

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

FACULDADE DE CIÊNCIAS E ENGENHARIA

Programa de Pós-Graduação em Agronegócio e Desenvolvimento

CRISTIANO VIEIRA DOS SANTOS

**ANÁLISE DA POTENCIALIDADE DA CASCA DO AMENDOIM COMO RESÍDUO
GERADOR DE BIOGÁS NA AGRICULTURA FAMILIAR**

TUPÃ

2020

CRISTIANO VIEIRA DOS SANTOS

**ANÁLISE DA POTENCIALIDADE DA CASCA DO AMENDOIM COMO RESÍDUO
GERADOR DE BIOGÁS NA AGRICULTURA FAMILIAR**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronegócios e Desenvolvimento da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Tupã, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Agronegócio e Desenvolvimento.

Área de concentração: Agronegócio e Desenvolvimento

Linha de pesquisa: Desenvolvimento e meio ambiente

Orientador: Prof^a. Dra. Ana Elisa Bressan Smith Lourenzani

Coorientadores:
Prof. Dr. Mário Mollo Neto
Prof. Dr. Paulo Sérgio Barbosa dos Santos

**TUPÃ
2020**

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Biblioteca e Documentação da FCE – Unesp, Câmpus Tupã:

S596a Santos, Cristiano Vieira dos.
Análise da potencialidade da casca do amendoim
como resíduo gerador de biogás na agricultura familiar /
Cristiano Vieira dos Santos. – Tupã: [s.n.], 2020.
146 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Agronegócio e Desenvolvimento)
– Universidade Estadual Paulista UNESP – Faculdade de
Ciências e Engenharia, 2020.

Orientadora: Ana Elisa Bressan Smith Lourenzani
Coorientador: Mario Mollo Neto
Coorientador: Paulo Sérgio Barbosa dos Santos
Inclui bibliografia.

1. Energias renováveis. 2. Sustentabilidade. 3. *Arachis hypogaea*. 4. Biodigestor. I.Título. II. Autor.

Fonte: Eliana Kátia Pupim, bibliotecária CRB 8 – 6202, com utilização do AACR2, CDD e Cutter.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Análise da potencialidade da casca do amendoim como resíduo gerador de biogás na Agricultura Familiar

AUTOR: CRISTIANO VIEIRA DOS SANTOS

ORIENTADORA: ANA ELISA BRESSAN SMITH LOURENZANI

COORIENTADOR: MARIO MOLLO NETO

COORIENTADOR: PAULO SÉRGIO BARBOSA DOS SANTOS

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em AGRONEGÓCIO E DESENVOLVIMENTO, pela Comissão Examinadora:



Profa. Dra. ANA ELISA BRESSAN SMITH LOURENZANI

Departamento de Gestão, Desenvolvimento e Tecnologia / Faculdade de Ciências e Engenharia - FCE - UNESP - Tupã/SP



Prof. Dr. LUÍS ROBERTO ALMEIDA GABRIEL FILHO

Departamento de Gestão, Desenvolvimento e Tecnologia / Faculdade de Ciências e Engenharia - FCE - UNESP - Tupã/SP



Pesquisador Dr. JOSÉ CARLOS CAVICHIOLI

Polo Regional Alta Paulista / Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios - APTA - Adamantina/SP

Tupã, 30 de abril de 2020

Dedico esse trabalho às minhas crianças, meus sobrinhos, sucessores do meu
desejo de vida.

Dedico a vocês por que o mundo será vosso, lutem pelos seus sonhos e objetivos,
mesmo que pareçam impossíveis, sou a prova disso (não desistam).

Do mais...

Dedico esse trabalho aos sonhadores, que por muitas vezes em suas camas são
tomados de pensamentos sobre as coisas do mundo, são viajantes de sua própria
consciência, imaginando coisas, para as coisas desse mundo (elas acontecem).

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a minha família, pelo amor, apoio e incentivo incondicional nessa trajetória em especial a minha mãe Maria e meu pai Valdemar.

À querida Professora Dra. Ana Elisa Bressan Smith Lourenzani por ser a melhor orientadora que um mestrando poderia ter, agradeço de coração pela orientação, ensinamentos, atenção e pelas contribuições valiosas que levarei por toda minha trajetória.

Ao Professor Prof. Dr. Paulo Sérgio Barbosa dos Santos, por toda ajuda na elaboração de um protótipo que antes era um sonho e hoje se tornou realidade, agradeço por cada ensinamento e pelo tempo no qual se dedicou.

Ao Professor Prof. Dr. Mário Mollo Neto pela atenção, compartilhamento de conhecimentos e por ter apresentado uma metodologia na qual me deixou fascinado.

Ao Prefeito Richardson Branco Nunes (Richard Itapuã) por permitir estar à frente da Secretaria do Meio Ambiente de Herculândia e aceitar os dias de ausência para que fosse possível realizar esse sonho.

Ao Leonardo Alexandre Lopes por todo apoio no desenvolvimento e acompanhamento do protótipo e pela incansável dedicação ao meu projeto.

A Faculdade de Ciências e Engenharia da UNESP – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Tupã, em especial Programa de Pós-Graduação em Agronegócio e Desenvolvimento, pela educação e por todos os professores que auxiliaram em minha formação.

Aos queridos amigos, pelo apoio, paciência nos momentos em que corresponde da melhor forma e por não desistirem de mim.

Ao patrocinador deste projeto e da bolsa de iniciação científica que contribuiu significativamente para o desenvolvimento dessa pesquisa.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste mestrado e do presente trabalho.

“Sempre haverá uma maneira diferente de ver a mesma coisa, PERSPECTIVE-SE.”
Silene Mattos

SANTOS, Cristiano Vieira dos. Análise da potencialidade da casca do amendoim como resíduo gerador de biogás na agricultura familiar. 2020. 146p. Dissertação (Mestrado em Agronegócio e Desenvolvimento) - Faculdade de Ciências e Engenharia, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Tupã, 2020.

RESUMO

Diante da constante busca pelo avanço na melhoria da matriz energética global, as energias renováveis assumem papel de suma importância para atender os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). O município de Herculândia, no oeste do estado de São Paulo, possui como principal atividade econômica a produção e processamento do amendoim. Durante esse processo é gerada uma grande quantidade de cascas, resíduo com potencial gerador de energia. Nesse contexto, o problema de pesquisa consiste na seguinte questão: qual o potencial de produção de biogás a partir da casca de amendoim? Partindo dessa questão, o objetivo principal dessa pesquisa é analisar a potencialidade e sustentabilidade da utilização da casca de amendoim como resíduo para a geração de biogás pela agricultura familiar do município de Herculândia – SP. Para tal, foi construído um protótipo de biodigestor com o intuito de avaliar o volume de biogás produzido por meio do processo de biodigestão da casca de amendoim. A análise dos resultados possibilitou avaliar o potencial da produção de biogás a partir desse resíduo, assim como quantificar o volume de biofertilizante gerado. A avaliação da sustentabilidade desse processo foi feita por meio da aplicação da contabilidade emergética. Os resíduos da casca de amendoim produziram 22,3 m³ de biogás por hectare, o que corresponde a uma energia gerada de 31,84 kWh/mês. Assim, verificou-se que a biodigestão da casca do amendoim consiste em uma alternativa para o aproveitamento deste resíduo, gerando subprodutos de interesse econômico.

Palavras-chave: Energias renováveis. Sustentabilidade. *Arachis hypogaea*. Biodigestor.

SANTOS, Cristiano Vieira dos. Analysis of peanut shell potentiality as biogas generating residue in family farming. 2020. 146p. Dissertation (Master in Agribusiness and Development) - Faculty of Science and Engineering, São Paulo State University "Júlio de Mesquita Filho", Tupã, 2020.

ABSTRACT

Renewable energies assume an extremely important role to improve global energy matrix and meet the Sustainable Development Goals (SDGs). The main economic activity in the municipality of Herculândia, in the west part of São Paulo state is the production and processing of peanuts. During this process, a large amount of shells is generated, a waste with potential energy generator. In this context, the research problem consists of the following question: what is the potential for biogas production from peanut shells? Based on this question, the main objective of this research is to analyze the potential and sustainability of the use of peanut shells as waste for the generation of biogas by family farming in the municipality of Herculândia - SP. To this end, a prototype of bio digester was built in order to assess the volume of biogas produced through the peanut shell bio digestion process. The analysis of the results made it possible to evaluate the potential of biogas production from this waste, as well as to quantify the volume of bio fertilizer generated. The assessment of the sustainability of this process was measured by adopting the emergy accounting. The results indicated that peanut shell residues produced 22.3 m³ of biogas per hectare, which corresponds to an energy generated of 31, 84 kWh / month. It was found that the biodigestion of the peanut shell is an alternative for the generation of by-products of economic interest.

Keywords Renewable Energy. Sustainability. *Arachis hypogaea*. Bio digester.

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1 - Processos de transformação energética envolvidos na agroenergia dos sistemas de	26
Figura 2 - Cadeia produtiva de amendoim na microrregião de Tupã-SP.....	30
Figura 3 - Biodigestor modelo indiano.....	39
Figura 4 - Esquema de biodigestor modelo chinês.	40
Figura 5 - Modelo de biodigestor canadense.	40
Figura 6 - Etapas da digestão anaeróbia.....	42
Figura 7 - Instalação do biodigestor. Herculândia, SP, 2019.....	57
Figura 8 – Fragmentos da casca do amendoim após processo de trituração	57
Figura 9 – Instalação do primeiro filtro do biodigestor utilizando espoja de aço.....	59
Figura 10 – Instalação do segundo filtro do biodigestor utilizando água e cloro.	59
Figura 11 – Instalação do terceiro filtro do biodigestor utilizando sílica.....	60
Figura 12 – Filtros para remoção de impurezas do biogás.....	61
Figura 13 - Câmara de ar para armazenamento do biogás.....	61
Figura 14 - Diagrama de uma propriedade hipotética.	62
Figura 15 – Produção de biogás, em m ³ , no período de janeiro a fevereiro de 2020. Herculândia, SP 2020.....	67
Figura 16 – Filtro com esponja de aço oxidado.....	68
Figura 17 – Filtro de sílica com coloração alterada	69
Figura 18 – Biofertilizante resultante do processo de biodigestão da casca de amendoim.....	70
Figura 19 - Diagrama resumido do sistema de produção da cultura do amendoim ..	73
Figura 20 - Contribuições emergéticas no cultivo do amendoim	89
Figura 21 – Diagrama resumido do resíduo da produção do amendoim (casca).....	96
Figura 22 - Croqui do protótipo do biodigestor contínuo	118
Figura 23 - Sistema completo o processo de biodigestão	119

LISTAS DE QUADROS

Quadro 1 - Classificação da biomassa a partir da tecnologia empregada.....	24
Quadro 2 - Condições de sustentabilidade.....	24
Quadro 3 - Dimensões do Triple Bottom Line	27
Quadro 4 - Tipos de processos e equipamentos para diversos tipos de resíduos	37
Quadro 5 - Metodologia geral para análise emergética.....	48
Quadro 6 - Estrutura da dissertação	56
Quadro 7 - Símbolos da linguagem de fluxos de energia.....	63
Quadro 8 – Parâmetros e instrumentos utilizados nas avaliações do biodigestor....	65
Quadro 9 - Quantidade de matéria orgânica por tipo de solo.....	77
Quadro 10 - Perda do solo agrícola em função do uso do solo.....	78
Quadro 11 - Pesos dos tratores utilizados para o cultivo do amendoim.....	84
Quadro 12 - Implementos utilizados na cultura do amendoim.....	85

LISTAS DE TABELAS

Tabela 1 - Equivalência Energética de 1 m ³ de Biogás.....	45
Tabela 2 - Índices de transformidade emergética.	50
Tabela 3 - Principais materiais utilizados para a construção do protótipo.....	56
Tabela 4 – Volumes de biogás produzido, em m ³ , coletados na câmara de condicionamento. Herculândia, SP, 2020.....	68
Tabela 5 – Parâmetros da produção do biogás.....	70
Tabela 6 – Comparação da produção do resíduo com os recursos energéticos.....	71
Tabela 7 - Cálculo da redução do consumo de energia elétrica.....	71
Tabela 8 - Índices pluviométricos, em mm, no município de Herculândia no ano de 2018.	76
Tabela 9 - Avaliação emergética do sistema de produção do amendoim no Município de Herculândia	88
Tabela 10 – Avaliação emergética em fluxo monetário	90
Tabela 11 - Compilação dos dados principais da tabela de avaliação emergética da produção de amendoim.....	91
Tabela 12 – Índices emergéticos do amendoim	95
Tabela 13 – Avaliação emergética da casca do amendoim	97
Tabela 14 - Fluxo emergética da queima da casca e do biogás	98
Tabela 15 - Materiais utilizados para a construção do protótipo	117

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

%R - Renovabilidade

CIIAGRO - Centro integrado de informações agrometeorológicas

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento

EIR - Investimento Emergético

ELR - Indicador de Carga Ambiental

EPE - Empresa de Pesquisa Energética

ESI - Indicador de Sustentabilidade

EYR - Indicador de Rendimento em Energia

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

MME - Ministério de Minas e Energia

ODS - Objetivos do Desenvolvimento Sustentável

ONU - Organização das Nações Unidas

PDE - Plano Decenal de Expansão de Energia

PH - Potencial Hidrogeniônico

PNE - Plano Nacional de Energia

PNRS - Política Nacional de Resíduos Sólidos

ST – Sólidos totais

TRH – Tempo de retenção hidráulica

LISTA DE SIMBOLOS

CH₄ - metano

CO₂ - dióxido de carbono

H₂ - gás hidrogênio

J - Joule

seJ - Solar Emery Joule

ha – Hectare

m³ - Metro Cubico

m² - Metro Quadrado

l – Litro

N – Nitrogênio

P – Fosforo

K – Potássio

h – Hora

kg – Quilograma

H₂S – Gás Sulfídrico

°C – Grau Celsius

kW – Quilowatt

C – Carbono

PVC - Policloreto de vinila

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
2	REFERENCIAL TEÓRICO	21
2.1	Agricultura e Sustentabilidade	21
2.2	A cultura do amendoim e sua inserção no agronegócio	28
2.3	Resíduos com potencial de geração de energia	30
2.3.1	Soro de queijo.....	31
2.3.2	Glicerol como resíduo da produção de biodiesel	31
2.3.3	Vinhaça.....	32
2.3.4	Águas residuárias de abatedouros de aves e bovinos	33
2.3.5	Esterco de animais	33
2.3.6	Cama de frango.....	34
2.3.7	Esgoto sanitário.....	34
2.3.8	Resíduos sólidos urbanos (RSU).....	35
2.3.9	Cascas, polpas e palhas.....	35
2.4	Biodigestores	37
2.4.1	O processo de biodigestão	41
2.4.2	Biogás.....	43
2.4.3	Biofertilizante	45
2.5	Energia e Contabilidade Emergética	46
2.5.1	Transformidade e energia/unidade	50
2.5.2	Diagrama de fluxos de energia.....	51
2.5.3	Indicadores ambientais.....	51
3	METODOLOGIA	55
3.1	Caracterização do lócus de análise	55
3.2	Instalação e alimentação do Biodigestor	56
3.2.1	Limpeza do Biogás	58
3.3	Contabilidade Emergética	62
4	RESULTADOS	65
4.1	Biodigestor de baixo custo	65
4.2	Contabilidade emergética do amendoim	72
4.2.1	Caracterização do sistema de produção	73

4.2.2	As contribuições ambientais – Renováveis.....	74
4.2.3	As contribuições ambientais do sistema – Não renováveis	77
4.2.4	Recursos da economia	80
4.2.5	Recursos Humanos	86
4.2.6	Índices e avaliação emergética do amendoim.....	91
4.2.7	Resíduo (<i>output</i>)	95
4.3	Comparação emergética entre a queima da casca do amendoim e sua utilização em biodigestor	98
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	100
6	REFERÊNCIAS	103
	APÊNDICE A - IMPLANTAÇÃO DO BIODIGESTOR	117
	APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO APLICADO EM CAMPO	120
	ANEXO 1 – MANUAL DE MONTAGEM E UTILIZAÇÃO DO BIODIGESTOR.....	123

1 INTRODUÇÃO

É visível que a utilização de energias renováveis para atender as demandas da matriz energética do país é urgente e necessária, uma vez que os insumos utilizados na produção agrícola são finitos e a prática da monocultura exaurem o solo, além de que, os resíduos e subprodutos da agricultura em alguns casos podem ter potencial poluidor lesando o meio ambiente (PELISSARI et al., 2010). Além disso, a utilização de energias renováveis é um dos temas mais discutidos e com repercussão de caráter global, fazendo parte da Agenda 2030, elaborada pelos líderes mundiais buscando erradicar a pobreza, proteger o planeta e garantir que as pessoas alcancem a paz e a prosperidade (ONU, 2019). A restrição de espaço e a necessidade de atender cada vez mais as necessidades de produção de energia de fontes limpas, de água e alimento, indica que alguns paradigmas precisam ser vencidos, visando à superação dos desafios energéticos e ambientais da comunidade mundial (BRASIL, 2018b).

Atividades agrícolas, assim como as de processamento de produtos agrícolas, vêm ocasionando diversos problemas ambientais relacionados aos resíduos gerados durante o processo (PELISSARI et al, 2010). Não se deve ignorar sua importância tanto para a economia quanto para a produção de alimentos, mas observar a potencialidade que os resíduos dessas atividades apresentam.

Em geral, tais resíduos originados na produção agrícola, como as palhas, cascas e forragens, são passíveis de tratamento para posterior utilização como fertilizantes (PIRES e MATTIAZZO, 2008). Por possuírem grande concentração de material orgânico, nota-se uma iminente capacidade para sua reutilização como fonte de energia renovável (MATOS, 2005).

Desta forma, para que o homem possa dar continuidade em seu desenvolvimento de forma que não venha a prejudicar o meio no qual está inserido, observa-se a necessidade em repensar o atual modelo de desenvolvimento para o incentivo à adoção de práticas sustentáveis (CAMIOTO et al., 2014). Assim Leff (2006), aponta que o desenvolvimento sustentável está pautado em atender as necessidades presentes sem comprometer as possibilidades das gerações futuras atenderem suas próprias necessidades.

A reciclagem energética de resíduos pode ser realizada com inúmeras finalidades, dentre elas a geração de biogás e conseqüentemente a produção de energia elétrica a partir da combustão; a geração de energia térmica, utilizada em sistemas de aquecimento em geral; uso como gás veicular combustível; e também em sistemas de iluminação a gás (ICLEI, 2010).

A reutilização de resíduos provenientes da agricultura apresenta duas vertentes significativas, a primeira é a geração de fontes alternativas de energia e a segunda consiste em realizar a destinação correta aos mesmos, de forma a minimizar os impactos ambientais, permitindo dessa forma, a construção de uma consciência sustentável, visando à preservação dos recursos naturais (OKAMURA, 2013).

Bilotta e Ross (2016) ressaltam que a agroindústria de maneira geral é uma grande produtora de resíduos, como os vegetais provenientes da colheita, e também os resíduos do beneficiamento, palhas, cascas e caroços que possuem propriedades em sua composição que permitem ser reaproveitadas energeticamente. Entretanto, no Brasil menos da metade desses materiais são reutilizados com essa finalidade, sendo que mais de 200 milhões de toneladas de resíduos agroindustriais são descartados sem reaproveitamento (ALMEIDA, 2012).

Partindo disso, o biodigestor surge como uma ferramenta que possui a capacidade de realizar a transformação de resíduos em energia renovável (MIRELLY et al., 2014). Feroldi et al. (2014) abordam que a digestão anaeróbia realizada pelos biodigestores é um caminho com grande potencial para o tratamento dos resíduos agroindustriais, uma vez que não necessitam de grandes áreas para sua construção, e permitem reduzir os rejeitos com predisposição a poluição ambiental. Sendo assim, o mesmo se configura importante para o setor energético, capaz de fornecer os benefícios da energia e a produção de biofertilizante (AMARAL et al., 2004 e CAMPOS et al., 2011).

Todo material orgânico possui capacidade para a digestão anaeróbia (WALKER, 2009). O amendoim (*Arachis hypogaea L*) é uma cultura que gera um grande volume de resíduos. Considerada uma das principais leguminosas cultivadas no Brasil, juntamente com a soja e o feijão, o amendoim tem ganhado espaço no cenário da economia brasileira, com o intuito de atender tanto as demandas externas quanto as internas (BARBOSA, et al., 2014).

Segundo Santos et al. (2006), em regra, o amendoim é constituído por aproximadamente 70% de grãos ou sementes. Os 30% restantes correspondem à

casca. Os grãos podem ser consumidos tanto *in natura* como fonte de proteínas, como na indústria de alimentos processados ou na forma de óleo. Já as cascas são comumente utilizadas para queima nas fornalhas de indústrias, como substrato para a compostagem e para fins de adubação do solo.

Desde 2001 o Brasil tem mostrado crescimento na produção, passando inclusive a participar do mercado global de amendoim como país exportador. Segundo Barbosa, et al., (2014) foi a partir de 2005, que a produção de amendoim no Brasil teve um aumento expressivo, tal mudança foi decorrente da implantação de ações e medidas inovadoras adotadas pelos produtores, beneficiadores e a indústria confeitaria visando melhorar a qualidade do produto e tal avanço por melhorias se estende até os dias atuais. Na safra de 2017/2018 a produção total alcançou 434,6 mil toneladas em uma área de cerca de 147 mil hectares (CONAB, 2020).

Embora os pequenos agricultores não cultivem a leguminosa em grande escala, o reaproveitamento desses materiais, mesmo em menor escala, e sua transformação em energia renovável contribui para a sustentabilidade do estabelecimento rural. Sob essa ótica, o conceito de Emergia, proposto por Odum (1996), é importante para analisar o potencial da casca do amendoim como fonte de energia renovável. De acordo com Odum (1996), a emergia consiste no custo energético do recurso, cujo balanço energético é contabilizado desde o início de seu cultivo até o processo final quando é retornado ao meio ambiente como dejetos.

Parte da produção de amendoim é realizada por pequenos produtores, em que o plantio, cultivo e colheita são realizados pelos grupos de famílias (pequenos agricultores e poucos empregados contratados). Os produtos colhidos são destinados tanto para a própria alimentação quanto para a comercialização.

Segundo Gaspar (2003), os resíduos advindos da agricultura, quando reutilizados para a geração de fontes alternativas de energia, proporcionam benefícios ambientais como a redução da disposição inadequada no ambiente, produção de biogás a partir da biodigestão, utilização do biogás produzido na geração de energia elétrica.

Assim, é possível sintetizar a justificativa desta pesquisa em três pilares: (1) a utilização de resíduos agrícolas na produção de energias renováveis; (2) a falta de alternativas para a destinação das cascas oriundas do processo de beneficiamento resultante do expressivo crescimento da cultura do amendoim no município de

Herculândia-SP e; (3) reaproveitamento energético advindos dos resíduos pela agricultura familiar almejando a sustentabilidade dentro das propriedades.

Com intuito de minimizar os impactos ambientais quanto à destinação correta dos resíduos orgânicos descartados no meio ambiente, e tendo por base a construção de uma consciência ecológica que vise à preservação dos recursos naturais, torna-se necessário analisar os sistemas de geração de energia, utilizando fontes alternativas. A geração de gás a partir de matéria orgânica disposta dentro dos biodigestores consiste no processo bioquímico denominado fermentação anaeróbia (ausência de oxigênio) que tem como resultado a produção de gás metano e dióxido de carbono, assim como a formação de biofertilizante (OKAMURA, 2013).

Sendo um resíduo agroindustrial, as cascas de amendoim disponíveis consistem em um recurso abundante e acessível para o desenvolvimento de caminhos energéticos alternativos em relação ao uso de fontes de energia fósseis. No entanto, há pouca pesquisa desenvolvida relacionada com a utilização de resíduos da agricultura para tal propósito. Observa-se ainda que a utilização da casca do amendoim com a finalidade de produzir biogás ainda não foi explorada na literatura científica, portanto, observa-se grande potencial para pesquisa científica acerca da temática.

Outro ponto importante consiste no expressivo crescimento da cultura do amendoim no Brasil, em especial no município de Herculândia-SP, considerado o quarto maior produtor dessa leguminosa do estado (IBGE, 2017). A falta de alternativas rentáveis para a destinação das cascas oriundas do processo de beneficiamento é um desafio, como discutido anteriormente, tanto para sua disposição no meio ambiente quanto para a agregação de valor a esse resíduo. Para que isso ocorra é necessário realizar incentivos na busca de tecnologias que possibilitem a geração de fontes renováveis, almejando a sustentabilidade dentro das pequenas propriedades.

Dessa forma, o problema desta pesquisa está centrado na seguinte pergunta norteadora: Qual o potencial de produção de biogás a partir da casca de amendoim? De forma a responder à questão da pesquisa, essa dissertação estabeleceu como objetivo analisar a potencialidade e sustentabilidade da utilização da casca de amendoim como insumo para a geração de biogás pela agricultura familiar do município de Herculândia – SP.

Mais especificamente pretende-se:

- Elaborar um protótipo de biodigestor simples;
- Identificar o potencial da geração de biogás a partir da casca de amendoim;
- Avaliar a sustentabilidade do resíduo para implantação de biodigestor a partir do cálculo da contabilidade emergética.

RESSALVA:

Atendendo a solicitação do autor, o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 30 de abril de 2022.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo geral da presente dissertação foi de analisar a potencialidade e sustentabilidade da utilização da casca de amendoim como insumo para a geração de biogás pela agricultura familiar no município de Herculândia – SP. Mais especificamente pretendeu-se elaborar um protótipo de biodigestor simples, identificar o potencial da geração de biogás a partir da casca de amendoim e avaliar a sustentabilidade do resíduo para implantação de biodigestor a partir do cálculo da contabilidade emergética.

A utilização dos biodigestores visando a produção de energias limpas vem de encontro aos anseios dos países membros da ONU, que aderiram aos ODS, na medida em que buscam aumentar substancialmente a participação de energias renováveis na matriz energética global para assim alcançar a sustentabilidade. O protótipo desenvolvido além de ser de fácil construção possui custo relativamente baixo, se tornando uma tecnologia acessível principalmente para os pequenos estabelecimentos rurais. A biodigestão da casca do amendoim consiste em uma excelente alternativa para a destinação de diversos resíduos, gerando subprodutos de grande interesse econômico. Para cada tipo de resíduo a quantidade de biogás produzido varia, isso é decorrente de sua composição.

Desta forma, o protótipo do biodigestor elaborado para identificar o potencial de geração de biogás utilizando a casca de amendoim apresentou-se como um instrumento de grande importância no reaproveitamento dos resíduos para a finalidade energética. O produtor pode fazer o uso do biogás para a de geração de energia, que pode ser aplicada tanto no suprimento de sua propriedade, como no próprio secador do amendoim ou no aquecimento dos animais, como exemplo no aviário, quanto para seu consumo das atividades cotidianas.

De acordo com as análises obtidas neste trabalho, pôde-se observar que a casca do amendoim apresentou uma produção de aproximadamente 0,2 m³ de biogás a partir da mistura de 11,4 kg de casca de amendoim triturada com 216 litros de água. Em relação à produção por hectare, os resíduos possuem potencial para gerar um montante de 22,3 m³ de biogás, que corresponde a uma energia gerada de 31,84 kWh/mês.

O resíduo da casca do amendoim mesmo apresentando baixo potencial na geração de biogás quando comparado aos dejetos animais, possui potencial para ser utilizados em pequenas propriedades rurais, visto o baixo consumo energético dos estabelecimentos ligados à agricultura familiar. Contudo, o consumo de eletricidade proveniente do biogás dentro do próprio sistema, incentiva a geração de energia elétrica por meio de fontes renováveis de forma descentralizada, minimizando a utilização de energia provindas das concessionárias.

Já em relação a avaliação da sustentabilidade do resíduo para implantação de biodigestor a partir do cálculo da contabilidade emergética, observou-se através da análise do amendoim demonstrou que o cultivo está muito longe de uma prática sustentável, isto é decorrente de pouca utilização de recursos naturais renováveis que representa apenas 20,87% dos recursos contra 62,58% provenientes da economia.

O valor do Indicador de Sustentabilidade sugeriu que a cultura do amendoim possui um índice de baixa sustentabilidade, expresso em 0.192, isto indica que é necessário repensar as práticas agrícolas desenvolvidas no cultivo, como a redução da utilização de fertilizantes químicos e a inclusão de maior quantidade de adubo verde ou esterco.

Ainda é necessário destacar que há uma alta demanda na utilização de recursos não renováveis para a cultura do amendoim, maior que a quantidade de recursos renováveis, fazendo com que o estabelecimento não consiga atingir os parâmetros de sustentabilidade.

Posterior à análise emergética, foi observado que dentre os *outputs* da produção do amendoim, a casca possui uma grande contribuição por representar 30% de todo volume de produção. Desta forma, partindo dos aspectos relatados é de suma importância a existência de um tratamento adequado aos resíduos da agricultura, e agroindustriais, pois quando não tratados de forma correta, podem trazer grandes problemas ao meio ambiente e à sociedade como a poluição e contaminação, acarretando risco à saúde humana.

Assim, ao observar as aplicações que os produtores do município empregam para a casca do amendoim, notou-se que a principal utilização se consiste na queima em fornalhas das indústrias como recurso energético. Entretanto, quando essa mesma casca é submetida ao processo de biodigestão, observou-se que, a energia liberada a partir da queima do biogás é aproximadamente 10 vezes maior do

que quando usada *in natura*. Assim conclui-se que tratando-se da produção energética, utilizá-la para a produção de biogás é viável do ponto de vista quantitativo.

Outro ponto de relevância, está na ampliação da produção de biogás a partir da casca de amendoim a partir da associação com outros resíduos com maior potencial metanogênico. Ao considerar a diversidade de recursos presentes dentro dos estabelecimentos rurais da agricultura familiar, tal aplicação surge como uma ferramenta tanto de viabilidade econômica, reduzindo os custos com energia elétrica ou gás de cozinha quando ambiental.

No entanto, dentre os entraves que permearam este experimento e merecem atenção, a necessidade de realizar repetições no processo de produção de biogás a partir da casca do amendoim em outras épocas do ano, para avaliar sua mudança de comportamento quando submetido a condições externas diferentes, outro ponto foi o dispositivo de armazenamento do biogás produzido, que não possibilitou que o biogás fosse comprimido.

De modo geral, mesmo que de forma tímida algo deste gênero se torna inédito na região, disponibilizando novas bases para que os produtores possam avaliar outras culturas, tendo como base seus indicadores energéticos, e assim, tomar decisões sobre a que mais lhe atrai economicamente e com menor impacto ambiental buscando prover soluções ao descarte da casca de amendoim, mitigando de fato, futuros problemas ambientais e caminhando lado a lado com os objetivos de desenvolvimento sustentável preconizado por todos.

Para os encaminhamentos futuros dentre as investigações que podem ser desenvolvidas para a melhoria deste trabalho é possível destacar a utilização de outros resíduos disponíveis dentro dos estabelecimentos da agricultura familiar com o intuito de potencializar a produção de biogás em especial os de origem animal. Outro ponto é o desenvolvimento de equipamentos de baixo custo para a comprimir o gás em botijões tornando sua utilização mais fácil aos produtores. Já em relação a metodologia energética sugere-se que sejam realizadas comparações com outras culturas da região, podendo auxiliar na tomada de decisões dos produtores.

6 REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, T. C. Avaliação emergética de propriedades agrossilvipastoris do Brasil e da Colômbia. 2006. 195 f. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

ALMEIDA, C.M.V.B.; BARRELLA, F.A.; GIANNETTI, B.F. Emergetic ternary diagrams: Five examples for application in environmental accounting for decision-making. **Journal of Cleaner Production**. 63-74, 2007.

ALMEIDA, R. G. Estudo da geração de resíduos sólidos domiciliares urbanos do município de caçador-SC, a partir da caracterização física e composição gravimétrica. **IGNIS**. Caçador – SC. v. 1, n. 1, p. 51-70, jan/jun, 2012.

AMARAL, C.M.C.; AMARAL, L.A.; LUCAS JÚNIOR, J.; NASCIMENTO, A.A.; FERREIRA, D.S.; MACHADO, M.R.F. Biodigestão anaeróbia de dejetos de bovinos leiteiros submetidos a diferentes tempos de retenção hidráulica. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.6, p.1.897-1.902, 2004.

AMARAL, R. A. Remoção de CO₂ e H₂S do gás natural por contactores com membranas. **Tese de Doutorado**, Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2009.

ANDRADE, H., O.; PINHEIRO, G., D.; PEREIRA, A., I., S.; FERREIRA, J., C., S., F.; BORGES, M., V., F. Aspectos Teóricos na Produção de Biogás e Biofertilizante pelo Mecanismo de Biodigestão e Geração de Energia Elétrica Limpa Através de um Gerador Específico. **VII CONNEPI- Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação**. Palmas, Tocantins, Brasil, 2012.

ARRUDA, M. H.; AMARAL, L. De L.; PIRES, O. P. J.; BARUFI, C. R. V. Dimensionamento de Biodigestor para Geração de Energia Alternativa. **Revista Científica Eletrônica De Agronomia**, Garças, ano 1, n. 2, 2002.

AUGUSTO, K. V. Z. Caracterização quantitativa e qualitativa dos resíduos em sistemas de produção de ovos: compostagem e biodigestão anaeróbia. 2007. 131 f. **Dissertação** (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita, Jaboticabal, 2007.

AVELLAR, L. H. N.; CARROCCI, L. R.; SILVEIRA, J. L. Biogás na co-produção: a utilização de subprodutos agro-industriais na geração de energia em unidades co-geradoras. **Bioteconologia, Ciência e Desenvolvimento. Novas Tecnologias**. 2002.

AZEVEDO, C. Regulação e Gestão de Resíduos Sólidos em Portos Marítimos: Análise e Proposições para o Brasil. **Tese de Doutorado-COPPE/UFRJ**, Rio de Janeiro, 2014.

BARBIERI, J. C. **Gestão ambiental empresarial: Conceitos, modelos e instrumentos.** São Paulo: **Saraiva**. 2007.

BARBOSA, R. M.; HOMEM, B. F. M.; TARSITANO, M. A. A. Custo de produção e lucratividade da cultura do amendoim no município de Jaboticabal, São Paulo. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 61, n. 4, p. 475-481, jun./ ago. 2014.

BARRELLA, F.A.; ALMEIDA, C.M.V.B.; GIANNETTI, B.F. Ferramenta para tomada de decisão considerando a interação dos sistemas de produção e meio ambiente. *Revista Produção*, v 15, n.1, p. 87-101. 2005.

BATZIAS, F. A.; SIDIRAS, D. K.; SPYROU, E. K. Evaluating livestock manures for biogás production: a GIS based method. **Renewable Energy**, v. 30, p. 1161–1176, 2005.

BEUX, S. Avaliação do tratamento de efluentes de abatedouro em biodigestores anaeróbicos de duas fases. 2005. 99p. **Dissertação de Mestrado** em Ciências e Tecnologia de Alimentos, Universidade de Ponta Grossa – UEPG/PR, Ponta Grossa, 2005.

BERTOL, O. J; FEY, E.; FAVARETTO, N.; LAVORANTI, O. J.;RIZZI, N. E. Mobilidade de P, Cu e Zn em colunas de solo sob sistema de semeadura direta submetida às adubações mineral e orgânica. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 6, p. 1841-1850, 2010.

BILOTTA, P.; ROSS, B. Z. Estimativa de geração de energia e emissão evitada de gás de efeito estufa na recuperação de biogás produzido em estação de tratamento de esgotos. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 21, n. 2, p. 275-282, abr./jun. 2016.

BLAIN, G. C.; KAYANO, M. T.; SENTELHAS, P. C.; LULU, J. Variabilidade sazonal da evapotranspiração relativa em Campinas (SP): caracterização climática e análise de tendências. **Bragantia**, Campinas, v. 68, p.545-553, 2009.

BONFIM, O. E. T.; REIS, A. L.; SANTOS, C. V.; SOARES, W. C.; OLIVEIRA, V. A. B. Estimativa do Potencial de Geração de Biogás Oriundos de Resíduo de Polpa de Maracujá e Acerola. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v.8, n.1, p. 316-325, 2019.

BOTELHO, A. A. Agricultura Familiar no leste paulista eE os Programas de apoio aos agricultores - Parte 1. **Pesquisa & Tecnologia**, vol. 9, n. 2, Jul-Dez 2012.

BOZBAS, K. Biodiesel as an alternative motor fuel: Production and policies in the European Union. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 12, n. 2, p. 542-552, 2008.

BRANCOLI, P. L. Avaliação experimental da co-digestão anaeróbia de resíduos orgânicos e lodo de esgoto em digestores têxteis. **Departamento de Recursos Hídricos e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro, 2014.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia, Empresa de Pesquisa Energética Plano Decenal de Expansão de Energia 2027 / Ministério de Minas e Energia. **Empresa de Pesquisa Energética**. Brasília: MME/EPE, 2018a.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética (Brasil). Balanço Energético Nacional 2018: Ano base 2017 / **Empresa de Pesquisa Energética**. – Rio de Janeiro: EPE, 2018b.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Plano Nacional de Energia 2030 / Ministério de Minas e Energia; colaboração **Empresa de Pesquisa Energética**. Brasília: MME: EPE, 2007.

BRASIL. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Lei 12.305/2010. Brasil, 2010.

BROWN, M.T.; CAMPBELL, D.E.; VILBISS, C.D.; ULGIATI, S. The geobiosphere emergy baseline: a synthesis. **Ecol. Model.**, 339 (2016), pp. 92-95. 2016.

BROWN, M.T.; RAUGEI, M.; ULGIATI, S. On boundaries and ‘investments’ in Emergy Synthesis and LCA: a case study on thermal vs. photovoltaic electricity. **Ecol. Indic.**, 15 (2012), pp. 227-235. 2012.

BROWN, M.T.; ULGIATI, S. Emergy assessment of global renewable sources. **Ecol. Model.**, 339 (2016), pp. 148-156. 2016.

BROWN, M.T.; ULGIATI, S. Updated evaluation of exergy and emergy driving the geobiosphere: a review and refinement of the emergy baseline. **Ecol. Model.**, 221 (20) (2010), pp. 2501-2508. 2010.

BROWN, M.T.; ULGIATI, S. Emergy Evaluations and Environmental Loading of Electricity Production Systems. **Journal of Cleaner Production**, vol 10. 321-334 p, 2002.

BROWN, M.T.; ULGIATI, S. Emergy-based indices and ratios to evaluate sustainability: monitoring economies and technology toward environmentally sound innovation. **Ecological Engineering**, v 9. 51-69 p, 1997.

BUAINAIN, A. M.; ROMEIRO, A. A agricultura familiar no Brasil: agricultura familiar e sistemas de produção. Brasília, DF: **Incra**, 62 p. Projeto: UTF/ BRA/051/BRA. 2000.

CAMIOTO, F.; MARIANO, E. B.; REBELATTO, D. A. N. Efficiency in Brazil's industrial sectors in terms of energy and sustainable development. **Environmental Science & Policy**, v 37, 50-60 p. 2014.

CAMPOS, J. R. **Alternativas para tratamento de esgotos** – Pré-tratamento de águas para abastecimento. Americana: Consórcio Intermunicipal das Bacias dos Rios Piracicaba e Capivari, 1994.

CAMPOS, V. B.; CAVALCANTE, L. F.; CAMPOS, S. S. P.; GHEYI, H. R.; CHAVES, L. H. G.; MESQUITA, F. O. Esterco bovino líquido em luvisso solo sódico: Resposta

biométrica e produtiva do maracujazeiro amarelo. **Idesia (Arica)**, v. 29, n. 2, p. 59-67, 2011.

CANEVER, V. B. Estudo de filtragem de biogás para fins energéticos utilizando como método de filtragem lavador de gases de baixo custo. Cascavel – PR: UNIOESTE. 80f. **Dissertação (Mestrado)** – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Cascavel, 2017.

CAO, K.; FENG, X. Distribution of emergy indices and its application. **Energy Fuel.**, 21 (2007), pp. 1717-1723. 2007.

CASTANHO, D. S.; ARRUDA, H. J. Biodigestores. In: **VI Semana de Tecnologia em Alimentos**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR Campus Ponta Grossa – Paraná. 2008.

CHERNICHARO, C. A. L. (Coord.) et al. **Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios**. Belo Horizonte: [s.n.], 2001.

CHERNICHARO, C. A. L. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias; reatores anaeróbios. 1. ed. Belo Horizonte: **Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental**, UFMG, v. 5. 1997.

CHIZZOTTI, M.L.; PEREIRA, L.G.R.; CHIZZOTTI, F.H.M.; LADEIRA, M.M.; MACHADO NETO, O.R. Uso da nutrição para redução na geração de metano: Eficiência no uso da energia para ruminantes x meio ambiente. In: II SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PRODUÇÃO DE RUMINANTES NO CERRADO. **Anais...** Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2012.

COELHO, O.; ORTEGA, E; COMAR, V. Balanço de emergia do Brasil, com dados de 1996, 1989 e 1981. In ORTEGA, Enrique. Engenharia ecológica e agricultura sustentável exemplos de uso da metodologia energética-ecossistêmica. Universidade Estadual de Campinas-**UNICAMP**. Campinas-São Paulo, 2003.

COLDEBELLA, A. Viabilidade do uso do biogás da bovinocultura e suinocultura para geração de energia elétrica e irrigação em propriedades rurais. **Dissertação**. 2006. 73 f. (Mestrado em Engenharia Agrícola / Engenharia de Sistemas Agroindustriais) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2006.

COMAR, M. V. Avaliação emergética de projetos agrícolas e agro - industriais no Alto Rio Pardo: a busca do Desenvolvimento Sustentável. 1998. C73a. **Tese** (doutorado) Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 1998.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. Custo de produção estimado - agricultura empresarial. **Culturas de 1ª Safra - Março/2019**. Brasília. 2019. Disponível em:< <https://www.conab.gov.br/info-agro/custos-de-producao/planilhas-de-custo-de-producao/itemlist/category/406-planilhas-de-custos-de-producao-culturas-de-1-safra> >. Acesso em: 26 mar. 2020.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos. **v. 7 - Safra 2019/20 - Sexto levantamento**, Brasília, p. 1-89 março 2020. Disponível em: < <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>>. Acesso em: 26 mar. 2020.

COSTA, A.N.R. **Análise sistêmica de embalagens de polietileno: emissões, energia e emergência**. 2011. 292f. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia Mauá, Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia, São Caetano do Sul, 2011.

COSTA, L. V. C. Biodigestão anaeróbia da cama de frango associada ou não ao biofertilizante obtido com dejetos de suínos: produção de biogás e qualidade do biofertilizante. 2009. 89 f. **Dissertação** (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Botucatu. 2009.

CRESTANA, S.; DENARDIN, J. E; FIGUEREDO, R. A. A ciência na sustentabilidade dos sistemas agrícolas. In: Congresso brasileiro da ciência das plantas daninhas, 26; congresso de la asociación latinoamericana de malezaz, 28., 2008, Ouro Preto. **Anais...** Ouro Preto-MG, 2008.

CUNHA, E. A. A. et al. ASPECTOS HISTÓRICOS DA ENERGIA EÓLICA NO BRASIL E NO MUNDO. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 8, n. 4, 2019.

DEGANUTTI, R., PALHACI, M. C. J. P., ROSSI, M., TAVARES, R., SANTOS, C. Biodigestores Rurais: Modelo Indiano, Chinês e Batelada. **FEAGRI**. Faculdade de Engenharia Agrícola de São Paulo, São Paulo, 2002.

DIESEL, R.; MIRANDA, C.R.; PERDOMO, C.C. Bipers: Coletâneas de tecnologias sobre dejetos suínos. EMBRAPA-Aves e Suínos e EMATER/RS; 2002. Electricity Production Systems. **Journal of Cleaner Production**, vol 10. 321-334 p. 2002.

EMERGY SOCIETY DATABASE. (2018). Disponível em: <<http://www.emergysociety.com/emergy-society-database/>>. Acesso em: 13 dez. 2019.

FAN, J.; MCCONKEY, B.G.; JANZEN, H.H.; MILLER, P.R. Emergy and energy analysis as an integrative indicator of sustainability: a case study in semi-arid Canadian farmlands. **Journal of Cleaner Production.**, 172 (2018), pp. 428-437. 2018.

FEROLDI, M. et al. Geração de biogás a partir de efluentes de abatedouros. **Journal of Agronomic Sciences**, Umuarama, v. 3, n. esp., p.130-148, 2014.

FERRAZ JR. et al. Thermophilic anaerobic digestion of raw sugarcane vinasse. **Renewable Energy**, v. 89, p. 245-252, April 2016.

FRIGON, J.C.; GUIOT, S.R. Biomethane production from starch and lignocellulosic crops: a comparative review. *Biofuel Bioprod.* **Biorefin Biofpr**, v.4, n.4, p.447-458. 2010.

GALBIATTI, J. A.; CAMELO, A. D.; SILVA, F. G.; GERARDI, E. A. B.; CHICONATO, D. A. Estudo qualiquantitativo do biogás produzido por substratos em biodigestores tipo batelada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 4, p. 432-437, Apr. 2010.

GALVÊAS, Ernane; A crise do petróleo; **APEC-Associação promotora de estudos de economia**; Rio de Janeiro; 1985.

GARFÍ, M. et al. Household anaerobic digesters for biogas production in Latin America: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 60, p. 599–614, 2016.

GASPAR, R. M. A. B. L. Utilização de biodigestores em pequenas e médias propriedades rurais com ênfase na agregação de valor: um estudo de caso na região de Toledo-PR. 2003. 119 f. **Dissertação** (Engenharia de Produção) – UFSC, Santa Catarina. 2003.

GIANNETTI, B.F.; BARRELLA, F.A.; BONILLA, S.H.; ALMEIDA, C.M.V.B.; Aplicações do diagrama emergético triangular na tomada de decisão ecoeficiente **Prod.** vol.17 no.2 São Paulo May/Aug. 2007.

GONÇALVES, M. M.; SCHLEDCK, G. SCHWENGBER, J. E. Produção e uso de biofertilizantes em sistemas de produção de base ecológica. Pelotas: **Embrapa Clima Temperado**, p.7, 2009.

GUARNETTI, Rodrigo Luiz. Estudo da Sustentabilidade Ambiental do Cultivo Comercial do Bambu Gigante: Produção de Brotos e Colmos. 287p. **Dissertação** (mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia. Universidade Paulista (UNIP) São Paulo, 2007.

HASSAM, S. H. A. et al. Electricity generation from rice straw using a microbial fuel cell. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 39, p. 9490-9496, 2014.

ICLEI - Brasil - Governos Locais pela Sustentabilidade. **Manual para aproveitamento do biogás: volume dois, efluentes urbanos**. ICLEI - Governos Locais pela Sustentabilidade, Secretariado para América Latina e Caribe, Escritório de projetos no Brasil, São Paulo, 2010. Disponível em: < http://e-lib.iclei.org/wp-content/uploads/2018/10/Manual_para_aproveitamento_de_biog%C3%A1s.pdf>. Acesso em: 15 mai. 2019.

IEA Energy Statistics and Energy Balances, **Energy Balances of non-OECD countries 2002-2003**, 2005.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. 2017. **Produção Agrícola - Lavoura Temporária**. Disponível em: <

<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/herculandia/pesquisa/14/10193>>. Acesso em: 10 abr. 2019.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2018.

Produção Agrícola 2017. Disponível em: <

<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/14/10193?localidade1=35&localidade2=3>
>Acesso em: 2 de janeiro 2019.

JORGE, L., H., A.; OMENA, E. Biodigestor. **Dossiê Técnico**. SENAI/ AM- Escola SENAI Antônio Simões. Março, 2012.

KAREKESI et al. Status of Biomass Energy in Developing Countries and Prospects for International Collaboration. In GFSE-5 Enhancing International Cooperation on Biomass. **Background Paper**. Áustria, 2005.

KARLSSON, Tommy et al. **Manual básico de biogás**. 1. Ed. da Univates. Lajeado. 69 p. 2014.

LACERDA, T. H. M.; OLIVEIRA, A. J.; CARUSO, J. G. B. Viabilidade do tratamento do soro de queijo com digestão anaeróbia. **An. ESALQ**, Piracicaba, v. 47, n. 2, p. 557-573, 1990.

LAIME, E. M. O. et al. Possibilidades tecnológicas para a destinação da vinhaça: uma revisão. **Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 5, n. 3, p. 16-29, 2011.

LAUFER, A. Avaliação de processo alternativo de biodigestão para Tratamento de resíduos sólidos orgânicos domésticos, 2008. 111 f. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo. 2008.

LEFF, E. Racionalidade Ambiental: a reapropriação social da natureza. Tradução de Luís Carlos Cabral. Rio de Janeiro: **Civilização Brasileira**, 2006.

LIANG, S.; MCDONALD, A. G. Anaerobic digestion of pre-fermented potato peel wastes for methane production. **Waste Management**, v. 46, p. 197–200, 2015.

LIM, J. S. et al. A review on utilization of biomass from rice industry as a source of renewable energy. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 16, p. 3084-3094, 2012.

LIMA JÚNIOR, C. et al. Potencial de Aproveitamento Energético de Fontes de Biomassa no Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 07, n. 02, p. 207-221, 2014.

LOPES, A. G.; BRITO, E. C. Cogeração de energia elétrica derivada da queima do bagaço da cana-de-açúcar. 2009. **Monografia** (Curso Sequencial de Gestão Ambiental) – Centro Universitário de Lins – Unilins. 2009.

LUCAS JÚNIOR, J.; SANTOS, T.M.B. Aproveitamento de resíduos da indústria avícola para produção de biogás. In: **Proceedings do Simpósio sobre resíduos da Produção Avícola**. 12 Abril. Concórdia, SC, p. 27-43, 2000.

LU, H; XIE, H.L; CHEN, Q.R; JIANG, J.F. IMPACT of agricultural labor transfer and structural adjustment on chemical application: comparison of past developments in the ecological civilization pilot zones of China and their future implications. **Sustainability**, 10 (6) (2018), p. 14. 2018.

LU, Y.; CHEN, B. Urban studies based on emergy—a review in perspective of causality. **Energ. Proced.**, 61 (2014), pp. 2546-2549. 2014.

MANUAL DE CÁLCULO EMERGÉTICO. **Campinas**, 2002. Disponível em:< <http://www.unicamp.br/fea/ortega/curso/manual.htm>>. Acesso em: 13 dez. 2019.

MARIANO, M. V. *et al.* Avaliação em emergy como ferramenta de gestão nos parques urbanos de São Paulo. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 22, n. 2, p. 443-458, 2015.

MASCARENHAS, M. P. Triple BottomLine da sustentabilidade: uma análise em empresas nacionais produtoras de óleos e gorduras. **REUNIR – Revista de Administração, Contabilidade e Sustentabilidade**. Vol.3, nº 1, Jan./Abr., p. 62-79, 2013.

MARTINS, F. M.; DE OLIVEIRA, P. A. V. Análise econômica da geração de energia elétrica a partir do biogás na suinocultura. **Embrapa Suínos e Aves-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2011.

MARQUES, A. R. S.; LOURENZANI, A.E.B.S. O sistema agroindustrial do amendoim na microrregião de Tupã: análise do arranjo institucional. In: 57 Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural – SOBER. Ilhéus, Bahia, 2019. **Anais...** Ilhéus, Bahia, 2019

MATOS, A. T. Tratamento de resíduos Agroindustriais. Curso sobre tratamentos de resíduos agroindústrias. **Fundação Estadual do Meio Ambiente**. Mai/ 2005. Disponível em: <http://www.ufv.br/dec/simea/apresentacoes/CursoMatosFEAM2005.pdf> Acesso em: 15 de out. 2018.

MEDEIROS, D. C.; LIMA, B. A. B.; BARBOSA, M. R.; ANJOS, R. S. B.; BORGES, R. D.; CAVALCANTENETO, J. G.; MARQUES, L. F. Produção de mudas de alface com biofertilizantes e substratos. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 3, p. 433-436, 2007.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA (2005). **Plano Nacional de Agroenergia 2006-2011**. Brasília: Mapa, 120 p. 2005.

MIRELLY, S. MARQUES, A. A; SILVA JUNIOR, F. J; MONTEIRO, M. K. D; VIEIRA, A; VENTURA, A. F. A; VENTURA JUNIOR, R. Produção de biofertilizante, adubo orgânico e biogás para agricultura familiar. **Revista em Gestão, Educação e Tecnologia, (REGET)**. Issn 2236 1170, v. 18, n 3 Set-Dez, PP. 990-999, 2014.

MORAES, B. S.; ZAIAT, M.; BONOMI, A. Anaerobic digestion of vinasse from sugarcane ethanol production in Brazil: Challenges and perspectives. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 44, p. 888–903, 2015.

MOREDA, I. L. The potential of biogas production in Uruguay. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 54, p. 1580-1591, Feb. 2016.

NASCIMENTO, M.F., CPH – Chapas de partículas homogêneas – madeiras do nordeste do Brasil, **Tese de D.Sc.**, EESC/USP, São Carlos, SP, Brasil, 2003.

NOGUEIRA, L. A. H. Biodigestão: a alternativa energética. São Paulo: **Nobel**, 1986.

NOGUEIRA, L. A. H. Bioenergias e Sustentabilidade: **anexos e métodos**, São Paulo, 2005.

ODUM, H.T. Ecological and General Systems: An Introduction to Systems Ecology. **Niwot**: Univ. Press of Colorado. 1983.

ODUM, H.T. Emergy of Global Processes, Folio #2, Handbook of Emergy Evaluation, Center for Environmental Policy, **Environmental Engineering Sciences**, Univ. of Florida, Gainesville, 2000.

ODUM, H.T. Environmental Accounting, Emergy and Decision Making. New York: **John Wiley**. 370 pp. 1996.

OKAMURA, L. A. Avaliação e melhoria do poder calorífico de biogás proveniente de resíduos sólidos urbanos. 2013. 109f. **Dissertação** (Mestrado Acadêmico em Ciência e Tecnologia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2013.

OLIVEIRA, L.R.; MEDEIROS, R.M.; TERRA, P.B.; QUELHAS, O. L. G.; "Sustentabilidade: da evolução dos conceitos à implementação como estratégia nas organizações". **Produção**, v. 22, n. 1, p. 70-82, jan/fev. 2012.

OLIVER, A. P. M. Manual de Treinamento em Biodigestão. **Instituto de Estudos Del Hambre**. 2008. Disponível em <http://www.ieham.org/html/docs/Manual_Biodigestao.pdf> Acesso em: 07 mar. 2019.

ONU - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Cúpula das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento Sustentável**. Disponível em:<<https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>>. Acesso em: 21 mai. 2019.

ORRICO JÚNIOR, M. A. P. Biodigestão anaeróbia e compostagem de dejetos de suínos, com e sem separação de sólidos. 2007. 93 f. **Dissertação** (Mestrado em

Zootecnia) - Departamento de Engenharia Rural/Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal. 2007.

ORRICO JÚNIOR, M. A. P.; ORRICO A. C. A.; LUCAS JÚNIOR, J. Avaliação de parâmetros da biodigestão anaeróbia de dejetos de suínos alimentados com dietas à base de milho e sorgo. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 4, p. 600 -607, jul./ago. 2010.

ORRICO JÚNIOR, M. A. P.; ORRICO, A. C. A.; LUCAS JÚNIOR, J. Biodigestão anaeróbia dos resíduos da produção avícola: cama de frangos e carcaças. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 3, p. 546-554, maio/jun. 2010.

ORTEGA, E. (2002). CONTABILIDADE E DIAGNÓSTICO DE SISTEMAS USANDO OS VALORES DOS RECURSOS EXPRESSOS EM EMERGIA. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, **Departamento de Engenharia de Alimentos**. 2002.

ORTEGA, E. A contabilidade usando emergia: a possibilidades de uma síntese. E análise crítica da proposta da “Economia Verde”. In: **CONGRESSO SOBRE DESENVOLVIMENTO (CODE)**, Dezembro de 2011, Brasília. **Anais...** Brasília, 2011. Disponível em <www.unicamp.br/fea/ortega/codeipea/SinteseEmergetica.pdf>. Acesso: 21 nov. 2019.

ORTEGA, E. Aplicação do Conceito de Emergia na Contabilidade de Gestão Ambiental. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CUSTOS, 17., 2010, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: ABCustos. p. 1 - 15. 2010.

ORTEGA, E.; CAVALETT, O.; BONIFACIO, R.; WATANABE, M. Brazilian soybean production: Emergy Analysis With and Expanded Scope. *Bulletin of Science, Technology & Society*, v. 25, n. 4, p. 1-11. 2005.

PAULA JÚNIOR, S. E. M. **Avaliação das alternativas de disposição final do resíduo da produção de frango de corte**: cama de frango. 2014. 100 f. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) -Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2014.

PELLISSARI, P.G.Z.; PAZ, D.; BORON L., HERMES, E. MUCELIM, E.C. Utilização de resíduo de fécula de mandioca como agregado de argamassa de revestimento. **Engenharia Ambiental** - Espírito Santo do Pinhal, v.7, n.1, p.109-120, jan./mar. 2010.

PEREIRA, E. R.; DEMARCHI, J. J. A. A.; BUDIÑO, F. E. L. Biodigestores- Tecnologia para o manejo de efluentes da pecuária. 2009 Disponível em: <<http://www.iz.sp.gov.br/pdfs/1255981651.pdf>> Acesso em 04 mar. 2019.

PERMINIO, G.B. Viabilidade do uso de biodigestor como tratamento de efluentes domésticos descentralizado. 2013. 57 f. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Especialização em Formas Alternativas de Energia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras. 2013.

PERNA, V. et al. Hydrogen production in an upflow anaerobic packed bed reactor used to treat cheese whey. **Internacional Journal of Hydrogen Energy**, v. 38, p. 54-62, 2013.

PIRES, A.M.M. & MATTIAZZO, M.E. Avaliação da viabilidade do uso de resíduos na agricultura. Jaguariúna, **Embrapa**. 9p. 2008.

POKHAREL, S. Kyoto protocol and Nepal's energy sector. **Energy Policy**, n. 35, p. 2514– 2525, 2007.

REIS, L. B. **Geração de Energia Elétrica**. 2. ed. Barueri: Manole, 2011.

REIS, T; LOURENZANI, A. E. B. S; MACHADO, J.G.C.F. Innovation in peanut productive chain in Brazil between 1996-2016. **International Journal for Innovation Education and Research**. Vol:-6 No-05, 2018.

Panorama da produção de amendoim no Brasil. In: 55 Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, 2017, Santa Maria. **Anais...** do 55 Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, 2017.

RIBEIRO, M. F. S.; RAIHER, A. P. Potentialities of energy generation from waste and feedstock produced by the agricultural sector in Brazil: The case of the State of Paraná. **Energy Policy**, v. 60, p. 208–216, 2013.

RICCI, M. S. F, NEVES, M. C. P. **Cultivo do Café Orgânico**. Seropédica-RJ: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 95p. 2004.

ROBRA, S. et al. Usos alternativos para a glicerina proveniente da produção de biodiesel: Parte 2 - Geração de biogás. In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DO BIODIESEL, 1., Brasília, 2006. **Anais...** Brasília, 2006.

RODRIGUES, J. P. Efeito da adição de óleo e lipase sobre a biodigestão anaeróbia de dejetos suínos. 2012. 52 f. **Tese** (Doutorado) - Universidade Federal da Grande Dourados, Mato Grosso do Sul. 2012.

ROSE, D.C; SUTHERLAND, W.J; BARNES, A.P; BORTHWICK, F; FFOULKES, C; HALL, C; MOORBY, J.M; NICHOLASDAVIES, P; TWINING, S; DICKS, L.V. Integrated farm management for sustainable agriculture: lessons for knowledge exchange and policy. **Land Use Policy**, 81 (2019), pp. 834-842. 2019.

RYCKEBOSCH, E.; DROUILLON, M.; VERVAEREN, H. Techniques for transformation of biogas to biomethane. **Biomass and Bioenergy**, v.35, p.1633-1645, 2011.

SACHS, J. From Millennium Development Goals to Sustainable Development Goals. **The Lancet**, vol. 379, 2012.

SALOMON, K. R. Avaliação técnico-econômica e ambiental da utilização do biogás proveniente da biodigestão da vinhaça em tecnologias para geração de eletricidade.

2007. **Tese** (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Univ. Federal de Itajubá, Itajubá, 2007.

SANTANA, L. E.; CINTRA, L. M. L.; A biodigestão como solução para a destinação dos resíduos do setor pecuarista. **Revista da Ciência da Administração**, v.6, 2012.

SANTOS, A. C. V. dos. Efeitos nutricionais e fitossanitários do biofertilizante líquido a nível de campo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.13, n4, p. 275 – 279. 1991.

SANTOS, R. S.; FREIRE, R. M. M.; SUASSUNA, T.M.F.; REGO, G.M. BRS Havana: nova cultivar de amendoim de pele clara. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília. v.41, n.8. 2006.

SCHMITT, D. E. Uso da análise emergética como ferramenta de avaliação ambiental em uma propriedade agroecológica. Florianópolis (SC). UFSC. 2009. 41f. **Trabalho de conclusão de curso** (Agronomia). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis (SC). 2009.

SCIUBBA, E.; ULGIATI, S. Emery and exergy analyses: complementary methods or irreducible ideological options? **Energy**, 30 (10) (2005), pp. 1953-1988. 2005.

SGANZERLA, Edílio. Biodigestores: uma solução. Porto Alegre. **Agropecuária**, 1983.

SILES, J. A. et al. Integral valorisation of waste orange peel using combustion, biomethanisation and co-composting technologies. **Bioresource Technology**, v. 211, p. 173–182, 2016.

SILVA, C. C. **A atribuição de custos em sistemas energéticos agropecuários: uma análise em energia, termoeconomia e economia**. 2009. 156 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

SILVA, C. E. F.; ABUD, A. K. S. Acompanhamento do Tempo de Retenção Hidráulico (TRH) na Biodigestão de Vinhaça e Utilização de seu Biofertilizante em Sementes de Feijão. **Scientia Plena**, v. 10, n. 7, 2014.

SILVA, C. O.; SANTOS, A. S.; SANTOS, M. B.; CEZAR, V. R. S. Biodigestão anaeróbia com substrato formado pela combinação de esterco ovinocaprino, manipueira e biofertilizante. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais, Aquidabã**, v. 4, n. 1, 2013.

SILVA, J. G., in STÉDILE, João Pedro. **A questão agrária na década de 90**. 4. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2004.

SILVA, M. T.; AMARAL, J. A. B. Evapotranspiração e coeficientes de cultivo do amendoim irrigado em condições edafoclimáticas na região do cariri do Estado do Ceará. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v. 8, n. 1. 102-110 p. 2008.

SILVA, O.C. Uma avaliação da produção de bioetanol no contexto da agricultura familiar a partir da experiência da Cooperbio. 2012. 155f. **Tese** (Doutorado – Programa de Pós-Graduação em Energia) – Universidade de São Paulo, São Paulo. 2012.

SILVA, W. T. L.; NOVAES, A. P. L.; KUROKI, V.; ALMEIDA, L. F.; MAGNONI JÚNIOR, M. L. Avaliação físico-química de efluente gerado em biodigestor anaeróbio para fins de avaliação de eficiência e aplicação como fertilizante agrícola. **Química Nova**, v. 35, n.1, p. 35-40, 2012.

SINISGALLI, P. A. A. A energia como indicador de valor para a análise econômica ecológica. **Megadiversidade**, v.2, n 1-2. P.18-23. 2006.

SOUZA, M. Análise emergética do assentamento Fazenda Ipanema: reforma Agrária e desenvolvimento sustentável. 2006.135 f. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Unicamp, Campinas. 2006.

SOUZA, M. M. Caracterização e viabilidade econômica do uso energético de resíduos da colheita e do processamento de *Pinus taeda* L. 2010. 77f. **Dissertação**. Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Universidade Federal do Paraná. 2010.

SOUZA, S.N.M.; PEREIRA, W.C.; NOGUEIRA, C. E.C.; PAVAN, A.A.; SORDI, A. Custo da eletricidade gerada em conjunto motor gerador utilizando biogás da suinocultura. **Acta Scientiarum Technology**, v. 26, n. 2, p. 127-133, 2004.

TABELA DE TRANSFORMIDADES. Campinas, 2000. Disponível em: <<http://www.unicamp.br/fea/ortega/curso/transformid.htm>>. Acesso em: 13 dez 2019.

TEIXEIRA, M. P. R. Contabilidade ambiental emergética: uma análise comparativa entre sistemas de produção leiteira. Lavras: UFLA, 2011. 139 p.139: il. **Dissertação** (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2011.

THEMELIS, N. J.; ULLOA, P. A. Methane generation in landfills. **Renewable Energy**, v. 32, p. 1243–1257, 2007.

TOLMASQUIM, M. T. **Geração de energia elétrica no Brasil**. Rio de Janeiro: Interciência, 2005.

TONISSI, R. H.; GOES, B.; SOUZA, A. K. A.; PEREIRA, D. F.; OLIVEIRA, E. R.; BRABES, K. C. Degradabilidade ruminal da matéria seca e proteína bruta, e tempo de colonização microbiana de oleaginosas, utilizadas na alimentação de ovinos. **Revista Acta Scientiarum, Animal Sciences**, Maringá, v. 33, n. 4, p. 373-378, 2011.

UNICA – UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA DE AÇÚCAR. **Bioeletricidade**: Cresce utilização de vinhaça de cana para gerar energia e como fertilizante. 27 abr. 2012. Disponível em: <<http://www.unica.com.br/noticia/39870311920324775593/cresce-utilizacao-devinhaca-de-cana-para-gerar-energia-e-como-fertilizante/>>. Acesso em: 18 dez. 2019.

VENDRAMETTO, L. P.; BONILLA, S. H.; Contribuições da Contabilidade Ambiental em Emergia para a Compreensão do Sistema de Produção da Soja na Perspectiva da Agricultura Sustentável. 2009. **2nd International Workshop | Advances in Cleaner Production**. São Paulo, Brasil, 2009.

VIEGAS, E. C. Gestão da água e princípios ambientais. Caxias do Sul: **Educs**, 2008.

WALKER, E. Estudo da viabilidade econômica na utilização de biomassa como fonte de energia renovável na produção de biogás em propriedades rurais. 2009. 93 f. **Dissertação** (Mestrado em Modelagem Matemática) - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí. 2009.

WANG, X.L.; LI, Z.J.; LONG, P.; YAN, L.L.; GAO, W.S.; CHEN, Y.Q.; SUI, P. Sustainability evaluation of recycling in agricultural systems by emergy accounting. **Resour. Conserv. Recycl.**, 117 (2017), pp. 114-124. 2017.

WARE, A.; POWER, N. Biogas from cattle slaughterhouse waste: Energy recovery towards an energy self-sufficient industry in Ireland. **Renewable Energy**, v. 97, p. 541-549, 2016.

ZAMORANO, M. et al. Study of the energy potential of the biogas produced by an urban waste landfill in Southern Spain. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 11, p. 909–922, 2007.

ZANATO, J. A. F. Produção e qualidade do biogás gerado com os dejetos de diferentes espécies animais. 2014. 112 f. **Tese** (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. 2014.

ZHANG, X.H.; XIANG, N.; WANG, W.L.; LIAO, W.J.; YANG, X.D.; SHUI, W.; WU, J.; DENG, S.H. An emergy evaluation of the sewage sludge treatment system with earthworm composting technology in Chengdu, China. **Ecol. Eng.**, 110 (2018), pp. 8-17. 2018.

ZUCARO, A.; MELLINO, S.; VIGLIA, S.; ULGIATI, S. Assessing the environmental performance and sustainability of national agricultural systems. **Journal of Environmental Accounting and Management**, 1 (4) (2013), pp. 381-397. 2013.

APÊNDICE A - IMPLANTAÇÃO DO BIODIGESTOR

Para desenvolver esta pesquisa, propõem os seguintes procedimentos: 1. Estudo teórico e capacitação sobre as técnicas que serão empregadas para o sucesso deste projeto; 2. Escolha do local acessível para acondicionar o Biodigestor; 3. Aquisição de materiais para a construção do Biodigestor; 4. Produção do Biogás iniciando as fases de testes quanto às variáveis envolvidas na produção; 5. Processamento das informações e análises dos dados obtidos.

Para viabilização do projeto foram utilizados três tambores plásticos de 120 litros do tipo bombona com tampa removível e com sistema de vedação com alças, os mesmos são da cor azul opaco para impedir a incidência dos raios solares sobre o material acondicionado em seu interior, esses tambores simulam perfeitamente as condições de um equipamento como o biodigestor modelo indiano e canadense (PEREIRA et al., 2009).

Os tambores foram interligados para que o processo de fermentação anaeróbica seja ininterrupto, ou seja, o biodigestor se configura em modelo de fluxo contínuo. Além dos tambores foram utilizados, bombonas de 50 litros com tampa removível, canos PVC, conexões, colas, materiais para vedação, filtro purificador de Ácido Sulfídrico (H_2S), termômetro e recipiente para acondicionamento do biogás produzido conforme Tabela 15.

Tabela 15 - Materiais utilizados para a construção do protótipo

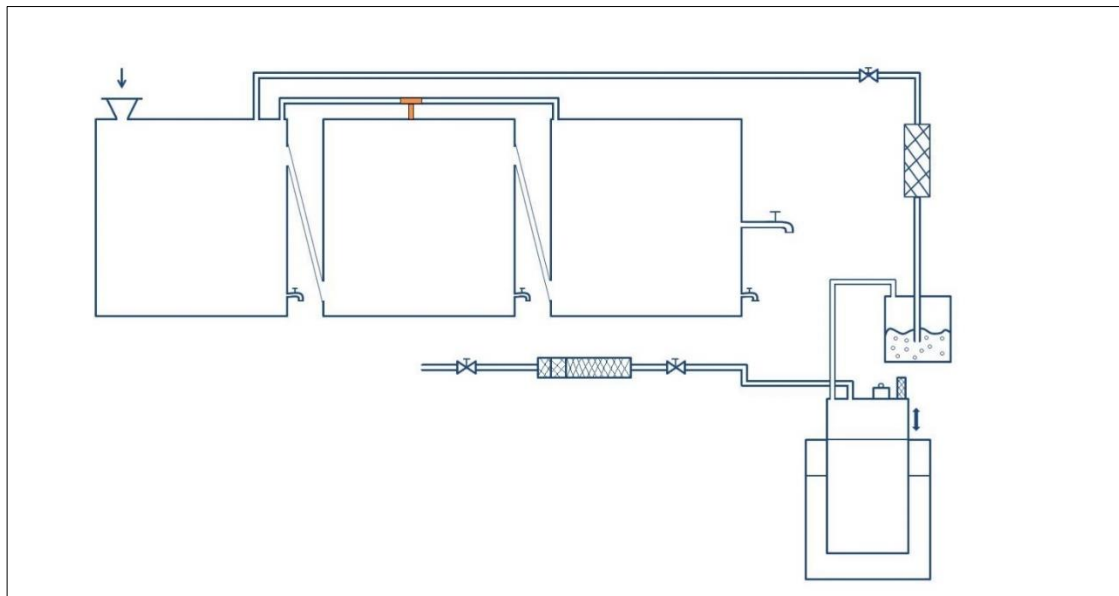
Material	Dimensão	Quant. (Unidade/Metros)
Tambor (bombona plástica)	120 litros	3
Flange	1/2"	1
Flanges	2"	9
Curvas 45°	1/2"	1
Curvas 45°	2"	8
Cano PVC	2"	5
Válvula	1/2"	1
Válvula	2"	2
Válvula de Retenção PVC	2"	1

Engate Rápido	1/2"	10
Conector Engate Rápido	1/2"	10
Veda Rosca	Médio	1
Tampas PVC	4"	6
Cano PVC	4"	2
T PVC	1/2"	2
Mangueira Flexível Transparente	1/2"	2
Espiga	1/2"	10
Abraçadeira	1/2"	10
Torneira	1/2"	1

Fonte: Próprio autor.

O protótipo foi construído nas dependências da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Faculdade de Ciências e Engenharia - Campus de Tupã, conforme Figura 22. Após a construção foram realizados testes para identificar possíveis vazamentos nos tambores e tubulações, evitando assim, a dispersão do biogás produzido, sua instalação ocorreu em uma propriedade rural localizada no município de Herculândia-SP na Estrada Vicinal municipal Pedro Dalevedove Km 2.

Figura 22 - Croqui do protótipo do biodigestor contínuo

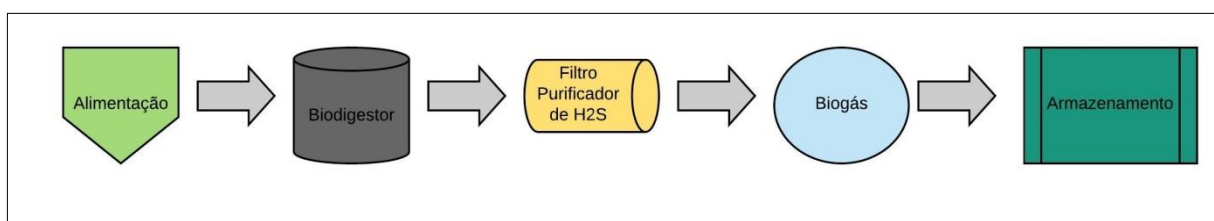


Fonte: Elaborado pelo autor.

Decorridos os testes, verificando a eficiência da vedação do sistema, o mesmo foi enterrado para acelerar o processo de biodigestão, uma vez que, devido ao período dos testes ter sido realizado entre os meses de novembro/2019 a fevereiro/2020, predominou um clima quente na região de Herculândia, que por hora, tende a influenciar positivamente na velocidade de decomposição da matéria orgânica, visto que, segundo os autores Lucas Júnior e Santos, (2000), a temperatura ideal dependendo do tipo de bactéria pode variar entre 20°C e 70°C.

O fluxograma representado na Figura 23 ilustra as etapas do processo de produção do biogás proveniente dos resíduos da casca do amendoim.

Figura 23 - Sistema completo o processo de biodigestão



Fonte: Adaptado de Bonfim et al, (2019).

O processo de biodigestão produz biogás a partir da fermentação anaeróbia. Além disso, gera outro produto resultante do processo que é o biofertilizante. Esse, por sua vez, apresenta propriedades nutricionais excelentes para a utilização como adubo orgânico nas mais diversas culturas, colaborando para a redução energética utilizada na produção de fertilizantes minerais (OLIVEIRA, et al., 2012).

APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO APLICADO EM CAMPO

Para que fosse possível identificar os índices da contabilidade emergética, foi desenvolvido o questionário a seguir para identificar alguns dados faltantes necessários para a pesquisa e aplicado em seis produtores de amendoim do município de Herculândia.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO” FACULDADE DE CIÊNCIAS E ENGENHARIA

Programa de Pós-Graduação em Agronegócio e Desenvolvimento

ANÁLISE DA POTENCIALIDADE DA CASCA DO AMENDOIM COMO RESÍDUO GERADOR DE BIOGÁS NA AGRICULTURA FAMILIAR

Questionário de pesquisa de campo

Nome do entrevistado: _____

Empresa: _____

Endereço: _____

Data da entrevista: ___/___/_____

Questões

1- Quais as atividades desenvolvidas pela empresa? (plantio, colheita, secagem, beneficiamento, comercialização ou todas)

2- Há quanto tempo estão no comércio do amendoim?

3 – Em relação a mão de obra. Quais e quantos profissionais são utilizados nas etapas do cultivo de um hectare de amendoim?

4 – Para o cultivo de um hectare de amendoim em média são gastos quantos litros de combustível? (tratores, máquinas e caminhões)

5 – Em relação aos tratores utilizados para o cultivo. Quais as principais marcas adquiridas para o processo?

6 - Tratando-se do processo de comercialização, quais os principais compradores de amendoim da empresa?

7 – Quais foram as principais adequações na cadeia produtiva (plantio, colheita, secagem beneficiamento e comercialização) necessárias para melhorar a produtividade?

8 - Além das adequações necessárias, quais implementos foram utilizados para aumentar a produtividade?

9 – Tratando-se dos resíduos. Qual a destinação dada as cascas provenientes do beneficiamento do amendoim?

10 - Quais as perspectivas da empresa para o futuro?

ANEXO 1 – MANUAL DE MONTAGEM E UTILIZAÇÃO DO BIODIGESTOR

O manual a seguir foi desenvolvido pelo aluno Leonardo Alexandre Lopes, graduando do curso de Engenharia de Biossistemas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Faculdade de Ciências e Engenharia, Campus de Tupã. O graduando foi selecionado como colaborador para o desenvolvimento desse projeto de pesquisa, participando do projeto de iniciação científica que teve como intuito a construção do protótipo de biodigestor. Além da iniciação científica o aluno recebeu uma bolsa patrocinada pela iniciativa privada, que também custeou todo o protótipo.

O Aluno participou de todos os passos do projeto de construção do biodigestor, desde a elaboração do protótipo, levantamento de peças e materiais, orçamento, construção, instalação e acompanhamento durante todo o período de realização do experimento. O manual tem como finalidade, apresentar aos pequenos produtores um guia de elaboração de um biodigestor de baixo custo e de fácil construção e manuseio, tornando a pequena propriedade um estabelecimento que contribui com a sustentabilidade.



COMO MONTAR E USAR O BIODIGESTOR ANAERÓBICO





SUMÁRIO

O que é o Biodigestor?	3
Vantagens de utilizar o Biodigestor	5
Materiais para montar o Biodigestor	6
Prepare as Bombonas	9
Bombona de Carga	12
Bombona de Descarga	13
Estrutura dos Filtros.....	14
Montagem dos Filtros.....	15
Saída de Biogás	17
Instalação do Biodigestor	20
Precauções	21
Mãos à obra	22
Referências.....	23

O que é o Biodigestor?

É um equipamento simples e fechado que tem como funcionalidade, a partir da decomposição de matéria orgânica, a produção de biogás que pode ser utilizado nos fogões de cozinha, e de biofertilizante que pode atuar como defensivo agrícola e adubo orgânico.

O biodigestor anaeróbico é composto basicamente por cinco (5) compartimentos: uma bomba de carregamento (carga), onde é possível fazer o abastecimento de matéria orgânica no biodigestor; três (3) bombas enterradas no solo, onde ocorrerá a digestão anaeróbica, que é um processo de decomposição da matéria por meio de bactérias em um meio sem a presença de oxigênio; uma bomba de descarga para retirada do biofertilizante.



Figura 1 - Biodigestor sendo montado/Próprio Autor

O biogás produzido é composto normalmente de 55 a 65% de gás metano, de 35 a 45% de gás carbônico e o restante é composto de gases como hidrogênio, oxigênio e gás sulfídrico. Entre os mencionados acima, o metano é o gás utilizado para acender as chamas do fogão, portanto no biodigestor também existem filtros para reter os outros gases.

1º Filtro – Lã de aço

- Nesse filtro o material utilizado será a lã de aço (conhecido como Bombril), que terá como função absorver o gás sulfídrico, que é famoso por seu odor de ovos podres.

2º Filtro – Água com cloro

- Aqui será feita uma mistura de água com cloro, que servirá para reter as moléculas de gás carbônico.

3º Filtro – Sílica-gel

- A sílica-gel é um material sintético que é usado para absorver umidade, logo as moléculas de hidrogênio e oxigênio serão retidas nesse filtro.

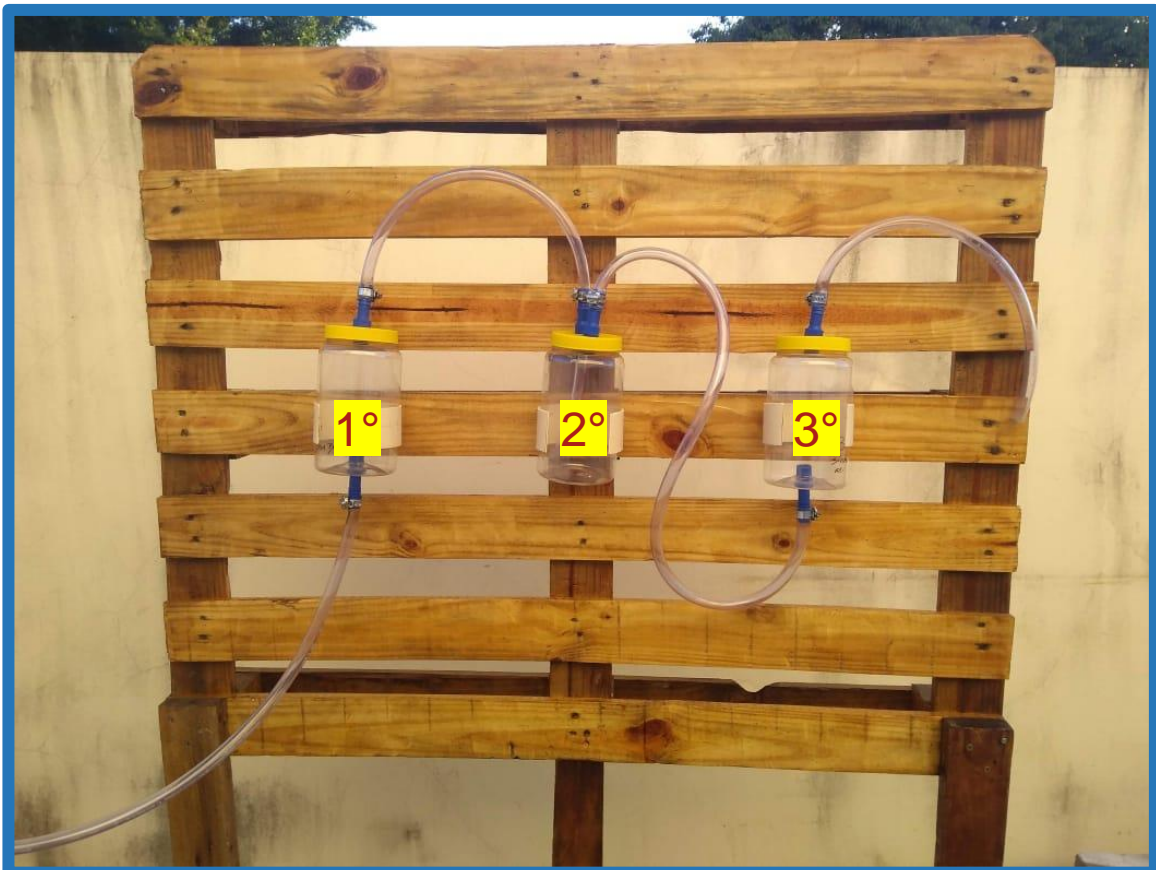


Figura 2 - Filtros do Biodigestor/Próprio Autor

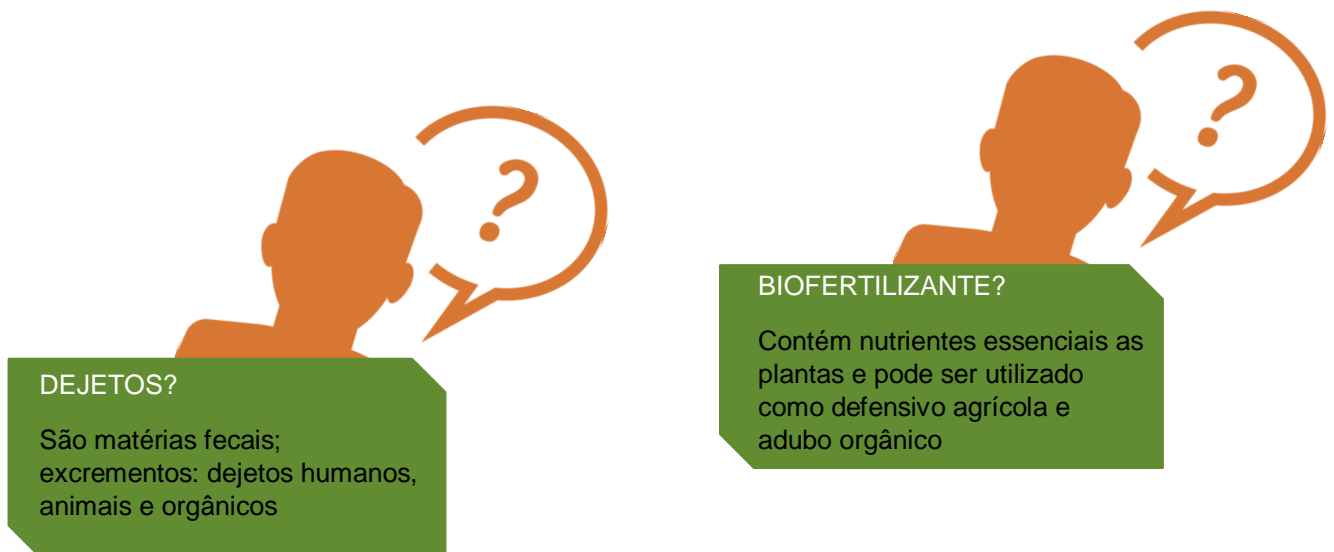
Vantagens de utilizar O Biodigestor

Grandes problemas ambientais, sociais e econômicos são causados pelo descarte incorreto dos dejetos no meio rural, como a contaminação de rios, lagos, solos e até mesmo do ar, tornando assim um risco não só para o meio ambiente, mas também para pessoas e animais que vivem nessas áreas.

O biodigestor tem papel fundamental, principalmente por dar a esses dejetos uma função e um destino muito melhor, podendo fazer de um grande problema uma oportunidade ao produtor rural de gerar gás de cozinha e biofertilizante.

Além disso, o sistema biológico de funcionamento do biodigestor para se obter energia, não necessita de gasto de energia, portanto, o saldo final é de 100% e melhor ainda a partir de uma fonte não-poluidora.

A população rural no Brasil é consideravelmente grande, segundo uma pesquisa realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 2015, foi calculado que próximo a 16% da população brasileira, o que representa algo em torno de 30,9 milhões de pessoas, residiam em áreas rurais. Deste modo a quantidade de biomassa residual produzida é muito considerável, e pode ser utilizada com facilidade para produção de energia a baixo custo.



Materiais para montar o Biodigestor



3 BOMBONAS DE 125 LITROS – TAMPA REMOVÍVEL



2 BOMBONAS DE 50 LITROS – TAMPA REMOVÍVEL



8 CURVAS DE 45° PVC 4"



2 VÁLVULAS SOLDÁVEIS 4" PVC



3 POTES DE PLÁSTICOS DE TAMANHO MÉDIO E COM TAMPA REMOVÍVEL



9 FLANGES 4" PVC

Materiais para montar o Biodigestor



12 ABRAÇADEIRAS



1 ADAPTADOR DE MANGUEIRA



7 ESPIGAS 1/2" DE PLÁSTICO



2 T 1/2"



1 JOELHO 90° 1/2"



1 VÁLVULAS SOLDÁVEIS 1/2" PVC

Materiais para montar o Biodigestor



1 PALLET



4 METROS DE MANGUEIRA DE JARDIM 1/2"



2 METROS DE MANGUEIRA DE GÁS 1/2"



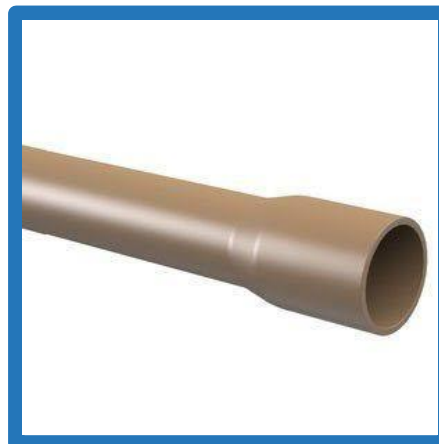
2 REGISTRO DE GÁS 1/2"



1 CÂMARA DE AR DE CAMINHÃO



TUBO SOLDÁVEL PVC DE 4"



TUBO SOLDÁVEL PVC DE 1/2"

Prepare as bombonas

As bombonas devem ser furadas de modo com que um flange seja fixado na superfície superior e outro na superfície inferior do reservatório, para que sejam coladas as conexões e encanamentos assim como na Figura 3:



Figura 3 - Posição dos Flanges/Próprio Autor

Após isso devem ser coladas, com cola para PVC, as curvas de 45° e os pedaços de cano 4 polegadas (devem ser medidos conforme o local de instalação e as medidas da bombona), para que seja possível interligar os encanamentos entre as bombonas:



Figura 4 - Posição das conexões e encanamentos/Próprio Autor

Na tampa das bombonas devem ser colocadas “saídas” para o gás, com canos ½ polegada de forma igual a Figura 5:



Figura 5 - Peça de Cano na saída da tampa da bombona/Próprio Autor

Por meio de canos ½ polegada e conexões deve ser feito isso em todas as tampas de modo com que as três (3) bombonas compartilhem o mesmo gás:

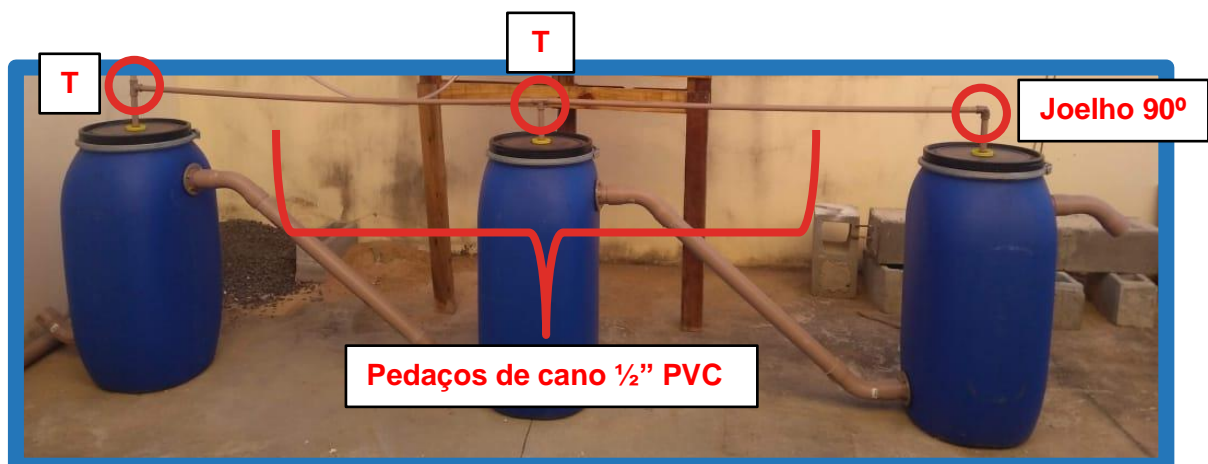


Figura 6 - Conexões e encanamentos/Próprio Autor

Na primeira bombona deverá ser inserido um cano na vertical no “T”, para que quando os reservatórios forem enterrados esse fique exposto com uma válvula e mangueira para entrar nos filtros.



Figura 7 - Encanamento que ficará exposto/Próprio Autor

Alguns componentes devem ser colocados junto ao encanamento, como por exemplo a válvula para controlar a ida de gás aos filtros e o adaptador para rosca junto a uma espiga para que seja possível conectar uma mangueira de jardim. Não se esqueça de apertar com uma abraçadeira!



Figura 8 – Controle da saída de gás das bombonas para os filtros /Próprio Autor

Bombona de Carga

A bombona de Carga, é o reservatório onde a matéria orgânica, juntamente com porções de água determinadas pelo tipo de matéria, será colocada e já começará o seu processo de decomposição. É importante lembrar que este recipiente ficará sobre o solo.



Figura 9 - Bombona de Carga/Próprio Autor

O preparo dessa bomba é bem simples: deve ser feito apenas um furo em sua superfície na parte frontal inferior, para que seja colocado um flange, uma curva de 45°, uma válvula 4 polegadas e o encanamento levando até a primeira (1ª) bombona que estará enterrada.

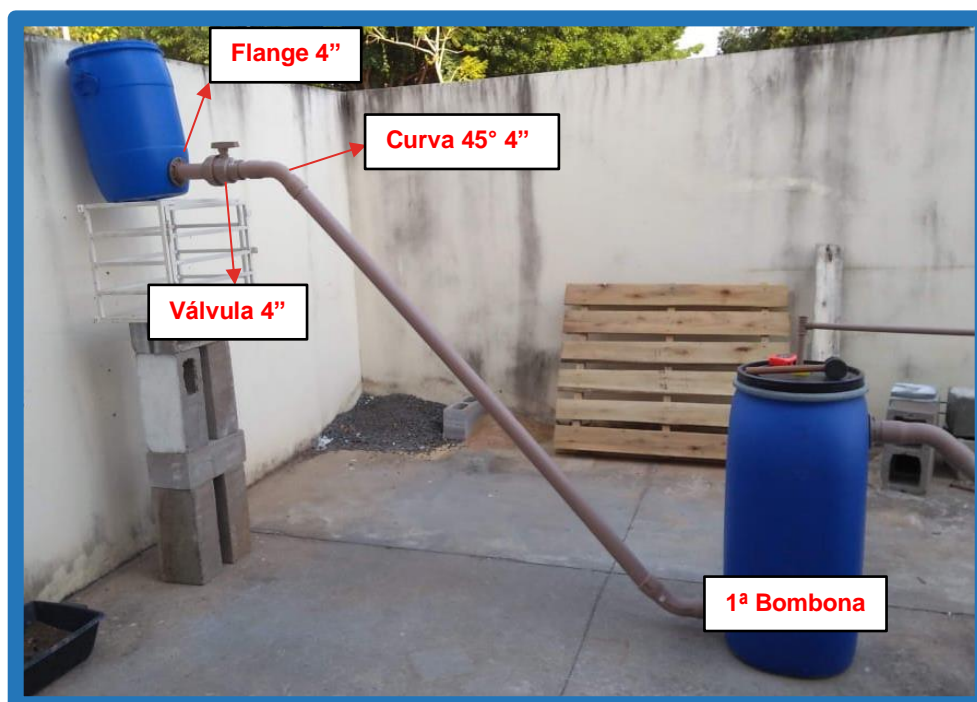


Figura 10 - Posição dos Flanges/Próprio Autor

Bombona de Descarga

A bombona de Descarga, é idêntica à de Carga, entretanto com posição e função diferente. Nesse reservatório, que se encontra no final do Biodigestor (conectado a 3ª bombona), é depositado toda a biomassa e o biofertilizante que são gerados no processo. É importante lembrar que este recipiente ficará um nível abaixo das três (3) bombonas principais, mas não enterrado.

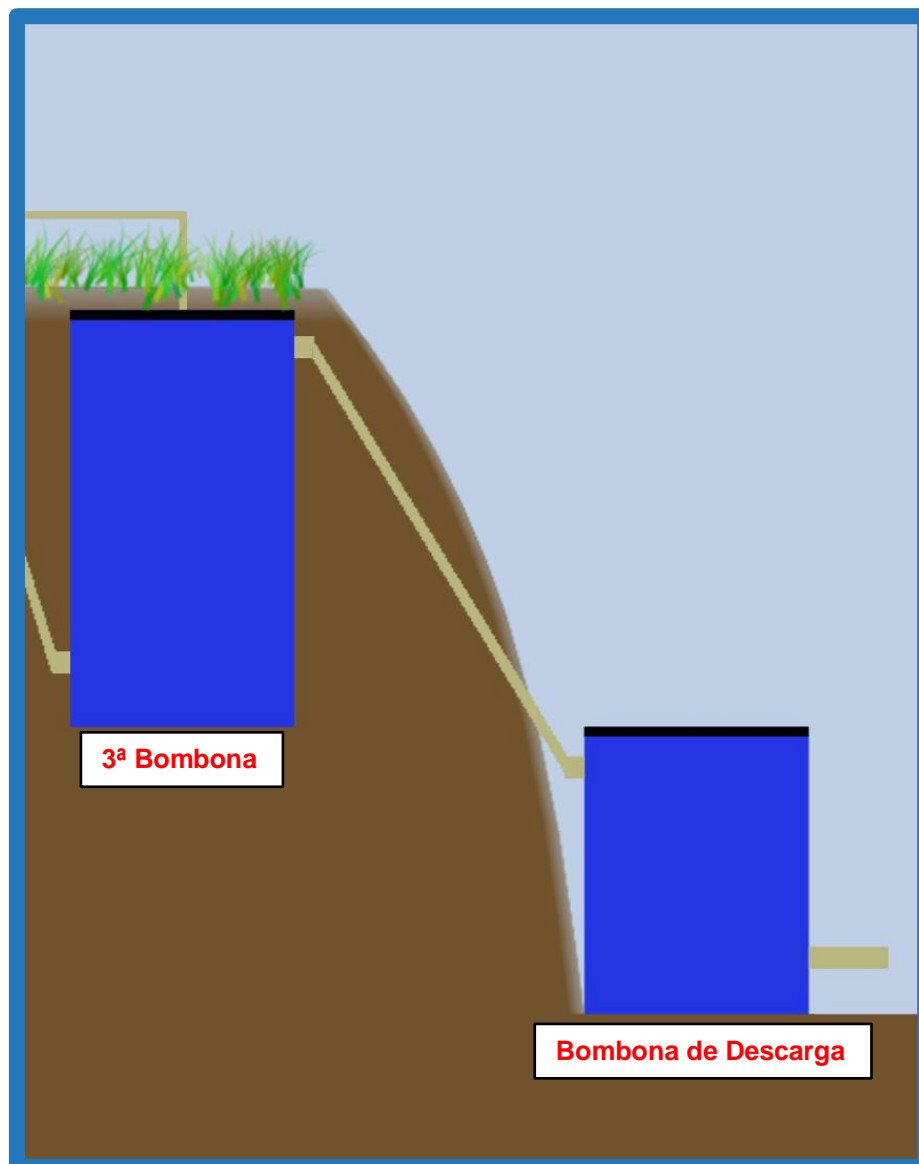


Figura 11 - Bombona de descarga/Próprio Autor

Estrutura dos Filtros

Os filtros serão colocados em uma estrutura feita de pallet de madeira. É aconselhado que seja envernizado, visto que aumenta muito a vida útil do material que ficará exposto a variações climáticas.



Figura 12 - Pallet/Google Imagens

Para que seja possível obter estabilidade em nosso suporte deve-se parafusar três pés. Sendo um em cada extremidade (na parte frontal) e um no meio (na parte posterior).

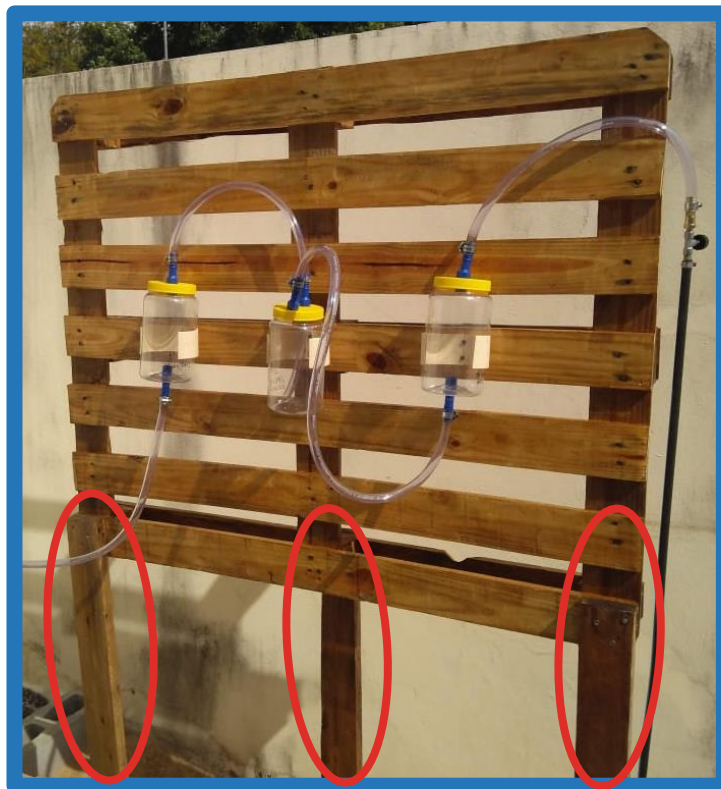


Figura 13 - Sustentação para o pallet/Próprio Autor

Montagem dos Filtros

A montagem dos filtros é bem simples, para começar a mangueira que sai do encanamento da primeira bombona, que foi citada e ilustrada na página 11, entra na espiga do primeiro filtro como mostrado abaixo:



Figura 14 - Mangueira de entrada nos filtros/Próprio

Os potes (filtros) 1 e 3 terão de ser furados, tanto na tampa como em sua base, e o filtro 2 terá que conter apenas dois furos em sua tampa, isso tudo para que sejam rosqueadas as espigas e possam ter a conexão com a mangueira, que deve ser bem apertada com as abraçadeiras.

É importante não esquecer de que os potes comprados tenham tampas removíveis, para que possam ser trocados os materiais específicos de cada filtro quando necessário.

Assim como ilustra a imagem abaixo, a mangueira da primeira bombona entra na base do filtro 1. E uma mangueira da tampa do filtro 1 entra na tampa do filtro 2. Uma outra mangueira da tampa do filtro 2 entra na base do filtro 3 e por último, uma mangueira da tampa do filtro 3 sai para ser conectada a um reservatório onde será armazenado o gás e será detalhado mais à frente.



Figura 15 - Filtro/Próprio Autor

Claro que todo o percurso descrito acima inclui também a utilização das espigas nas entradas e saídas dos filtros e as abraçadeiras para evitar vazamentos.

Cada filtro terá um material diferente, que influenciará no resultado final do produto (explicado na página 4), por isso é sempre vantajoso estar cuidando e se preciso fazer a troca desses materiais quando saturados.

Como pode ser visto na imagem, fizemos um pequeno suporte para os filtros: nada mais são do que um pedaço de cano de PVC cortados ao meio e parafusados no pallet, eles acabam abraçando o pote de plástico e os sustentando. Mas isso é algo que pode ser feito de acordo com a sua criatividade e disposição de material, sendo um ponto que não irá interferir no resultado final.

Saída de Biogás

Com todo esse processo pronto só resta agora aprender a parte final, que é onde o nosso biogás irá ser armazenado.



Figura 16 - Registro e Mangueira de gás/Próprio Autor

Assim que sair do último filtro, o gás percorrerá a mangueira de jardim e encontrará um registro de gás pela frente, que poderá estar aberto ou fechado, em caso de produção deverá estar livre para circulação de gás. Assim ele entrará na mangueira de gás que o levará até a câmara de ar de caminhão, que será o destino final, o lugar de armazenamento do nosso biogás.

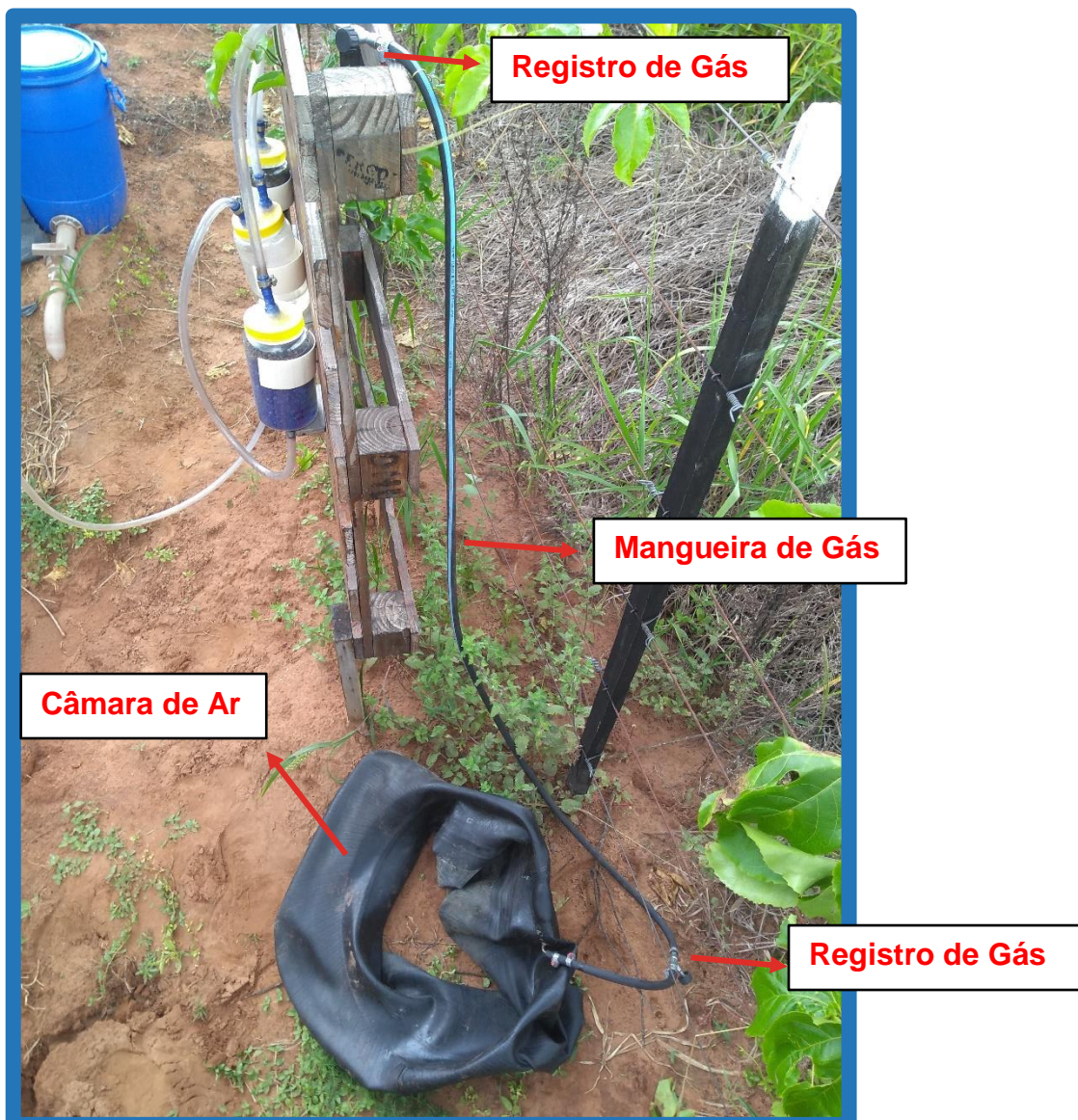


Figura 17 – Mangueira de gás entrando na Câmara de ar/Próprio Autor

Algo importante a ser lembrado é que a pressão produzida pelos gases que circulam dentro do Biodigestor não é nada comparada, por exemplo, ao de um botijão de gás. Logo para que o gás consiga entrar na câmara de ar é necessário retirar o bico da válvula do reservatório. A mangueira de gás que será conectada no bico da câmara também deve ser apertada com uma ou até duas abraçadeiras.

A câmara será um dos principais pontos para saber se já começou a produção de gás ou não, dado a facilidade de observar a variação de tamanho dela.

Quando for necessário retirar a câmara de ar por estar cheia, lembre-se de fechar o registro de gás para evitar qualquer tipo de problema.

Quando conectada a mangueira no bico da câmara de ar é muito importante que seja colocado duas abraçadeiras para que evite vazamentos de gás:

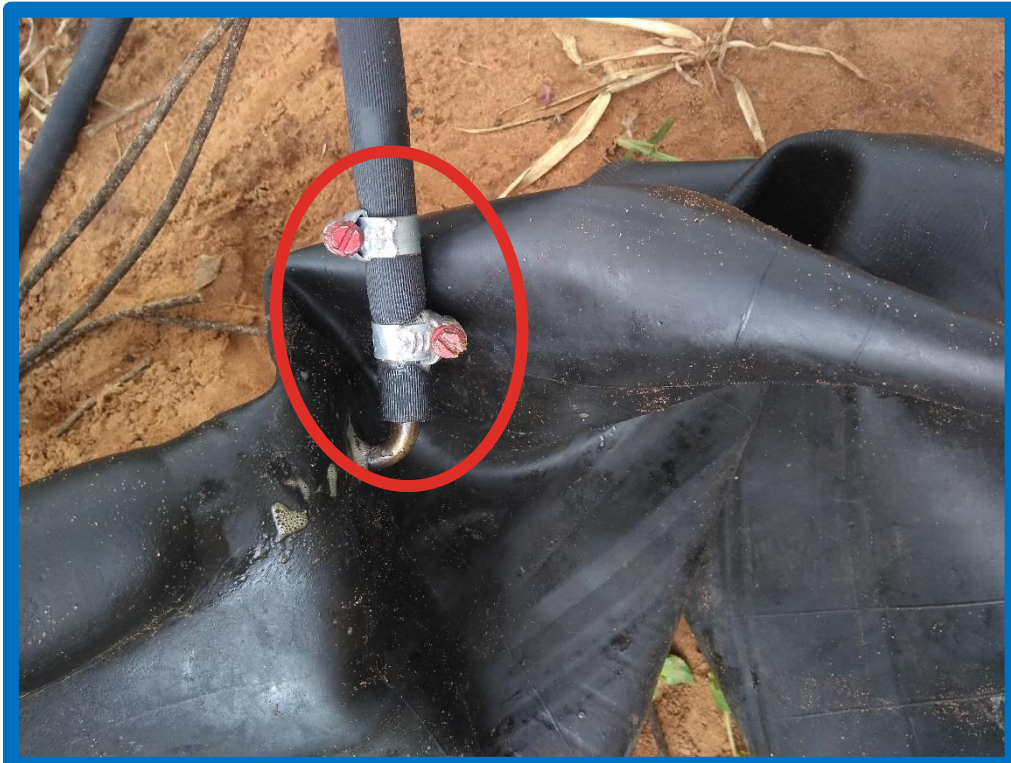


Figura 18 - Abraçadeiras na Mangueira de gás e no bico Câmara/Próprio Autor

Depois de todo o processo, a câmara de ar naturalmente irá inflar, por estar armazenando o gás produzido. Quando a câmara se encontrar no estado mostrado na figura 19, deve-se fechar o último registro antes do bico da câmara, afrouxar as abraçadeiras e retirar a câmara para que o gás desta seja utilizada.



Figura 19 – Câmara de ar cheia de gás/Próprio Autor

Instalação do Biodigestor

Deve se abrir o buraco para enterrar o Biodigestor, lembrando que cada bomba ficará em uma altura diferente como na figura 21.



Figura 20 - Local de instalação do equipamento/Próprio Autor

O Biodigestor deve ser instalado de modo com que:

- ✓ A bombona de carga fique acima do solo;
- ✓ As três (3) bombonas principais fiquem enterradas;
- ✓ A bombona de descarga fique um nível a baixo das principais, mas não enterrada.

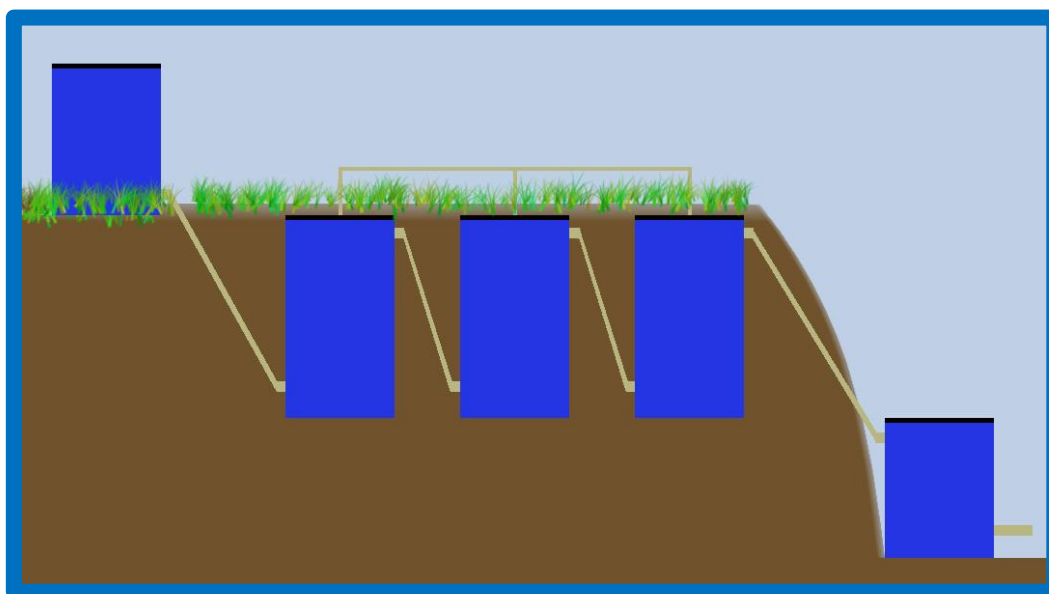


Figura 21 – Posição das bombonas/Próprio Autor

Precauções

O Biodigestor tem por suas melhores características a facilidade de poder produzir o gás de cozinha por um custo baixo, e dentro de sua propriedade. Entretanto ter cuidado nunca é demais. É muito importante que sempre esteja sendo conferido existência de vazamentos e é altamente recomendado que todas as ligações e conexões sejam muito bem vedadas com silicone.

Você não sabe como detectar um possível vazamento de gás? É muito simples! Passe uma esponja com água e sabão nas conexões, se aparecerem bolhas, é sinal de vazamento. E caso se confirme que está vazando, feche imediatamente todos os registros e busque fazer a manutenção do biodigestor.

Lembretes importantes:

- ✓ Não andar em cima de onde o biodigestor estiver enterrado;
- ✓ Não provocar qualquer tipo de faíscas próximo ao biodigestor;
- ✓ Se possível, cercar o local
- ✓ Colocar avisos e indicações próximos ao Biodigestor para garantir que desconhecidos fiquem cientes de tomar cuidado;
- ✓ Não realizar a instalação do equipamento muito próximo a uma residência ou ambiente animal.

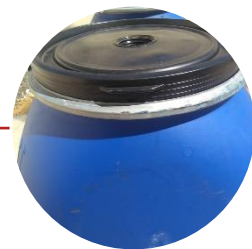
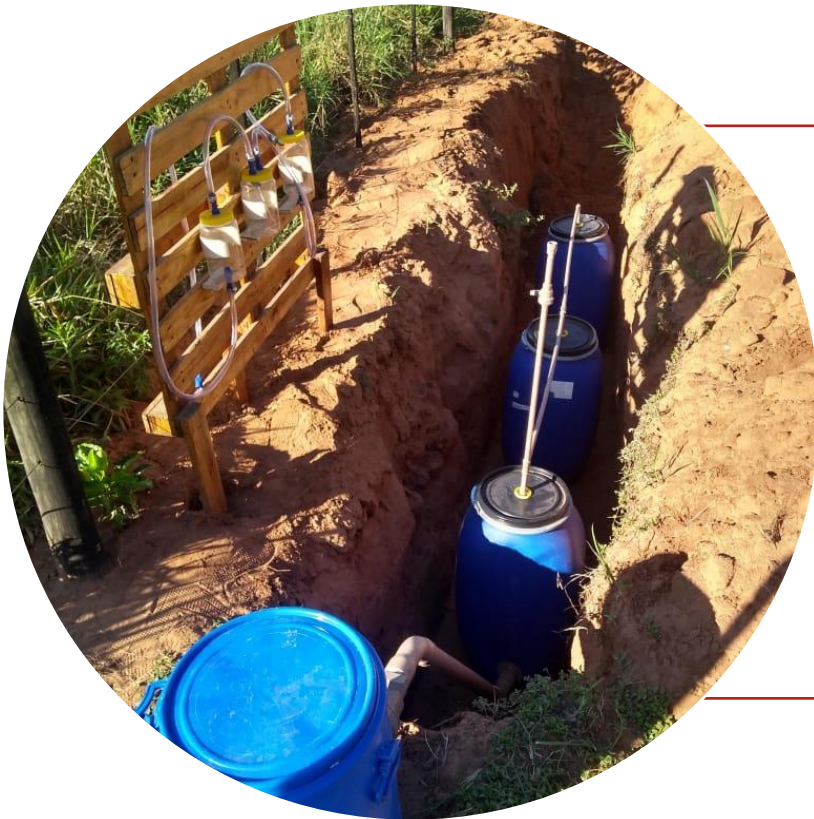


Mãos à Obra

Com esse manual você aprendeu:

- ✓ O que é um Biodigestor;
- ✓ Sua utilidade;
- ✓ Importância para o produtor rural; e
- ✓ Como montar o equipamento;

Logo, nada mais justo que arregaçar as mangas e começar esse super projeto!



Referências

BIODIGESTOR. **Sua Pesquisa.** Disponível em: https://www.suapesquisa.com/o_que_e/biodigestor.htm. Acesso em: 18, dezembro de 2019.

BIODIGESTORES. **InfoEscola.** Disponível em: <https://www.infoescola.com/energia/biodigestores/>. Acesso em: 18, dezembro de 2019.

IDENTIFIQUE AS VANTAGENS DA UTILIZAÇÃO DE UM BIODIGESTOR. **Cursos CPT.** Disponível em: <https://www.cpt.com.br/noticias/identifique-as-vantagens-da-utilizacao-de-um-biodigestor>. Acesso em: 18, dezembro de 2019.

BIODIGESTOR PRODUZ BIOGÁS, UMA FONTE DE ENERGIA ALTERNATIVA. **Cursos CPT.** Disponível em: <https://www.cpt.com.br/noticias/biodigestor-produz-biogas-uma-fonte-de-energia-alternativa>. Acesso em: 18, dezembro de 2019.

BIODIGESTOR PRODUZ ENERGIA E FERTILIZANTES A PARTIR DE DEJETOS. **Cursos CPT.** Disponível em: <https://www.cpt.com.br/cursos-energiaalternativa/artigos/biodigestor-produz-energia-e-fertilizantes-a-partir-de-dejetos>. Acesso em: 18, dezembro de 2019.

POPULAÇÃO RURAL E URBANA. **IBGE Educa.** Disponível em: <https://educa.ibge.gov.br/jovens/conheca-o-brasil/populacao/18313-populacao-rural-e-urbana.html>. Acesso em: 18, dezembro de 2019.