores, pode gerar uma quantidade considerável



de energia, além de reduzir os danos ambientais, sociais e econômicos. Para tanto, é importante destacar a necessidade de estudos para analisar o impacto que os biodigestores ocasionariam considerando o aproveitamento de RSO de todo o município e mensurar os retornos econômico de sua implantação.

**Palavras-chave:** Resíduos Sólidos. Fração Orgânica. Digestão Anaeróbia. Biogás. Região Amazônica.

**Abstract:** The study aimed to analyze the implementation of a biodigester for organic solid waste (OSW) generated in a neighborhood in the municipality of Itacoatiara, Amazonas. The methodological process to analyze the potential of biogas, the identification of parameters and the potential environmental benefits were based on a database of scientific literature. The results showed that the amount of OSW generated in the study area was 1,441 t day<sup>-1</sup>, which allowed a daily production of 132.57 m<sup>3</sup> day<sup>-1</sup> of methane, making a monthly energy production equivalent to 9,843.9 kWh month<sup>-1</sup> that could serve 51 households. In addition, the results showed that the biodigester would have a volume of 129.9 m<sup>3</sup>. From this research, it was possible to infer that the innovation of energy sources, such as the implementation of biodigesters, can generate a considerable amount of energy, in addition to reducing environmental, social and economic damages. Therefore, it is important to highlight the need for studies to analyze the impact that biodigesters would cause considering the use of OSW in the entire municipality and measure the economic returns of its implementation.

**Keywords:** Solid Waste. Organic Fraction. Anaerobic Digestion. Biogas. Amazon Region.

## Introdução

O avanço da tecnologia promoveu a redução da vida útil dos produtos <sup>(1)</sup>, aumentando a quantidade de resíduos gerados e dificultando as formas do manejo, tratamento e a disposição final <sup>(2)</sup>. Segundo Arbulú *et al.* <sup>(3)</sup> se torna evidente o manejo adequado dos resíduos sólidos por meios de técnicas de tratamento (aterro sanitário, compostagem, reciclagem, incineração, biodigestão e outros), visando atender a demandas administrativas, econômicas, sociais e minimizar os impactos ambientais oriundo da composição diversificada dos resíduos.

De acordo com o panorama relatado pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), em 2022 a geração dos RSU no Brasil foi de 81,8 milhões de toneladas, com uma geração per capita de 381 kg/hab/ano. Além disso, os RSU coletados em 2022 foi de 76,1 milhões de toneladas, com uma cobertura de coleta de 93% no país, destacando que 5,6 milhões de toneladas de RSU não foram objeto de coleta e, conseqüentemente, tiveram um destino inadequado <sup>(4)</sup>. Segundo Guimarães e Batista <sup>(5)</sup>, alguns fatores influenciam na geração dos resíduos sólidos, a exemplo do modo



de vida dos habitantes, crescimento populacional, aumento da expectativa de vida da população, urbanização intensa e o surgimento de novas tecnologias que viabilizam a produção exponencial de bens de consumo não duráveis.

Frente a este cenário, a responsabilidade compartilhada estabelecida pela Lei Federal nº 12.305/2010, que institui a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS), sugere que o poder público, assim como a sociedade e empresas sejam responsáveis pela gestão ambientalmente adequada dos resíduos sólidos, buscando soluções e que presumem a prevenção, a redução, o reuso, a coleta, a segregação, o tratamento e a disposição final adequada <sup>(6)</sup>. No âmbito estadual, o manejo adequado dos resíduos sólidos está amparado pela Lei nº 4.457/2017 estabelecendo a Política Estadual de Resíduos Sólidos do Amazonas (PERS/AM), sendo que também traz diretrizes, objetivos e instrumentos similares à PNRS <sup>(7)</sup>.

No que se trata sobre a avaliação qualitativa dos RSU, os resíduos orgânicos (RSO) apresentam percentuais superiores a 51,4% no Brasil <sup>(9)</sup>, onde muitas das vezes acabam sendo misturados com os demais resíduos, aumentando a quantidade de rejeito que será disposto em aterros sanitários ou em locais inadequados, tais como aterro controlado e lixões <sup>(10)</sup>.

Considerando o alto potencial da geração de RSO, uma alternativa que pode reduzir a produção é o processamento da biomassa presente nos resíduos, por meio do método da biodigestão anaeróbia <sup>(11)</sup>. Além disso, Santos *et al.* <sup>(12)</sup> destacam que nos últimos anos, em virtude da alta demanda energética, o governo federal brasileiro vem promovendo iniciativas para novas fontes energéticas visando a redução do impacto ambiental, social e econômico. Os mesmos autores, destacam que as biomassas constituem como uma das fontes mais promissora para fins de produção de energia elétrica, assim, tem se motivado o desenvolvimento e a difusão de biodigestores <sup>(12)</sup>.

A biomassa tem grande potencial, por causa de seus benefícios ambientais, sociais e econômicos, além do apoio público e incentivos governamentais, porém, para aproveitar esse potencial são necessárias diversas ações e entre as quais a superação de barreiras do conhecimento, econômicas e regulatórias <sup>(13)</sup>. Em contraste, a técnica possibilita o aproveitamento do biogás e biofertilizante a partir da degradação dos RSO <sup>(14)</sup>, além de contribuir significativamente para minimização diversos impactos à saúde e ao meio



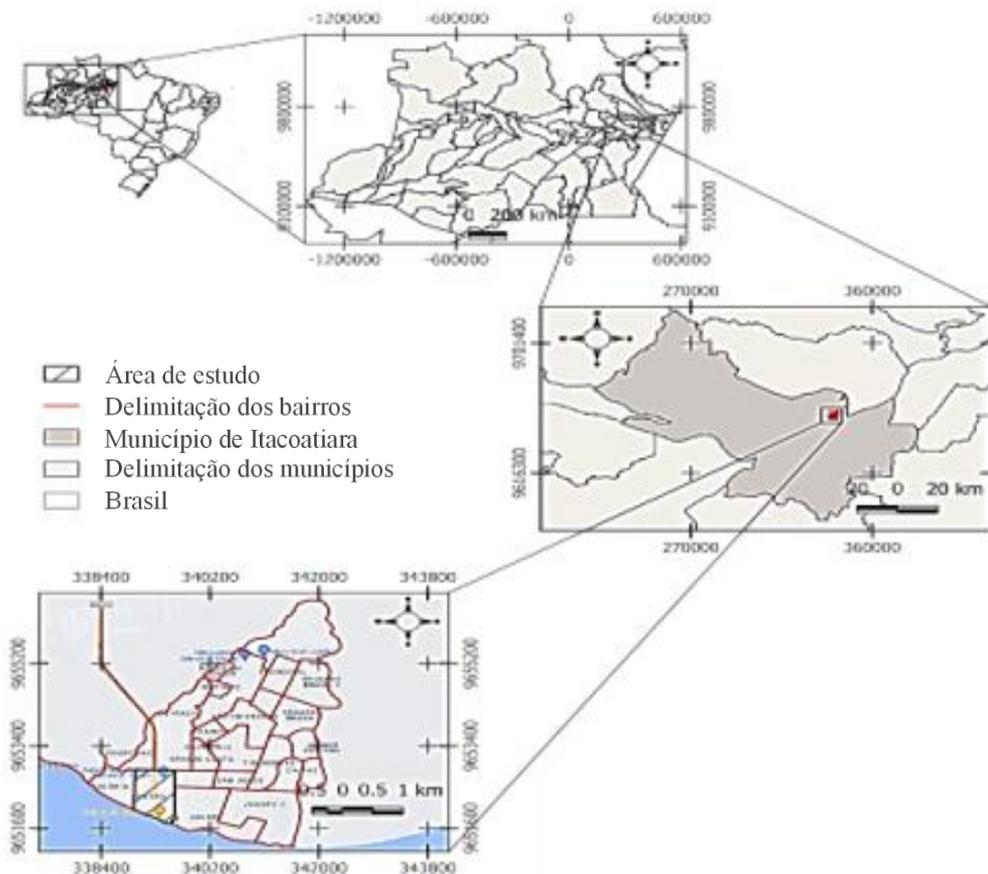
ambiente, a exemplo da poluição do ar, emissão de gases de efeito estufa (GEE), odores e poluição de águas superficiais e subterrâneas <sup>(15)</sup>.

Diante dessa problemática, este trabalho vem contribuir com uma proposta para a destinação final dos RSO gerados em um bairro na cidade de Itacoatiara, Amazonas, mediante a análise do potencial de geração de biogás e identificar os benefícios ambientais do biodigestor.

## **Metodologia**

### **Caracterização da área de estudo**

O município de Itacoatiara, localizado na Região Metropolitana de Manaus, no estado do Amazonas, possui uma área de 8.891,906 km<sup>2</sup>, tendo como divisas os municípios: ao Norte, Itapiranga, ao Sul, Autazes, a Leste, Urucurituba e a Oeste, Rio Preto da Eva, além de estar situado a 269,9 km da capital do estado. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE) as estimativas mais recentes mostram que, no ano de 2021, a população era de 104.046 habitantes <sup>(16)</sup>. De acordo com Amazonas <sup>(8)</sup>, o município abrange 38 bairros, no qual a coleta de resíduos consegue alcançar em sua totalidade, onde é realizado sob responsabilidade da Secretaria Municipal de Infraestrutura. O município contém um lixão a céu aberto, onde todos os resíduos são dispostos em uma área de 17,43 há <sup>(8)</sup>. Para tanto, a pesquisa foi conduzida em um bairro central do município de Itacoatiara/AM (Figura 1), sendo esse de fundamental importância e grande gerador dos RSO.

**Figura 1 – Localização da área de estudo**

Fonte: Os autores (2023).

## Potencial de geração e de utilização do biogás

### Geração de RSO

O levantamento de dados da caracterização dos RSO foi adquirido através de dados secundários, conforme apresentado no estudo de Guimarães e Batista <sup>(5)</sup>.

### Estimativa da quantidade de gás metano produzido a partir do teor de degradabilidade do substrato afluente

As estimativas dos Sólidos Totais Voláteis (SV) e da quantidade de gás metano foram baseadas em dados secundários através dos estudos de Rocha <sup>(17)</sup> e Ferreira <sup>(18)</sup>. O



percentual médio dos SV de RSO utilizado no presente estudo foi de 23% <sup>(17)</sup>. A produção de gás metano foi estimada através do estudo de Ferreira <sup>(18)</sup>, onde uma tonelada de SV produz em média um volume de 400 m<sup>3</sup> de CH<sub>4</sub>.

A partir da quantidade teórica de biogás gerado por um biodigestor foi calculado o seu potencial energético. De acordo, com Coldebella *et al.* <sup>(19)</sup>, o metano apresenta um Poder Calorífico Inferior (CPI) de 9,9 kwh/m<sup>3</sup>, se o teor variar entre 50% a 80%, o biogás poderá ter um poder calorífico entre 4,95 e 7,92 kwh/m<sup>3</sup>. Estudos realizados pela Centro para Conservação de Energia <sup>(20)</sup> apontam que na conversão do biogás em energia elétrica a sua eficiência com grupos geradores (motores ciclo Otto) é de 25%.

### Parâmetros operacionais do biodigestor

Para o presente estudo foi utilizado como forma de implantação um biodigestor de digestão úmida e contínua. De acordo com Probiogás <sup>(21)</sup>, recomenda-se este tipo de biodigestor para RSO, pois estes resíduos úmidos apresentam maior taxa de produção de biogás seguido de estabilidade no processo, estando livre de impurezas como os metais, areia, pedras e vidros. E para iniciar o dimensionamento do biodigestor, o ponto de partida foi verificar a viabilidade do volume necessário para o mesmo.

### Volume de água necessário

A carga de SV determinada para ser adicionada diariamente no biodigestor foi de 25%, média estabelecida por Rocha <sup>(17)</sup> para o tratamento de RSO gerados, sendo apresentada pela seguinte expressão matemática (Equação 1):

Eq. 1

$$C_{st} = \frac{Pd \times ST_i}{100}$$

Onde:

C<sub>ST</sub>= Carga de SV adicionada diariamente no biodigestor (Kg dia<sup>-1</sup>);

Pd= Produção diária de resíduo (Kg dia<sup>-1</sup>);

ST<sub>i</sub> = Fração sólida do substrato inicial (%).



De posse do valor da  $C_{ST}$ , e sabendo-se que o substrato em tanque é necessário 15% de SV diluído, foi calculada a massa total de alimentação diária, dada pela seguinte expressão matemática (Equação 2):

Eq.2

$$Mt = \frac{C_{st} \times 100}{ST_f}$$

Onde:

Mt= Massa total de alimentação diária (Kg dia<sup>-1</sup>);

$C_{st}$  = Carga de SV adicionada diariamente no biodigestor (Kg dia<sup>-1</sup>);

$ST_f$  = Fração sólida do substrato final (%).

### Volume do biodigestor

Para o cálculo do volume do biodigestor (Equação 3) foi considerado o valor da massa específica para RSO igual a 430 kg.m<sup>-3</sup>, tempo de detenção hidráulica de 30 dias e substratos à 15% de SV na vazão de água a ser adicionada <sup>(17)</sup>.

Eq. 3

$$VB = VC \times TDH$$

Onde:

VB= volume do biodigestor (m<sup>3</sup>);

VC= volume de carga diária (m<sup>3</sup> dia<sup>-1</sup>)

TDH= tempo de detenção hidráulica (dias).

Além disso, as dimensões do biodigestor para o presente estudo foram dimensionadas a partir da expressão matemática Equação 4:

Eq. 4

$$V = \pi \times r^2 \times H$$

Onde:

V= volume do biodigestor (m<sup>3</sup>);

r = raio (m);

H = altura (m).



### Carga orgânica volumétrica

A carga orgânica volumétrica (COV) é definida como a quantidade de massa aplicada diariamente ao reator, sendo por unidade de volume do reator <sup>(22)</sup>. O substrato pode apresentar uma medida pela Demanda Química de Oxigênio (DQO) e SV. Dessa forma, a carga orgânica volumétrica foi calculada baseada expressão matemática Equação 5.

Eq. 5

$$COV = \frac{Q \times S}{V}$$

Onde:

COV= Carga orgânica volumétrica (kg substrato/m<sup>3</sup>.dia);

Q = Vazão afluente do substrato (kg.m<sup>-3</sup>);

S = Concentração do substrato no afluente (kg.m<sup>-3</sup>);

V= Volume útil do reator (m<sup>3</sup>).

### Taxa de Produção de Gás (*Gas Production Rate – GPR*)

De acordo com Rocha <sup>(17)</sup>, o gás produzido se desenvolve através da unidade de volume de reator, para um determinado tempo. O cálculo para obtenção da GPR foi através da Equação 6:

Eq. 6

$$GPR = \frac{Q_{biogás}}{V}$$

Onde:

GPR = Taxa de produção de gás (m<sup>3</sup> gás/m<sup>3</sup> reator.dia);

Q<sub>biogás</sub> = Vazão de gás (m<sup>3</sup>.dia<sup>-1</sup>)

V= Volume útil do reator (m<sup>3</sup>).

## Resultados e Discussões

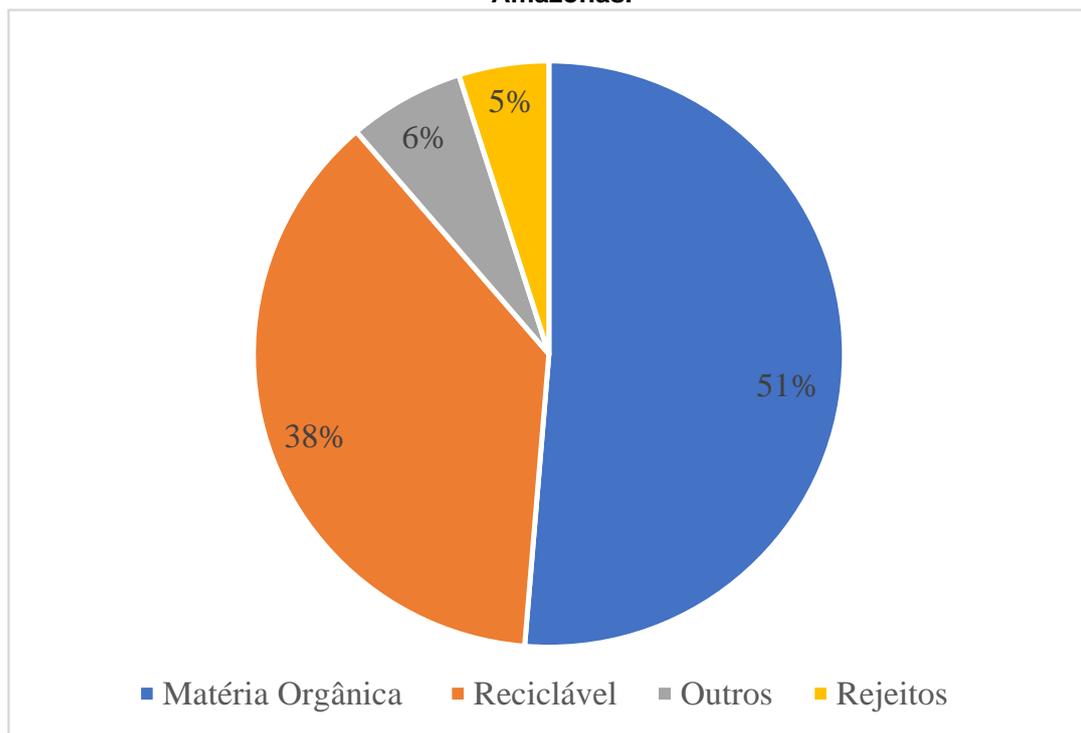
### Potencial de geração do gás metano

#### Geração de RSO

Um parâmetro de relevância para determinação do método de tratamento mais adequado para o processamento dos RSO é a composição gravimétrica <sup>(23)</sup>, assim, é possível estimar a fração orgânica dos resíduos gerados em um determinado local <sup>(5)</sup>.

Na Figura 2 os resultados apontam que os RSO gerados no município de Itacoatiara convergem com a realidade brasileira.

**Figura 2 – Composição gravimétrica dos resíduos sólidos gerados em bairros de Itacoatiara, Amazonas.**



Fonte: Adaptado de Guimarães e Batista <sup>(5)</sup>

De acordo com Guimarães e Batista <sup>(5)</sup>, a fração orgânica que é disposta no lixão de Itacoatiara-AM é composta por 51% do montante, seguida dos resíduos recicláveis (38%) e demais resíduos (11%). Segundo o CEMPRE <sup>(9)</sup> os resíduos sólidos coletados no Brasil,



apresentam um percentual de RSO de 51,4%, em sequência resíduos recicláveis com 31,9%, papel/papelão (13,1%), plásticos (13,5%) e outros resíduos (16,7%). Observa-se que o estudo utilizado para a composição gravimétrica nesta pesquisa encontra-se dentro da média nacional.

De acordo com Guimarães e Batista <sup>(5)</sup>, a região central do município de Itacoatiara/AM tem uma média de geração de resíduos sólidos de 14.910 kg dia<sup>-1</sup> que são dispostos no lixão municipal, sendo que deste, 7.651,81 kg dia<sup>-1</sup> são RSO.

Considerando o resultado da composição gravimétrica supracitada, observou-se a geração de RSO do Bairro do Centro, que, de acordo com o IBGE <sup>(16)</sup>, apresenta uma população de 2.808 habitantes, possui uma geração total de RSO de 1.441,06 kg dia<sup>-1</sup>.

### **Estimativa da quantidade de gás metano produzida**

De acordo com Rocha <sup>(17)</sup>, os RSO apresentam uma média de 23% dos sólidos voláteis na sua composição. Considerando a média de 1.441,06 kg dia<sup>-1</sup> de RSO, a quantidade de SV perfaz 331,44 kg SV/dia.

Para Ferreira <sup>(18)</sup>, uma tonelada de SV produz cerca de 400 m<sup>3</sup> de CH<sub>4</sub>, nas condições normais de temperatura e pressão (CNTP). Logo, a produção diária de metano foi de 132,57 m<sup>3</sup> dia<sup>-1</sup>. Essa produção está próxima do estudo de Araújo <sup>(24)</sup>, onde apresentou a eficiência do gás metano produzido, mostrando que é possível a utilização deste recurso para geração de energia.

### **Estimativa do potencial energético do gás metano produzido**

As turbinas a gás e os motores de combustão interna do tipo “Ciclo-Otto” são as tecnologias mais utilizadas para o tipo de conversão energética do biogás, onde Coldebella *et al.* <sup>(19)</sup>, relata que o CPI é de 9,9 kwh/m<sup>3</sup>, logo o potencial energético é de 1.312,52 kwh/dia. Além disso, em motores ciclo Otto a conversão do biogás em energia elétrica é de apenas 25% <sup>(20)</sup>, o que influencia em uma produção real de energia de 328,13 kwh/dia.

O consumo médio mensal das residências no Amazonas em 2019 foi de 192,1 kWh <sup>(25)</sup>. A produção mensal foi estimada em 9.843,9 kwh/mês, no qual seria possível atender a demanda energética de aproximadamente 51 residências. Rocha <sup>(17)</sup> apresentou que os resíduos gerados possuem potencial energético para abastecer 3 residências. O presente



estudo e o trabalho de Rocha <sup>(17)</sup>, mostram a viabilidade ambiental da utilização de energia a partir da conversão do biogás, o qual reduz custos com energia elétrica e minimiza os impactos ambientais sobre o meio ambiente.

### Dimensionamento do biodigestor

O dimensionamento do biodigestor consistiu em cálculos que envolve o volume de água, volume do biodigestor, carga orgânica volumétrica e a taxa de produção de gás.

### Cálculo do volume de água necessário

A carga de sólidos totais determinada para ser adicionada diariamente no biodigestor, foi de 25%, média estabelecida por Rocha <sup>(17)</sup> como forma de tratamento dos resíduos orgânicos gerados. Considerando a quantidade de 1.441,06 kg/ dia<sup>-1</sup>, obteve-se uma carga de sólidos totais ( $C_{ST}$ ) adicionada diariamente no biodigestor de 360,26 kg/ dia<sup>-1</sup>.

Para o tanque de digestão, diariamente é adicionado um total de 360,26 kg de sólidos totais. Sabendo-se que o substrato em tanque é necessário 15% de sólidos totais diluído, a massa total de alimentação diária foi de 2.401,73 kg.dia<sup>-1</sup>.

Por dia devem ser adicionados ao tanque de digestão 2.401,73 kg de resíduos. Sabendo-se que deste montante a quantidade de RSO é de 1.441,06 kg, o restante a ser adicionado é de água. De acordo com Rocha <sup>(17)</sup>, o cálculo do volume de água final a ser adicionado no tanque de digestão segue conforme a Tabela 1, considerando que a densidade da água é igual a 1000 kg m<sup>3</sup>.

**Tabela 1 – Volume de água final a ser adicionada no tanque de digestão**

Descrição	Cálculo utilizado
Peso da água a ser adicionado	$2.401,73 \text{ kg/dia} - 1.441,08 \text{ kg/dia} = 960,65 \text{ kg/dia}$
Volume de água a ser adicionado	$0,96065 \text{ m}^3 = 960,65 \text{ L}$

Fonte: Adaptado de Rocha <sup>(17)</sup>

Para o presente estudo, volume final de água a ser adicionada no tanque de digestão é de 960,65 litros. Esse resultado está de acordo com Rocha <sup>(17)</sup>, uma vez que dependendo da atividade a presença de água no tanque de digestão pode ser alterada.



### **Cálculo do volume do biodigestor**

Com a geração diária de 1.441,06 kg de RSO, foi estimado o valor de 3,35 m<sup>3</sup> de resíduo alimentar. Considerando que os substratos tenham seus 15% de SV na vazão de água a ser adicionada e ela sendo de 0,96065 m<sup>3</sup>, a vazão de carga diária foi de 4,31 m<sup>3</sup>/dia, logo o volume do biodigestor corresponde a 129,31 m<sup>3</sup>. De acordo com a Equação 4, o biodigestor do presente estudo possui uma altura de 5,49 m e o raio de 2,745 m, onde o volume a ser adotado é de 129,9 m<sup>3</sup>, por precaução caso o volume a ser adicionado no biodigestor seja maior que a demanda. O volume do biodigestor apresentado no presente estudo é superior aos estudos de Rocha <sup>(17)</sup> e Araújo <sup>(24)</sup>, sendo 1,676 m<sup>3</sup>/8,382 m<sup>3</sup> e 11,44 m<sup>3</sup>, respectivamente. Essa variação leva em conta principalmente a massa de resíduos e a origem, uma vez que o presente estudo relaciona um bairro urbano e os estudos de Rocha <sup>(17)</sup> e Araújo <sup>(24)</sup> são destinados a universidades.

### **Carga Orgânica Volumétrica**

Os parâmetros operacionais para obtenção da COV são obtidos através da DBO e SV. Neste caso, para a obtenção da COV em relação aos SV, foi utilizado na composição do substrato a fração de 23% de SV, sendo apresentado por:

$$SV = 331,44 \text{ Kg/dia}$$

$$S = 76,90 \text{ Kg/m}^3$$

$$COV = 2,551 \text{ Kg/m}^3 \times \text{dia}$$

A COV obtida no presente estudo está dentro do padrão relatado por Rocha <sup>(17)</sup>, uma vez que os reatores de via úmidas operem com a carga orgânica volumétrica variando entre 1 e 4 kgSV.m<sup>-3</sup>. dia<sup>-1</sup>.

### **Taxa de Produção de Gás**

Quanto a produção diária de gás metano pelo reator, foi observado uma geração de 1,025 m<sup>3</sup> gás/m<sup>3</sup> reator x dia, podendo ser utilizado em diversas atividades no hábito domiciliar. Esse resultado corrobora com Rocha <sup>(17)</sup>, onde a geração de gás metano pode ser utilizado para abastecimento de lâmpadas na instituição, bem como obter desconto na tarifa mensal do uso de energia.



### **Análise dos benefícios ambientais da biodigestão anaeróbia**

É notório a ocorrência de impactos ambientais e problemas de saúde entre a comunidade caso permaneça o descarte de forma irregular dos RSO <sup>(26)</sup>. O biogás resultante do processo de biodigestão dos resíduos pode ser utilizado geralmente como combustível ou para geração de energia renováveis <sup>(27)</sup>, oferecendo uma forma de desenvolvimento sustentável para o tratamento de RSO <sup>(28)</sup>.

A disposição final dos resíduos em aterros sanitários, aterros controlados e em lixões <sup>(29)</sup>, resultam no processo da biodigestão através da matéria orgânica desses resíduos, os quais geram chorume <sup>(30)</sup> e gases que devem ser coletados e tratados <sup>(31)</sup>. Nesse processo é gerado um gás que possui em sua composição 50% de metano, 40% de dióxido de carbono, 9% de nitrogênio e outros compostos, sendo fundamental a inserção de tecnologias limpas <sup>(31)</sup>.

Dentre essas tecnologias limpas, salienta-se o processo de biodigestão anaeróbica para os RSO como a forma mais adequada para o tratamento dos RSO <sup>(26)</sup>. Dentre os métodos disponíveis para o tratamento dos RSO, a biodigestão anaeróbica apresenta uma eficiência para curto ao longo prazo com geração de biogás como recurso energético <sup>(32)</sup>, substituindo combustíveis fósseis <sup>(33)</sup>, geração de eletricidade e a redução de emissão de dióxido de carbono sobre o meio ambiente <sup>(28)</sup>.

A utilização desse recurso onde a matéria orgânica pode ser convertida em fonte de energia utilizando o biogás, o qual traz impactos positivos na questão do aquecimento global <sup>(34)</sup>. Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) e óxido nitroso (NO<sub>2</sub>) são os gases de efeito estufa (GEE) mais conhecidos e dentre esses o mais nocivo é o CH<sub>4</sub>, atingindo um grau de radiação 21 vezes maior do que o CO<sub>2</sub> <sup>(31)</sup>, em função disso e para que o impacto sobre o efeito estufa seja minimizado é mais vantajoso queimá-lo, aproveitando seu potencial energético <sup>(34)</sup>.

Para Ferreira <sup>(35)</sup>, a utilização do biogás que é uma técnica ambientalmente adequada, possibilita na redução da economia de carbono presente na implantação de reatores anaeróbios para o tratamento de RSO, promovendo o desenvolvimento sustentável, por meio de benefícios ambientais, sociais e econômicos. Dessa forma, é comprovado que a biodigestão anaeróbia para a produção de biogás é um recurso de



fundamental importância para o meio ambiente <sup>(34)</sup> e que deve ser utilizado como método padrão para o tratamento dos RSO <sup>(26)</sup>.

### **Considerações Finais**

O município de Itacoatiara é um dos mais populosos do estado do Amazonas e por consequência é um dos maiores geradores de resíduos sólidos. Dentre os resíduos gerados, 51% são oriundos de RSO e com isso, apresenta um grande potencial para o aproveitamento desses resíduos como fonte alternativa de energia, bem como eliminar a sua disposição no lixão municipal.

A estimativa da quantidade de RSO gerados no Bairro Centro do município foi de 1.441,06 kg/dia, o que corresponde a uma geração energética de 9.843,9 kWh/mês, permitindo o atendimento da demanda energética de aproximadamente 51 residências. O biodigestor utilizado no presente estudo foi de digestão úmida e contínua, com uma capacidade volumétrica de 129,9 m<sup>3</sup>, ou seja, de grande porte.

O tratamento dos RSO através do método da biodigestão traz vários benefícios ambientais para o município, a exemplo da redução da massa de RSO a ser disposta inadequadamente no meio ambiente, geração de eletricidade e a redução de emissão de dióxido de carbono sobre o meio ambiente.

Desta forma, entende-se que, interpolando os dados estudados, a implantação de um biodigestor de grande porte em Itacoatiara, AM permitiria o aproveitamento do biogás como alternativa de fonte energética, assim como diminuiria consideravelmente a quantidade de RSO que estariam dispostos no lixão municipal, e conseqüentemente, a redução dos impactos ambientais causados nos meios abióticos e bióticos. Por fim, sugere-se a continuação deste estudo, buscando analisar a redução de custos e o retorno financeiro ocasionado na implantação de biodigestores que atendam à geração de RSO do município como um todo.

### **Referências**

1. Rossini V, Naspolini SHDF. Obsolescência programada e meio ambiente: a geração de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos. *Revista de Direito e Sustentabilidade*. 2017;3:51-71.



2. Nascimento VF, Sobral AC, Andrade PR, Ometto JPHB. Evolução e desafios no gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos no Brasil. *Revista Ambiente & Água*. 2015;10:889-902. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1635>.
3. Arbulú I, Lozano J, Rey-Maqueira J. The challenges of municipal solid waste management systems provided by public-private partnerships in mature tourist destinations: The case of Mallorca. *Waste Management*. 2016;51:252-258. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.03.007>.
4. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE). *Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2022*. [Citado 30 de dez. 2022]. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/panorama/>
5. Guimarães GA, Batista MM. Avaliação do potencial de reciclagem dos resíduos sólidos urbanos na região central do município de Itacoatiara/AM. *Revista gestão e sustentabilidade ambiental*. 2021;10(3):260-276. <https://doi.org/10.19177/rgsa.v10e32021260-276>
6. Brasil. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. [Citado em 2 ago. 2010]. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm)
7. Amazonas. Lei nº 4457 de 12 de abril de 2017. *Institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos do Amazonas - PERS/AM, e dá outras providências*. [Citado em 12 abr. 2017]. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=342337>
8. Amazonas GE. Secretaria de Estado do Meio Ambiente. Plano de resíduos sólidos e de coleta seletiva da região metropolitana de Manaus PRSCS-RMM. [Citado 30 set. 2017]. Disponível em: [https://www.academia.edu/36844981/Plano\\_de\\_Res%C3%ADduos\\_S%C3%B3lidos\\_e\\_Coleta\\_Seletiva\\_da\\_Regi%C3%A3o\\_Metropolitana\\_de\\_Manus\\_PRSCS\\_RMM](https://www.academia.edu/36844981/Plano_de_Res%C3%ADduos_S%C3%B3lidos_e_Coleta_Seletiva_da_Regi%C3%A3o_Metropolitana_de_Manus_PRSCS_RMM)
9. Compromisso Empresarial para Reciclagem (CEMPRE). *Review 2019*. [Citado 31 dez. 2019]. Disponível em: <https://cempre.org.br/cempre-review/>
10. Brasil. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento – SNS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS: Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos – 2019. [Citado 11 ago. 2022]. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/snis/diagnosticos-anteriores-do-snis/residuos-solidos-1/2019>
11. Silva ER, Toneli JTCL, Palacios-Bereche R. Estimativa do potencial de recuperação energética de resíduos sólidos urbanos usando modelos matemáticos de biodigestão anaeróbia e incineração. *Engenharia Sanitária Ambiental*. 2019;24:347-357. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522019179023>.
12. Santos EL, Barbosa JH, Melo MJ, Pereira Júnior DA, Medeiros CS, Santos IVVS. Uma alternativa energética e ambientalmente sustentável ao agricultor familiar: dia de campo



- sobre biodigestores rurais. *Diversitas Journal*. 2017;2:32-38.  
<https://doi.org/10.17648/diversitas-journal-v2i4.489>
13. Masip Y, Gutierrez A, Morales J, Campo A, Valín M. Sistema Integrado de Energias Renováveis Baseado no Modelo IREOM e Série Espaço-Temporal para Áreas Rurais Isoladas na Região de Valparaíso, Chile. *Energies*. 2019;12:1110.  
<https://doi.org/10.3390/en12061110>
  14. Yong ZJ, Bashir MJK, Hassan MS. Biogas and biofertilizer production from organic fraction municipal solid waste for sustainable circular economy and environmental protection in Malaysia. *Science of The Environment*. 2021;776:145961.  
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145961>
  15. Usmani Z, Sharma M, Awasthi AK, Sivakumar N, Lukk T, Pecoraro L, Thakur VK, Roberts D, Newbold, Gupta VK. Bioprocessing of waste biomass for sustainable product development and minimizing environmental impact. *Bioresource Technology*. 2021;322:124548.  
<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.124548>
  16. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Censo 2010. [Citado 1 fev. 2023]. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/am/itacoatiara.html>
  17. Rocha C. Proposta de Implantação de um Biodigestor Anaeróbio de Resíduos Alimentares [Monografia]. Minas Gerais: Universidade Federal de Juiz de Fora; 2016.
  18. Ferreira BO. Avaliação de um sistema de metanização de resíduos orgânicos alimentares com vistas ao aproveitamento energético do biogás [Dissertação]. Minas Gerais: Universidade Federal de Minas Gerais; 2015.
  19. Coldebella A, Souza SNM, Souza J, Koheler AC. Viabilidade da cogeração de energia elétrica com biogás da bonivocultura de leite. *Encontro de Energia no Meio Rural*. 2006.
  20. Centro para Conservação de Energia (CCE). Guia Técnico do Biogás. Amadora: Portugal; 2000.
  21. Probiogás. Projeto Brasil – Alemanha de Fomento ao Aproveitamento Energético do Biogás no Brasil. Ministério das Cidades. [Citado 3 ago. 2020]. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/probiogas>
  22. Chernicharo CAL. Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias. Reatores anaeróbios. 2 ed. Belo Horizonte: UFMG; 2007.
  23. Rezende JH, Carboni M, Murgel MAT, Capps ALAP, Teixeira HL, Simões GTC, Russi RR, Lourenço BLR, Oliveira CA. Composição gravimétrica e peso específico dos resíduos sólidos urbanos em Jaú (SP). *Engenharia Sanitária e Ambiental*. 2013;18:1-8.  
<https://doi.org/10.1590/S1413-41522013000100001>.
  24. Araújo APC. Produção de Biogás a Partir de Resíduos Orgânicos Utilizando Biodigestor Anaeróbio [Monografia]. Minas Gerais: Universidade Federal de Uberlândia; 2017.



25. Empresa de Pesquisa Energética (EPE). Resenha mensal do mercado de energia elétrica. [Citado 31 dez 2020]. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/resenha-mensal-do-mercado-de-energia-eletrica>
26. Chew KR, Leong HY, Khoo KS, Vo DVN, Anjum H, Chang CK, Show PL. Effects of anaerobic digestion of food waste on biogas production and environmental impacts: a review. *Environmental Chemistry Letters*. 2021;19:2921. <https://doi.org/10.1007/s10311-021-01220-z>
27. Labatut RA, Pronto JL. Sustainable Waste-to-Energy Technologies: Anaerobic Digestion. *Sustainable Food Waste-To-energy Systems*. 2018:47-67. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-8111157-4.00004-8>
28. Jin C, Sun S, Yang D, Sheng W, Ma Y, He W, Li C. Anaerobic digestion: An alternative resource treatment option for food waste in China. *Science of the Total Environment*. 2021;779:146397. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146397>
29. Oliveira LFC, Nogueira JG, Frizzarim SS, Fia R, Freitas JS, Fia FRL. Sorção e mobilidade do lítio em solos de áreas de disposição final de resíduos sólidos urbanos. *Engenharia Sanitária e Ambiental*. 2013;18:139-148. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522013000200006>
30. Fernandes RPR, Nogueira MA, Jimenez IJT. Estudo de caso no aterro de resíduos sólidos urbanos de Manaus/AM. *BIUS – Boletim Informativo Unimotrisaúde em Sociogerontologia*. 2020;23:36-47.
31. Silva TN, Campos LMS. Avaliação da Produção e Qualidade do Gás de Aterro para Energia no Aterro Sanitário dos Bandeirantes – SP. *Engenharia Sanitária e Ambiental*. 2008;13:88-96. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522008000100012>
32. Silva LA, Soares FR, Seo ESM. Avaliação do ciclo de vida do processo biodigestor anaeróbia dos resíduos sólidos urbanos para geração de energia. *Saúde, meio ambiente e sustentabilidade*. 2015;10:125-140.
33. LI H, Guo S, Cui L, Yan J, Liu J, Wang B. Review of renewable energy industry in Beijing: Development status, obstacles and proposals. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2015;43:711-725. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.11.074>
34. Barbosa G, Langer M. Uso de biodigestores em propriedades rurais: Uma alternativa à sustentabilidade ambiental. *Unoesc & Ciência – ACSA*. 2011;2:87-96.
35. Ferreira SF. Análise técnico e ambiental da digestão anaeróbia de resíduos orgânicos [Dissertação]. São Paulo: Universidade Estadual de Campinas; 2021.



10.31072/rcf.v14i1.1227

Este é um trabalho de acesso aberto e distribuído sob os Termos da *Creative Commons Attribution License*. A licença permite o uso, a distribuição e a reprodução irrestrita, em qualquer meio, desde que creditado as fontes originais.



Open Access