

BIODIGESTOR COMO ALTERNATIVA DE GESTÃO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS

Karoline Teixeira da Silva (*), Adriano Antunes Monteiro, Jorgiane Pires Bezerra, Jessica Maria Bezerra Leite, Sterphanie de Santana Melo Bandeira

* École Supérieure d'Ingénieurs des Travaux de la Construction de Caen (ESITC Caen) – karolinetx@gmail.com

RESUMO

O desenvolvimento econômico e social em grandes centros urbanos tem intensificado a problemática da destinação dos resíduos sólidos gerados. Grande parte desses resíduos não tem destinação adequada ou mesmo aos que são destinados aos aterros, na maioria das vezes não tem nenhum tratamento prévio. Metade dos resíduos urbanos gerados no Brasil são orgânicos, que chegam a 800 milhões de toneladas por ano. Toda essa matéria tem grande potencial para reaproveitamento. Porém, desse total, estima-se que apenas 1% é reaproveitado. O objetivo desse trabalho é demonstrar uma alternativa de aproveitamento dos resíduos sólidos orgânicos para produção de biogás e fertilizante, proporcionando assim a redução dos impactos ambientais causados por estes resíduos. O biodigestor é um sistema simples composto por caixa de carga, caixa de fermentação e caixa de descarga, cujo finalidade é a biodegradação anaeróbia desses resíduos e produção de biogás e biofertilizante de boa qualidade, além de reduzir o volume de resíduos destinados aos aterros sanitários ou lixões e, conseqüentemente, seus impactos ambientais. Desse modo, conclui-se que o biodigestor é uma alternativa promissora, pois o produtor pode dar uma destinação alternativa aos seus orgânicos e usufruir de produtos de boa qualidade, incentivando assim o desenvolvimento sustentável.

PALAVRAS-CHAVE: Biodigestor, gestão ambiental, resíduos sólidos.

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento econômico e social em grandes centros urbanos tem intensificado a problemática da destinação dos resíduos sólidos gerados. Grande parte desses resíduos não tem destinação adequada ou mesmo aos que são destinados aos aterros, na maioria das vezes não tem nenhum tratamento prévio.

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (MMA) (2020), os resíduos orgânicos representam metade dos resíduos urbanos gerados no território brasileiro, que chegam a cerca de 800 milhões de toneladas anualmente, se somados aos resíduos orgânicos provenientes de atividades agrossilvopastoris, industriais entre outros. Assim, toda essa quantidade de matéria tem grande potencial para virar gás combustível, adubo e energia. Porém, desse total, estima-se que apenas 1% é reaproveitado (ASSEMAE, 2019).

Os resíduos orgânicos são definidos como os restos de vegetais ou animais utilizados nas atividades humanas e que foram descartados. Estes podem ser de origem agrícola ou industrial como os resíduos da indústria agroalimentícia, madeireiras, frigoríficos, entre outros; de origem doméstica ou urbana, como as podas de árvores e restos alimentícios; de saneamento básico como lodos de estações de tratamento, por exemplo (MMA, 2020).

Esses materiais em um meio ambiente equilibrado são capazes de se degradarem e seus nutrientes se reciclam nos processos da natureza espontaneamente. No entanto, quando envolvidos em atividades humanas podem gerar um grande problema ambiental devido ao grande volume produzido e sua destinação final.

Quando destinado ao aterro, este requer grande espaço disponível para seu armazenamento e demanda muito custos para seu manejo. Quando armazenado inadequadamente produz chorume que pode contaminar o solo e a água, e gás metano e outros gases contaminando o ar e contribuindo para o efeito estufa.

Assim, é importante a utilização de tecnologias capazes de gerir os recursos que temos para diminuir os impactos ao meio ambiente e produzir energia e compostos naturais, evitando assim consumir ainda mais recursos do meio ambiente e completando assim o ciclo natural.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei 12.305, de 2 de agosto de 2010 e regulamentada pelo decreto 7404/10, dispõe sobre princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis.

Dentre os princípios estabelecidos por essa política nacional está o reconhecimento dos resíduos sólidos reutilizáveis e recicláveis como um bem econômico e de valor social, gerador de trabalho e renda para este setor. Considerando que os resíduos sólidos são reconhecidos como um material de valor agregado, o seu gerenciamento e execução deve ser pensado

nesse mesmo sentido. Sendo assim, deve-se aproveitar o máximo do que esse material pode fornecer, ao mesmo tempo gerando o menor impacto social e ambiental.

Em coerência com a PNRS, a destinação dos resíduos aos aterros sanitários deve ser a última opção a ser considerada. Assim, o seu aproveitamento de formas alternativas deve ser priorizado e estimulado, visando diversos benefícios ambientais, econômicos e sociais.

OBJETIVOS

Diante do exposto, o objetivo geral deste artigo é demonstrar uma tecnologia alternativa de aproveitamento dos resíduos sólidos orgânicos para produção de biogás e fertilizante, expondo suas características e benefícios, proporcionando assim a redução dos impactos ambientais causados por estes resíduos.

METODOLOGIA

A produção de biogás e biofertilizante pode ser grosseiramente dividida em duas grandes partes: a construção do biodigestor e o seu correto manuseio.

O modelo do biodigestor pode variar de acordo com as condições particulares do local onde o mesmo será instalado, mas de modo geral ele é composto por três partes: a caixa de carga, o tanque de fermentação e a caixa de descarga, como visualizado na Figura 1.

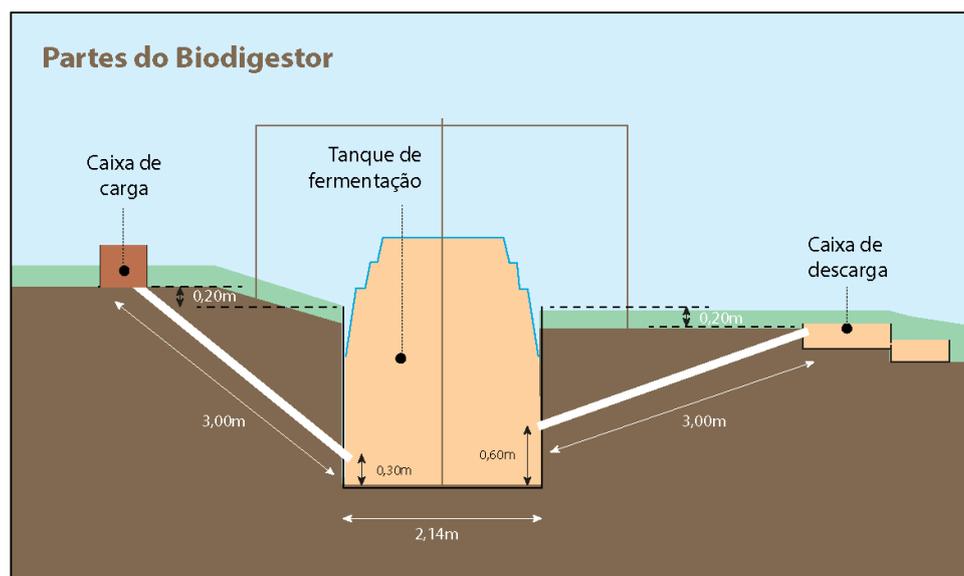


Figura 1: Partes do Biodigestor. Fonte: Diaconia (2017).

Neste sentido pode ser elencados as seguintes características de cada compartimento:

- Na caixa de carga são colocados os resíduos orgânicos misturados com água, os quais abastecem o tanque de fermentação;
- No tanque de fermentação é onde é produzido e armazenado o biogás.
- Na caixa de descarga é eliminado o produto líquido rico em nutrientes concentrado utilizado como biofertilizante.

Os modelos indiano e chinês de biodigestor são os mais difundidos no mundo. Ambos são modelos de biodigestor contínuo. Assim, o modelo indiano (Figura 2) caracteriza-se por possuir uma campânula como gasômetro, a qual pode estar mergulhada sobre a biomassa em fermentação, ou em um selo d'água externo, e uma parede central que divide o tanque de fermentação em duas câmaras (DEGANUTTI, s.d).

Nesse modelo, a cúpula geralmente é feita de ferro ou fibra, o que faz com o processo de fermentação aconteça mais rápido, pois aproveita a temperatura do solo que é pouco variável, favorecendo a ação das bactérias. Ocupa ainda pouco espaço e a construção por ser subterrânea, dispensa o uso de reforços, tais como cintas de concreto (CASTANHO; ARRUDA, 2008).

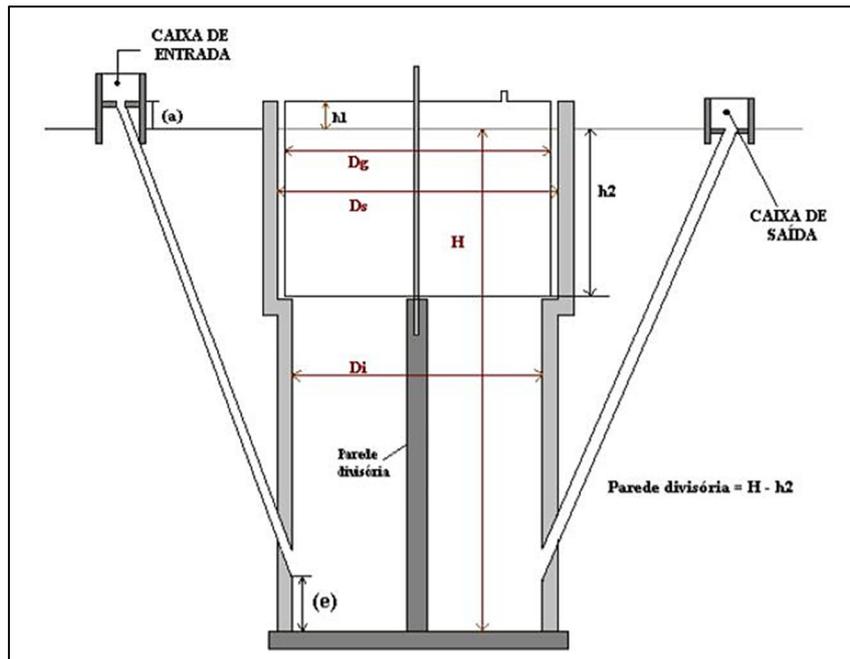


Figura 2: Biodigestor modelo indiano. Fonte: DEGANUTTI *et al*, s.d.

Onde:

- H - é a altura do nível do substrato
- Di - é o diâmetro interno do biodigestor
- Dg - é o diâmetro do gasômetro
- Ds - é o diâmetro interno da parede superior
- h1 - é a altura ociosa (reservatório do biogás)
- h2 - é a altura útil do gasômetro
- a - é a altura da caixa de entrada
- e - é a altura de entrada do cano com o afluente

O modelo chinês (Figura 3) é formado por uma câmara cilíndrica em alvenaria para a fermentação, com teto abobado, impermeável, destinado ao armazenamento do biogás. Este funciona com base no princípio de prensa hidráulica, de modo que aumentos de pressão em seu interior resultantes do acúmulo de biogás resultarão em deslocamentos do efluente da câmara de fermentação para a caixa de saída, (DEGANUTTI, s.d).

Neste modelo, sua composição é de peça única e enterrado no solo, para ocupar menos espaço no local de sua instalação, assim, o seu custo total se torna mais barato em relação aos outros, pois sua cúpula também é feita em alvenaria (CASTANHO e ARRUDA, 2008).

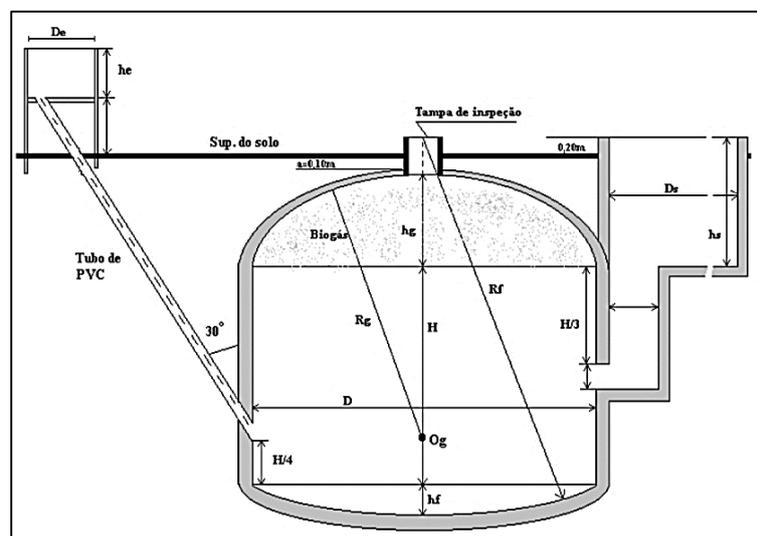


Figura 3: Biodigestor modelo chinês. Fonte: DEGANUTTI *et al*, s.d.

Onde:

- H - é a altura do corpo cilíndrico
- Hg - é a altura da calota do gasômetro
- hf - é a altura da calota do fundo
- Of - é o centro da calota esférica do fundo
- Og - é o centro da calota esférica do gasômetro
- he - é a altura da caixa de entrada
- De - é o diâmetro da caixa de entrada
- hs - é a altura da caixa de saída
- Ds - é o diâmetro da caixa de saída
- A - é o afundamento do gasômetro

O biodigestor modelo canadense (Figura 4) bastante difundido no Brasil é um modelo tipo horizontal, apresentando uma caixa de carga em alvenaria e com a largura maior que a profundidade, possuindo, portanto, uma área maior de exposição ao sol, o que possibilita numa grande produção de biogás e evitando o entupimento. Durante a produção de gás, a cúpula do biodigestor infla porque é feita de material plástico maleável (PVC), podendo ser retirada (CASTANHO e ARRUDA, 2008).

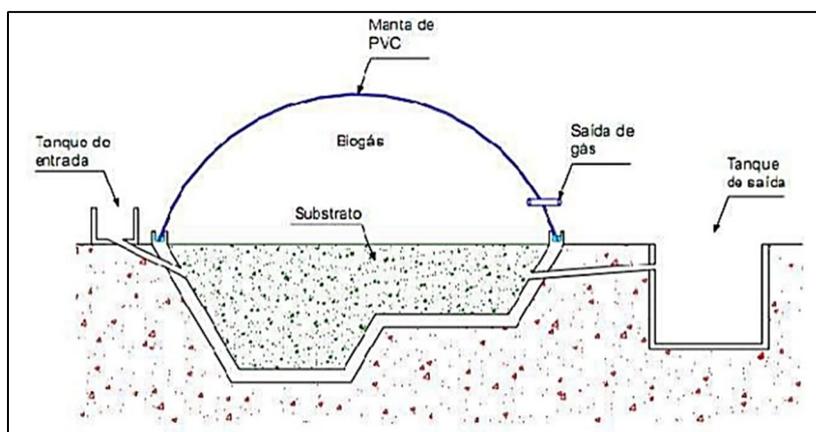


Figura 4: Biodigestor modelo canadense. Fonte: DEGANUTTI *et al*, s.d.

Em relação ao manuseio, deve-se ter atenção para evitar problemas. A primeira fase é a de abastecimento. Deve-se carregar a material orgânico até o nível da caixa de carga. O esterco e a água devem estar na proporção de um para um, ou seja, a cada quilo de esterco, adicionar um litro de água.

A produção de gás e fertilizante pode demorar de 15 à 30 dias. Após o início da sua produção, já pode começar descarregado. O seu reabastecimento pode ocorrer diariamente ou a cada dois ou três dias, de acordo com as necessidades de uso dos produtos.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os primeiros países a implementar essa inovação tecnológica foram Índia e a China entre os anos 1950 e 1969. A Índia enfatizava o uso do biogás nas propriedades rurais, para geração de energia e iluminação nos lares. Por outro lado, os Chineses focaram na busca pelo fertilizante, com a finalidade de atenderem a enorme demanda na produção alimentícia, diante de sua população numerosa (NOGUEIRA; ZURN, 2005).

Nas décadas de 1970 a 1980, os biodigestores começaram a se difundir no Brasil, em consequência da busca pela alternativa energética, diante da crise de energia no país da época. No entanto, por ausência de maiores conhecimentos sobre o assunto e acompanhamento técnico a tecnologia não passou tanta segurança e acabou não ganhando força. Entretanto, em 1990 os biodigestores foram impulsionados como o conceito alternativo para acrescentar valor aos rejeitos, onde uma das funções principais seria a produção de fertilizantes “bio” com respaldo para boas práticas agrônômicas (KUNZ, 2006 *apud* RODRIGUES *et al*, 2019).

O biodigestor consiste basicamente em um reservatório fechado onde a biomassa é fermentada de forma anaeróbia, ou seja, na falta de oxigênio. Esse processo de biodigestão anaerobicamente é uma das alternativas utilizadas para o tratamento de resíduos orgânicos, pois reduz o seu potencial de contaminação, produz biogás e permite o uso dos dejetos como biofertilizantes (GASPAR, 2003; BURANI *et al*, 2005; COSTA, 2006 *apud* RODRIGUES *et al*, 2019).

Como explica Castro e Cortez (1998) *apud* Quadros *et al* (2009),

A biodigestão anaeróbia consiste na fermentação com ausência de oxigênio de dejetos animais, plantas e lixo (doméstico e urbano) através de bactérias anaeróbias que sintetizam a matéria orgânica transformando-a em metano e dióxido de carbono, principais componentes do biogás (QUADROS *et al*, 2009, p. 327).

O biodigestor é formado principalmente pelo coletor de biomassa, fermentador e o depósito. A matéria orgânica quando é colocada dentro da caixa carga, é misturada com água e lançada no tanque de placas no qual ocorre a decomposição anaeróbia e produção de biogás e fertilizante. Estes produtos podem então serem recolhidos para sua utilização.

Quando ocorre uma adequada separação de outros tipos de resíduos, a reciclagem dos resíduos orgânicos e sua transformação em biogás e biofertilizante pode ser feita em várias escalas, desde o nível doméstico, comunitário ao industrial, utilizando diferentes modelos tecnológicos.

O processo biodigestão é considerado uma reciclagem natural, onde ocorre a quebra de moléculas em fases líquidas e gasosas. Na fase gasosa é onde encontramos o biogás e na fase líquida encontramos o biofertilizante, que é um líquido rico em nutrientes muito utilizado como produto agrícola. No fluxograma a seguir, pode-se observar como ocorrem os processos do biodigestor para produção de biogás e biofertilizante.

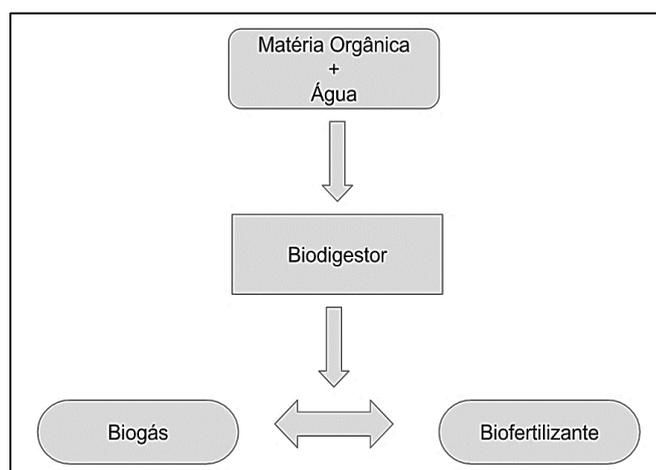


Figura 2: Fluxograma dos processos do biodigestor. Fonte: Autores do trabalho.

A quantidade e a composição dos subprodutos produzido no processo de digestão anaeróbia dependem basicamente de dois fatores principais:

Do substrato adicionado ao biodigestor, pois os nutrientes do subproduto são relativos aos resíduos colocados no biodigestor, ou seja, quanto mais variado o tipo de resíduos, também serão os nutrientes do composto orgânico.

Das condições ambientais e parâmetros de operação. Para acelerar o processo de decomposição, o biodigestor deve estar exposto ao sol, mas pode levar em média de 15 a 30 dias, dependendo do volume de resíduos, ou até mais.

A digestão anaeróbia da fração orgânica de resíduos domésticos produz geralmente 50 - 100 m³ de biogás por tonelada de substrato, com concentração de metano típica entre 54% e 70%. Esse gás é composto basicamente de metano (CH₄), gás carbônico (CO₂) e outros gases poluentes em menor quantidade (MARCHI, 2014).

Tabela 1 - Composição típica do biogás produzido pela digestão anaeróbia de resíduos Orgânicos. Fonte: Bermann, 2013 *apud* Marchi, 2014.

Metano (CH ₄)	54% a 70%
Dióxido de Carbono (CO ₂)	27% a 45%
Nitrogênio (N ₂)	0,5% a 3,0%
Hidrogênio (H ₂)	1% a 10%
Monóxido de Carbono (CO)	0,1%
Oxigênio (O ₂)	0,1%
Gás Sulfídrico (H ₂ S)	3,0% a 5,0%

O aproveitamento do biogás para geração de energia elétrica ocasiona uma redução no potencial de poluição do meio ambiente, uma vez que é queimada a mistura composta por acentuada concentração de gás metano (CH₄), cerca de vinte (20) vezes mais poluentes que o dióxido de carbono (CO₂), no que se refere ao efeito estufa, além do possível uso doméstico como em fogões, geladeiras, lampiões, chuveiro, sistemas de aquecimento aviário, motores de combustão interna e geração de energia renovável (RODRIGUES *et al*, 2019, p. 468).

Diante desse contexto, um metro cúbico (1 m³) de biogás equivale energeticamente a 1,5 m³ de gás de cozinha e 1,43 kWh de eletricidade (RODRIGUES *et al*, 2020, *apud* SANTOS, 2009). Desta forma, reutilizando esses compostos como formas alternativas de energia, diminuiremos o dano que estes poderiam causar ao meio ambiente de forma direta e indiretamente.

Tabela 2. Equivalência energética de 1 m³ de biogás. Fonte: Cardoso Filho, 2001, *apud* Moura *et al.*, 2013.

Combustível	Quantidade equivalente a 1 m ³ de biogás
Carvão vegetal	0,8 kg
Lenha	1,5 kg
Óleo diesel	0,55 l
Querosene	0,58 l
Gasolina amarela	0,61 l
FLP (Gás liquefeito de petróleo)	0,45 l
kWh	1,43
Álcool carburante	0,80 l
Carvão mineral	0,74 kg

O biofertilizante é um efluente líquido produto da biodigestão anaeróbia das bactérias dentro do biodigestor. Ele é considerado uma excelente alternativa para a fertilização do solo como adubo orgânico, pois pode alterar benéficamente as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, podendo melhorar a capacidade de retenção de água devido ser uma matéria orgânica e possui macronutrientes como fósforo (P), Nitrogênio (N) e potássio (K). (RODRIGUES *et al*, 2020, *apud* Barichello *et al*, 2011).

Segundo Diaconia (2017), a utilização desse sistema vai trazer quatro fundamentais benefícios:

Faz bem para o meio ambiente: o biodigestor contribui para conservar o meio ambiente. Com ele, não se busca lenha na mata para cozinhar e gás metano liberado pela decomposição natural do esterco animal não é mais lançado na atmosfera, pois é queimado no fogão. Assim, se contribui com a diminuição do desmatamento e dos efeitos das mudanças climáticas em nosso planeta.

Faz bem para saúde: O biogás, quando queimado no fogão não solta fumaça como ocorre com a queima de lenha e do carvão. Dessa forma, se evita problemas respiratórios que atingem mulheres, crianças e idosos que permanecem mais tempo em casa expostos à fumaça. Também há o cuidado com a saúde dos animais, pois diariamente o biodigestor deve ser abastecido com seus dejetos. Dessa forma, a limpeza dos currais e chiqueiros é permanente e assim diminui infestações por verminoses e moscas, melhorando significante a sanidade animal.

Faz bem para o bolso: Com o biodigestor se economiza um botijão e meio de gás butano por mês, pois não é mais necessário comprá-lo; além disso ele produz o adubo orgânico e o fertilizante. Dessa forma, o biodigestor ajuda na economia da família e garante toda produção de biogás necessária para preparação dos alimentos.

Faz bem para agricultura: O biodigestor também produz o biofertilizante e o esterco curtido, que são adubos naturais que podem aumentar a fertilidade do solo e melhorar a produção e saúde das plantas.

Desse modo, com a implementação do biodigestor, seja em escala doméstica ou industrial, é possível obter diversos benefícios ambientais, econômicos e sociais em concordância com as diretrizes da Política Nacional de Resíduos Sólidos e proporcionar um desenvolvimento mais sustentável.

CONCLUSÕES

Diante do exposto no decorrer desta pesquisa, conclui-se que os resultados alcançaram os objetivos descritos. Onde o biodigestor se mostra como uma alternativa tecnológica simples bastante promissora, visto que com a implantação desse sistema é possível produzir gás e biofertilizantes de boa qualidade através do aproveitamento de resíduos de origem orgânica.

Além disso, o equipamento reduz o volume de resíduos orgânico e evita a destinação desse tipo de material à lixões causando diversos problemas ambientais ou à aterros sanitários controlados reduzindo os custos que seriam destinados para seu manejo e assim prolongando a vida útil do equipamento já que a quantidade de resíduos totais que chega no equipamento será reduzida.

Assim, o produtor pode dar uma destinação alternativa aos seus resíduos orgânicos, além de usufruir de produtos de boa qualidade que geram renda para quem se utiliza deste tipo de tecnologia, que quando se comparado a outros meios de reaproveitamento, se torna mais atraente e vantajoso, devido a sua tecnologia simples e de baixo custo, de modo a incentivar o desenvolvimento sustentável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Assemae. **Apenas 1% do lixo orgânico é reaproveitado no Brasil**. 2019. Disponível em: <http://www.assemae.org.br/noticias/item/4494-apenas-1-do-lixo-organico-e-reaproveitado-no-brasil>. Acesso em 14 out 2020.
2. Castanho e Arruda. **Biodigestores**. VI Semana de Tecnologia de Alimentos. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. Campus Ponta Grossa - Paraná - Brasil ISSN: 1981-366X / v. 02 n. 21, 2008. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/chines1_000g7gph0mm02wx5ok0wtedt3q5rn9mk.pdf. Acesso em 02 out 2020.
3. Deganutti, *et al.* **Biodigestores rurais: modelo indiano, chinês e batelada**. Embrapa. s.d. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Biodigestores_000g76qdzev02wx5ok0wtedt3spdi71p.pdf. Acesso em 02 out 2020.
4. Diaconia. **12 PASSOS PARA CONSTRUIR UM BIODIGESTOR**. Biodigestores: Uma Tecnologia Social no Programa Nacional de Habitação Rural. 2017
5. Figueiredo. **Estimativa de produção de biogás é potencial energético dos resíduos sólidos urbanos em minas gerais**. 2012. Disponível em: <http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/handle/1843/LGSA-96NQGK>. Acesso em 18 set 2020.
6. Marchi, P. D. A. Bressiani, P. M. Barbosa. **Digestão anaeróbia de resíduos orgânicos para cozinha industrial dos restaurantes**. Latife / M.E.V. Marchi, P.M. Barbosa, P.A. Bressiani. -- São Paulo, 2014. Disponível em: http://www.pha.poli.usp.br/LeArq.aspx?id_arq=9495. Acesso em 20 set 2020.
7. Macintyre. **INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS PREDIAIS e INDUSTRIAIS** 4º edição. 2013.
8. Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Gestão de Resíduos Orgânicos**. 2017. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/gest%C3%A3o-de-res%C3%ADduos-org%C3%A2nicos.html>. Acesso em: 14 out 2020.
9. Moura, *et al.* **Construção de biodigestor modelo indiano no instituto federal campus-apodi-rn**. CONGIC, Congresso de Iniciação Científica do IFRN. Tecnologia e Inovação para o Semiárido. 2013. Disponível em: http://ead.senar.org.br/lms/webroot/uploads/senar/duvidas/res_81462. Acesso em: 20 set 2020.
10. Nogueira, C. E. C.; Zürn, H. H. Modelo de dimensionamento otimizado para sistemas energéticos renováveis em ambientes rurais. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 25, n. 2, p. 341-348, maio/ago. 2005.
11. Política Nacional dos Resíduos Sólidos. **Lei no 12.305, de 2 de agosto de 2010**. 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/decreto/d7404.htm#:~:text=Regulamenta%20a%20Lei%20no,Reversa%2C%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%A2ncias. Acesso em 02 out 2020.
12. Quadros D. *et al.* **Biodigestão anaeróbia de dejetos de caprinos e ovinos em reator contínuo de PVC flexível**. 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v14n3/v14n03a14.pdf>. Acesso em: 18 set 2020.
13. Rodrigues, *et al.* **Uso de biodigestores para impulsionar a sustentabilidade ambiental**. J. of Deve lop., Curitiba, v. 5, n. 1, p. 462 - 487, jan. 2019. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/950/827>. Acesso em 10 out 2020.