



**UNILAB**

**UNIVERSIDADE DA INTEGRAÇÃO INTERNACIONAL DA LUSOFONIA AFRO-  
BRASILEIRA**

**INSTITUTO DE ENGENHARIAS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO LATO SENSU EM GESTÃO DE RECURSOS HÍ-  
DRICO, AMBIENTAIS E ENERGÉTICOS**

**RENAN SARAIVA MARTINS DA SILVA**

**UTILIZAÇÃO DE BIODIGESTORES NO APROVEITAMENTO DE RE-  
SÍDUOS DA SUINOCULTURA**

**REDENÇÃO**

**2018**

RENAN SARAIVA MARTINS DA SILVA

UTILIZAÇÃO DE BIODIGESTORES NO APROVEITAMENTO DE RE-  
SÍDUOS DA SUINOCULTURA

Monografia apresentada ao Curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Gestão de Recursos Hídricos, Ambientais e Energéticos da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Gestão de Recursos Hídricos, Ambientais e Energéticos.

Orientador: Profa. Rita Karolinny Chaves de Lima

REDENÇÃO  
2018

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira  
Sistema de Bibliotecas da UNILAB  
Catalogação de Publicação na Fonte.

---

Silva, Renan Saraiva Martins da.

S578u

Utilização de biodigestores no aproveitamento de resíduos da suinocultura / Renan Saraiva Martins da Silva. - Redenção, 2018. 40f: il.

Monografia - Curso de Gestão De Recursos Hídricos, Ambientais E Energéticos - 2016.2, Instituto De Engenharias E Desenvolvimento Sustentável, Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Redenção, 2018.

Orientadora: Profa. Rita Karolinny Chaves de Lima.

1. Biodigestores. 2. Manejo de Resíduos. 3. Suinocultura. I. Título

CE/UF/BSCL

CDD 665.7760981

---

UNIVERSIDADE DA INTEGRAÇÃO INTERNACIONAL DA LUSOFONIA  
AFRO-BRASILEIRA

RENAN SARAIVA MARTINS DA SILVA

UTILIZAÇÃO DE BIODIGESTORES NO APROVEITAMENTO DE RE-  
SÍDUOS DA SUINOCULTURA

Monografia julgada e aprovada para obtenção do título de Especialista em Gestão de Recursos Hídricos, Ambientais e Energéticos da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira.

Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Nota: \_\_\_\_\_

Banca Examinadora:

---

Dra. Rita Karolinny Chaves de Lima (Orientadora).  
IEDS/UNILAB

---

Dr. José Cleiton Sousa dos Santos  
IEDS/UNILAB

---

Msc. Ana Kátia de Sousa Braz  
IEDS/UNILAB

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Produção brasileira de carne suína (mil ton).....	11
Figura 2 - Dados dos principais países produtores de carne suína (mil ton).....	12
Figura 3 - Representação esquemática do SAGS .....	13
Figura 4 - Fases do processo de biodigestão .....	21
Figura 5 - Exemplo de biodigestor com gasômetro e tanque para armazenamento de dejetos .....	23
Figura 6 - Representação tridimensional em corte do modelo indiano.....	26
Figura 7 - Representação tridimensional em corte do modelo chinês.....	27
Figura 8 - Seção transversal do biodigestor canadense .....	28
Figura 9 - Representação tridimensional em corte do biodigestor modelo batelada .....	29

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AGEs	Ácidos Graxos Essenciais
AGV	Ácido Graxo Volátil
ABCS	Associação Brasileira dos Criadores de Suínos
ABPA	Associação Brasileira de Proteína Animal
ABRAS	Associação Brasileira de Supermercados
CEASA	Gás Liquefeito de Petróleo
CC	Ciclo Completo
COPEL	Companhia Paranaense de Energia
CP	Ciclo Parcial
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
PPM	Pesquisa da Pecuária Municipal
SAGS	Sistema Agroindustrial de Suínos
SISCAL	Sistema Intensivo de Suínos Criados ao Ar Livre
SISCON	Sistema Intensivo de Suínos Confinados
UASB	<i>Upflow Anaerobic Sludge Blanket</i>
UPL	Unidades de Produção de Leitões
UT	Unidades de Terminação

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>11</b>
2.1	Produção e Consumo de Carne Suína no Brasil e no Mundo.....	11
2.2	Cadeia Produtiva da Carne Suína .....	13
2.3	Sistemas de Criação .....	14
2.4	Abate e Processamento de Suíno .....	15
2.5	Legislação Ambiental e os resíduos sólidos	16
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>16</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>17</b>
4.1	O desenvolvimento dos biodigestores .....	17
4.2	Produção e funcionamento de um biodigestor.....	20
4.3	Modelos de biodigestores .....	26
4.4	Produtos gerados pelo processo de biodigestão .....	29
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>32</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>33</b>

# UTILIZAÇÃO DE BIODIGESTORES NO APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DA SUINOCULTURA

Renan Saraiva Martins da Silva<sup>1</sup>

Rita Karolinny Chaves de Lima<sup>2</sup>

## RESUMO

Biodigestores são estruturas constituídas, em geral, de alvenaria, concreto ou aço, construídas para realizar a decomposição de matéria orgânica, na ausência de oxigênio, em um processo denominado de digestão anaeróbia. A utilização desses equipamentos em unidades produtivas de suínos tem grande valia no que se refere ao manejo adequado de resíduos, gerando benefícios não só ambientais, como também econômicos. A mistura de gases produzida a partir da fermentação dos resíduos (etapa principal do processo) pode ser usada como fonte de energia térmica (aquecimento de animais, gás de cozinha, secagem de grãos e aquecimento de água para lavagem de instalações e equipamentos), como combustível para motores de combustão interna e fornos industriais e para geração de energia elétrica, visando consumo próprio e venda do excedente para concessionária responsável pela distribuição na região. Há ainda a obtenção de biofertilizantes, que podem ser usados no cultivo de insumos naturais para ração. No entanto, para que seja viável e atenda as necessidades previstas, a instalação de biodigestores deve ser feita com base em fatores que indiquem o melhor modelo para propriedade suinícola considerada, permitindo a análise de sua viabilidade econômica e o dimensionamento adequado da capacidade de produção. Além disso, deve estar de acordo com os requerimentos de segurança. Diante do contexto exposto, o presente trabalho teve como objetivo descrever, com base em pesquisa bibliográfica e documental, as características dos principais tipos de biodigestores utilizados no aproveitamento de resíduos da suinocultura, ponderando vantagens e desvantagens.

**Palavras-chave:** Biodigestores. Manejo de Resíduos. Suinocultura.

## ABSTRACT

Biodigesters are structures usually constituted of masonry, concrete or steel, constructed to realize the decomposition of organic matter, in the absence of oxygen, in a process denominated of anaerobic digestion. The use of such equipment in pig production units has great value since promotes the proper management of waste, providing not just environmental benefits but also financial savings. The gas mixture produced from waste fermentation (main process step) can be used as source of thermal energy (animal warming, cooking gas, grain drying and water heating for washing facilities and equipment), fuel for internal combustion engines and industrial furnaces and source of electric power generation for own consumption and supply of the concessionaire responsible for regional distribution. Biofertilizers, which can be used in the cultivation of natural elements for livestock feed use, are also produced. However, in order to be feasible and meet the expected needs, the installation of biodigesters must be made based on factors that indicate the best model for the considered pig farm, allowing the analysis of its economic viability and adequate sizing of the production capacity. In addition, safety rules must be followed. In view of the discussed context, the present work aimed to describe, based on bibliographic and documentary research, the characteristics of the main types of biodigesters employed in taking advantage of pig waste, giving attention to advantages and disadvantages.

**Keywords:** Biodigesters. Waste Management. Pig Farming.

---

<sup>1</sup>Estudante do Curso de Especialização em Gestão de Recursos Hídricos, Ambientais e Energéticos pela Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira e Universidade Aberta do Brasil, polo Redenção.

<sup>2</sup>Doutora em Engenharia Química pela Universidade Federal de São Carlos.



## 1 INTRODUÇÃO

Presente na alimentação da humanidade desde os tempos mais remotos, a carne, nos seus mais diversos tipos, é um alimento rico em proteínas de alto valor biológico, contendo também gorduras, substâncias minerais, vitaminas, enzimas, água e carboidratos. Sua ingestão ajuda substancialmente no desenvolvimento e reparação dos tecidos do organismo humano. Estudos antropológicos sugerem, inclusive, que o aumento do consumo de carne, especialmente aquelas contendo grandes quantidades de ácidos graxos essenciais (AGEs), foi determinante para a evolução do cérebro e das faculdades intelectuais do homínídeo (DIEFENTHAELER, 2013; CORDAIN; WATKINS; MANN, 2001; FLANDRIN; MONTANARI, 1998).

Na sociedade atual, a carne permanece como parte importante da dieta alimentar. No entanto, com a frequência crescente de doenças da modernidade, particularmente as cardiovasculares, associadas a alimentação, há uma preocupação em evitar o consumo diário de cortes gordurosos de carnes vermelhas e carnes processadas, como embutidos. Nesse cenário, a carne suína, antes produzida em condições de pouca higiene e com altos teores de gordura e colesterol, vem ganhando cada vez mais adeptos, uma vez que, com os avanços tecnológicos da suinocultura, tornou-se oriunda de criações com manejo compatível com as normas de bem-estar animal e cujas práticas sanitárias atendem a um rigoroso padrão de qualidade (MACHADO FILHO, 2000).

O resultado disso é evidenciado em um produto suíno seguro e saboroso, com cortes magros (menos de 10 g de gorduras totais e de 95 mg de colesterol por porção de 100 g) e bastante saudáveis, contendo: (i) potássio, regulador da pressão arterial do corpo humano; (ii) zinco, fortalecedor das defesas; (iii) ferro, previne anemia; (iv) vitaminas do complexo B, indispensáveis para o sistema neurológico; (v) selênio, forma enzimas que combatem os radicais livres que danificam as células; (vi) ácido fólico, combate a anemia, as doenças cardiovasculares e a má formação do feto em gestantes (RESENDE; CAMPOS, 2015; GEESDORF, 2010). Por outro lado, há também cortes gordos e calóricos, tais como costela, rabo, joelho e orelha, que devem ser consumidos com moderação (MAGNONI; PIMENTEL, 2007).

Ratificado o seu valor nutricional, a carne suína é, atualmente, uma das proteínas animais mais produzidas e consumidas no mundo, gerando, empregos e renda fixos para milhares de pessoas em todos os continentes (ZAFALON, 2017).

No Brasil, a criação e a demanda suinícola tem crescido progressivamente, em função da maior aceitação pela população, que nos últimos anos vem reconhecendo a excelência dessa carne e deixando de lado a imagem de alimento gorduroso e de origem duvidosa (PARADELLA, 2017). Para desmitificar a ideia de que a carne suína não é benéfica ao ser humano e não pode ser consumida com regularidade, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e entidades como a Associação Brasileira dos Criadores de Suínos (ABCS), a Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA) e a Associação Brasileira de Supermercados (ABRAS) promovem várias campanhas e propagandas explicativas.

A expansão do rebanho e do mercado suinícola brasileiro aquece a economia, impulsionando de modo relevante o agronegócio no país, porém, implica no aumento da geração de resíduos, sobretudo dejetos (constituídos basicamente por fezes, urina, água desperdiçada pelos bebedouros, água de higienização, resíduos de ração, pelos e poeiras) levantando, assim, questões preocupantes relacionadas a poluição. Lucas Júnior (1998) pondera que a constância do acúmulo de grande quantidade de resíduos nas granjas suinícolas só foi verificada após a década de 70, sendo um reflexo da tecnificação da suinocultura, que tem a elevada produtividade como característica marcante.

Os dejetos suínos inadequadamente manejados podem provocar vários problemas ambientais (CARDOSO; OYAMADA; SILVA, 2005). Seganfredo (2000) menciona contaminação de cursos d'água, salinização, presença de substâncias nocivas em percentuais acima dos indicados pela legislação, impermeabilização e degradação do solo, com perdas visíveis de nutrientes, bem como existência de meios transmissores de patógenos e parasitas que contaminam as culturas. Perdomo, Oliveira e Kunz (2003) citam ainda desequilíbrio ecológico, com proliferação de insetos e bactérias resistentes a antibióticos, que causam doenças nas comunidades próximas ao local afetado. A evaporação de compostos como amônia ( $\text{NH}_3$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ), ácidos graxos voláteis, sulfeto de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{S}$ ), óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) e dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) também causa prejuízos ao bem-estar humano e contribui para o aquecimento global (PERDOMO, 1996).

Diante dessa conjuntura de ampliação, o setor suinícola requer a adoção de técnicas estratégicas de manejo de resíduos. Diesel, Miranda e Perdomo (2002) ressaltam que existem diversos processos de tratamento para os resíduos suínos.

A opção mais apropriada deve ser selecionada tendo em vista a quantidade e as características nutricionais dos dejetos, as facilidades de operacionalização, o espaço e os recursos financeiros disponíveis, e, fundamentalmente, o atendimento à legislação ambiental vigente.

Entre as alternativas possíveis, que efetivamente cumprem o propósito final de converter os dejetos suínos em material que não oferece riscos ao ambiente, destaca-se o tratamento biológico em biodigestores. Tais equipamentos oferecem as condições necessárias para realizar o processo de digestão anaeróbia, que, através da ação de microrganismos, promove a decomposição dos dejetos, transformando-os em uma mistura gasosa estável (biogás), isenta de espécies patogênicas. A vantagem primordial do método é que os resíduos são aproveitados de forma a gerar um produto com notáveis aplicações práticas e valor agregado inerente.

O biogás pode ser usado como fonte de energia térmica (aquecimento de animais, gás de cozinha, secagem de grãos e aquecimento de água para lavagem de instalações e equipamentos), como combustível para motores de combustão interna e fornos industriais e para geração de energia elétrica, visando consumo próprio e venda do excedente para concessionária responsável pela distribuição na região. Como coproduto, há ainda a obtenção de biofertilizantes, que podem ser aplicados no cultivo de insumos naturais para ração (OLIVER et al., 2008).

O uso de biodigestores em unidades produtivas de suínos tem grande relevância também no que se refere à redução da emissão de gases de efeito estufa. Relatórios apontam a produção animal como uma das principais emissoras desses gases, sendo que 9 % do total produzido é atribuído à suinocultura, realidade essa que se deve principalmente ao manejo inadequado de dejetos (GERBER et al., 2013). De acordo com o MAPA (2016), a partir da biodigestão pode-se reduzir a emissão de 0,54 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalentes por animal ao ano.

Considerando o contexto exposto e o fato de que a instalação de biodigestores deve ser feita com base em fatores que indiquem o melhor modelo para propriedade suinícola, respeitados os requisitos de segurança, o presente trabalho teve como objetivo geral descrever, com base em pesquisa bibliográfica e documental, as características dos principais tipos de biodigestores utilizados no aproveitamento de resíduos da suinocultura, ponderando vantagens e desvantagens.

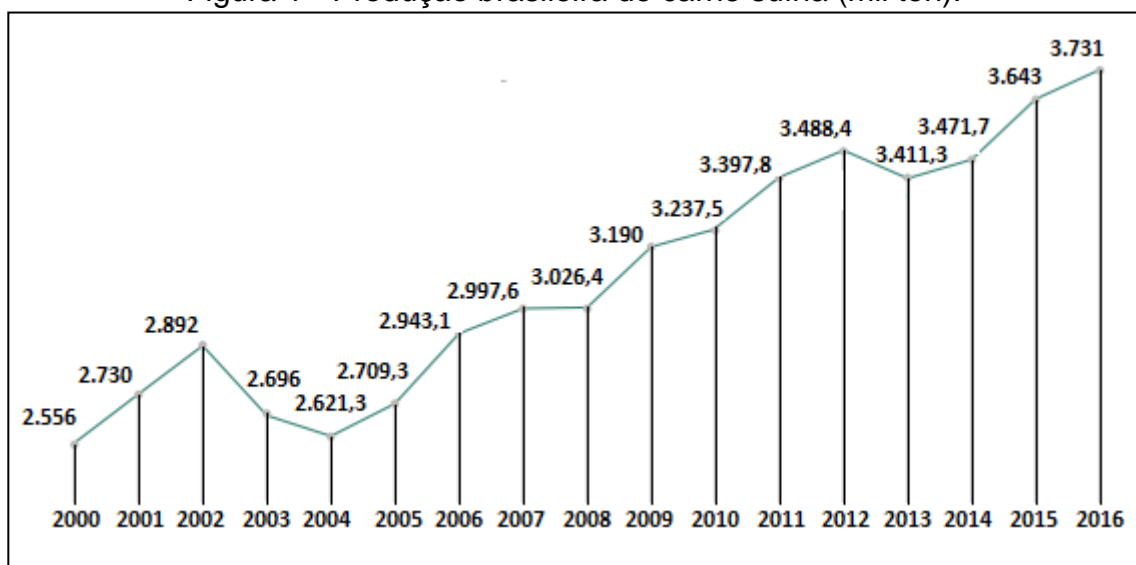
## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Produção e Consumo de Carne Suína no Brasil e no Mundo

Em termos de efetivo de rebanho (cabeças), o Brasil tinha em 2016, segundo dados divulgados na Pesquisa da Pecuária Municipal (PPM), realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 39,95 milhões de suínos. Valor que representa um aumento de 0,4% em relação a 2015. Os estados do Paraná (17,9%) e Santa Catarina (17,2%) tiveram as maiores participações no quantitativo nacional de suínos, com Toledo (PR) apresentando o maior índice entre os municípios da Federação.

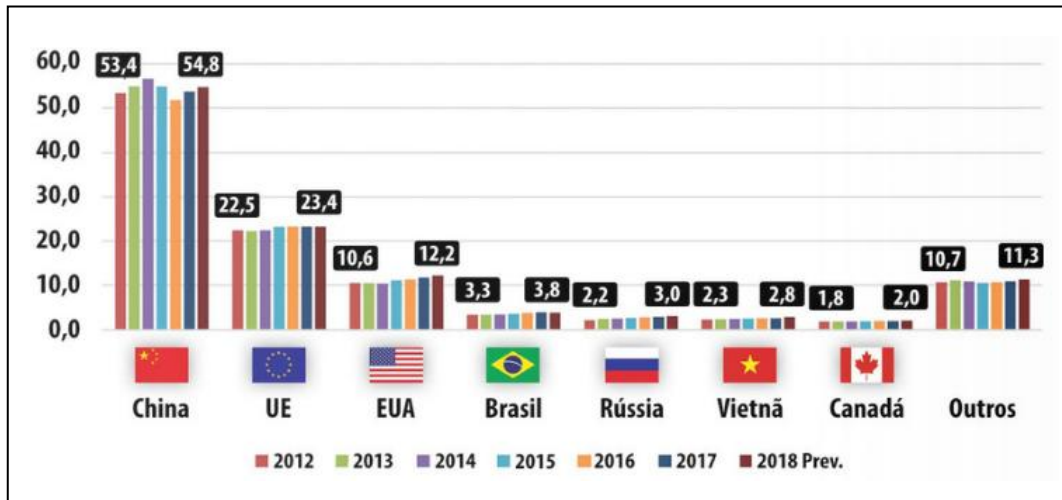
No que se refere a produção em si, a Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA), em seu último relatório anual, aponta o Brasil como o quarto maior produtor de carne suína do mundo, em 2016. No referido ano, estima-se que a produção do país equivaleu a 3.731 milhões de toneladas. Aproximadamente 80,4 % da produção destinou-se ao mercado interno e 19,6 % supriu as exportações. Na Figura 1 pode-se observar o comportamento de crescimento da produção nacional, no período 2000-2016. As primeiras colocações entre os produtores foram ocupadas por China, União Europeia e Estados Unidos, nessa ordem. A Figura 2 mostra os dados dos principais países produtores de carnes suína.

Figura 1 - Produção brasileira de carne suína (mil ton).



Fonte: ABPA (2017).

Figura 2 - Dados dos principais países produtores de carne suína (mil ton).



Fonte: Talamini e Santos Filho (2017).

Segundo a ABPA (2017), o Brasil também ocupa a quarta posição nas exportações, tendo o país comercializado internacionalmente, em 2016, mais de 732 milhões de toneladas de carne suína (recorde histórico). União Europeia, Estados Unidos e Canadá ocuparam, respectivamente, o primeiro, o segundo e o terceiro lugar. O aumento das exportações brasileira nos últimos anos é um dos fatores que explicam o crescimento na produção suína nacional. Junta-se a isso, a mudança de hábitos alimentares da população, que passou a consumir mais carne de porco, além do preço menor comparado a carne bovina, em geral, priorizada pelas famílias.

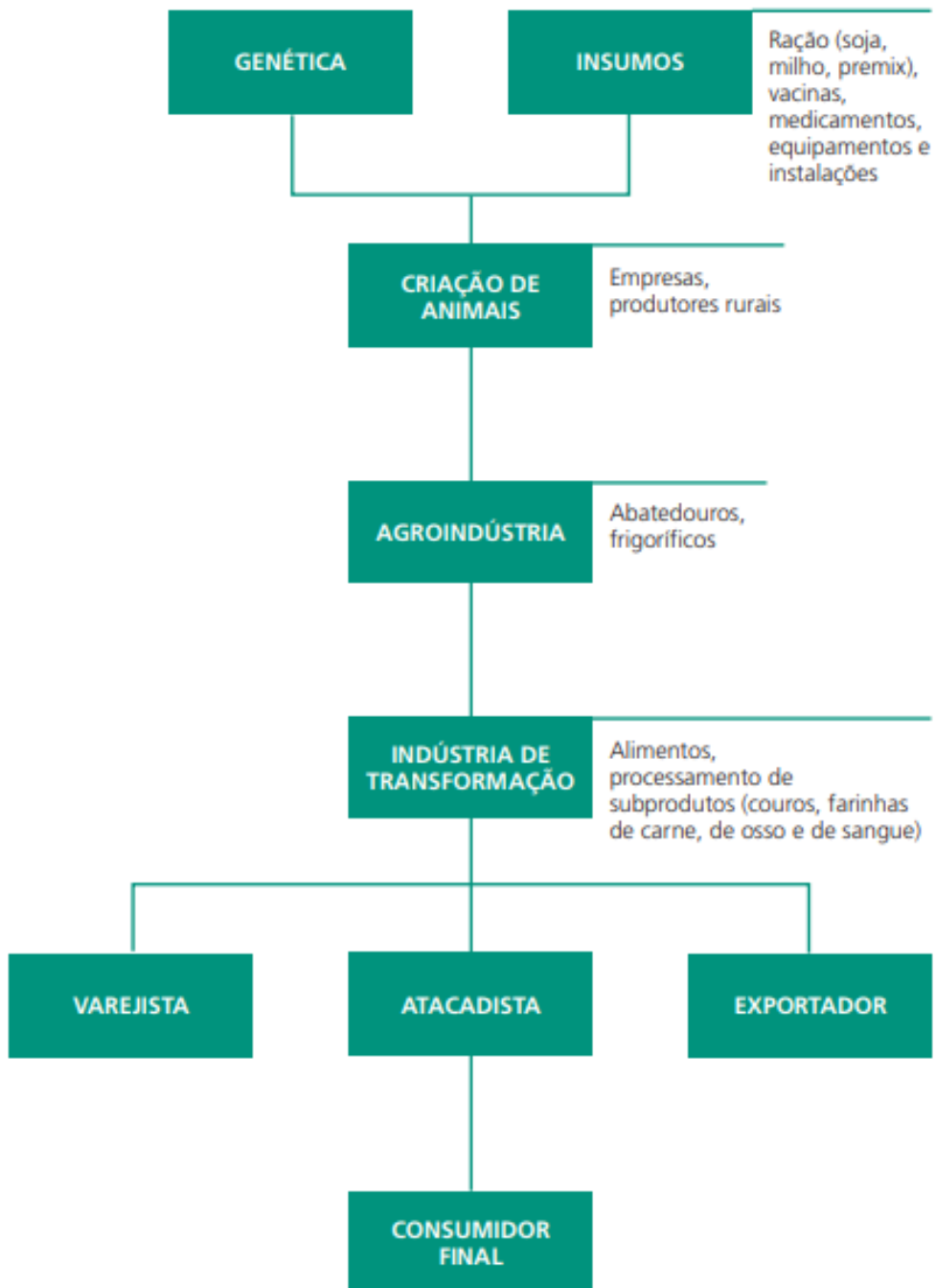
Os maiores importadores mundiais foram China, Japão, México e Coréia do Sul. O quantitativo de importações desses quatros países somou, em 2016, cerca de 5.178 milhões de toneladas (ABPA, 2017). Os maiores importadores da carne suína do Brasil são os países do leste europeu, sobretudo a Rússia. É para lá que vai 40 % das exportações nacionais desse produto (OLIVA, 2017).

Segundo Marques (2017), diante de um cenário de crise política e econômica, o ano de 2017 foi desafiador para o setor suinícola nacional, entretanto, trouxe experiências importantes para a atividade. Com os preços de milho e soja se mantendo em patamares baixos, os custos de produção permaneceram ajustados, com pequenas e breves oscilações, o que garantiu a margem de rentabilidade do produtor. Afetadas pelo embargo russo a carne suína brasileira, pelas delações da empresa alimentícia JBS, umas das maiores do mundo, assim como pela divulgação de resultados equivocados da Operação Carne Fraca, as exportações de 2017 devem registraram uma queda, segundo projeções do setor, média de 4,6 %.

## 2.2 Cadeia Produtiva da Carne Suína

De acordo com Guimarães et al. (2017), a cadeia produtiva suinícola pode assumir várias formas organizacionais e é parte do sistema agroindustrial de suínos (SAGS), que corresponde a um conjunto de atividades produtivas integradas e interdependentes, conforme mostra a Figura 3.

Figura 3 - Representação esquemática do SAGS.



Fonte: Guimarães et al. (2017).

Santini e Souza Filho (2004) explicam que fazem parte do SAGS:

- indústrias de diversos insumos, os quais incluem produtos como ração, vacinas, medicamentos, equipamentos e utilidades de melhoramento genético;
- propriedades de criação de animais (granjas);
- agroindústria (abatedouros/frigoríficos);
- indústrias alimentícias;
- distribuidores, no atacado e varejo;
- consumidores finais.

O setor de genética é o primeiro segmento associado a cadeia produtiva de suínos e tem como função primordial tornar raças ou linhagens mais produtivas e menos suscetíveis a doenças. Costa (2014) relata que o fornecimento genético envolve granjas de núcleo (realizam seleção intensiva dos animais que possuem os condicionantes economicamente almejados), granjas multiplicadoras (recebem os animais de raça pura ou de linhagens sintéticas selecionados, promovendo o cruzamento entre eles e produzindo os híbridos) e rebanhos comerciais (produtores suinícolas recebem os híbridos que se reproduzirão formando os animais de abate).

Segundo Triches et al. (2006), as unidades de reprodução e de produção animal incluem as fases de cruzamento, gestação, reprodução, desmame, recria e engorda das matrizes suínas, além de armazenamento, tratamento e disposição dos dejetos gerados. Os elos terminais da cadeia são formados pela agroindústria, atacadistas e varejistas, exportadores e importadores, empresas industriais processadoras de subprodutos como couro e farinhas de carne, bem como consumidores finais, internos e externos.

### **2.3 Sistemas de Criação**

A criação suína praticada nos tempos atuais é intensamente tecnificada e envolve cuidadoso confinamento, ração balanceada de boa qualidade e elevados padrões sanitários (DIAS et al., 2011). De um modo geral, os sistemas de criação de suínos podem ser de ciclo completo (CC), envolvendo todas as etapas de produção; ou de ciclo parcial (CP), focando apenas em alguma parte específica da produção, como é o caso das unidades de produção de leitões (UPL), das unidades de terminação (UT) e dos crechários (AMARAL, 2006).

No que diz respeito ao tipo de manejo, tem-se (CARVALHO; VIANA, 2011):

- sistema extensivo ou à solta, típico de pequenas criações e caracterizado pelo baixo nível tecnológico e pela alimentação dos animais com sobras agrícolas, sem balanceamento nutricional;
- sistema semiextensivo, caracterizado pela separação dos animais por idade e sexo em suas instalações e pelo manejo reprodutivo por seleção;
- sistema intensivo de suínos criados ao ar livre (SISCAL), caracterizado por priorizar a mobilidade dos animais, alimentando-os tanto com ração, como com pastagem;
- sistema intensivo de suínos confinados (SISCON), caracterizado por confinar os animais em espaço reduzido, mantendo-os com rações adequadas a cada fase da vida.

Há ainda a suinocultura que é denominada de orgânica. De acordo com a Instrução Normativa N. 46/2011, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, nos sistemas de criação desse tipo, os animais só podem ser alimentados com vegetais orgânicos e sua sanidade deve ser controlada via tratamentos homeopáticos e fitoterápicos. É vedado o uso de antibióticos, promotores de crescimento e outros aditivos.

## **2.4 Abate e Processamento de Suíno**

De acordo com Santos (2011), o abate de suínos deve, por força da lei, ser realizado de forma humanitária nos períodos matutinos, tendo o animal chegado ao frigorífico no início da noite anterior, ficando alojado em áreas que permitam repousar adequadamente do trajeto e dispondendo de água para hidratar e reduzir o estresse térmico. Combater a desidratação do animal é importante para facilitar a eliminação do conteúdo gástrico e evitar que suas víceras sejam dilaceradas durante o abate. Vale mencionar que condução dos animais até o veículo que o transporta deve ser realizada calmamente em pequenos grupos, de modo a minimizar a tensão.



Para que os animais sejam sangrados (com o corte dos grandes vasos sanguíneos na região cervical) é obrigatório a insensibilização ou atordoamento prévio. O procedimento consiste em deixar o animal em estado de inconsciência persistente até o fim da sangria completa, que deve durar um mínimo de 3 minutos. Evita-se, assim, sofrimento desnecessário. No Brasil, a eletronarcolese é o método de insensibilização mais utilizado (ROÇA 1999).

Depois de sangrado, o animal é escaldado, depilado e chamuscado para remover os resquícios de pelos e selar o couro. Em seguida, o animal é inspecionado e limpo externamente, passando ainda pela evisceração, momento em que são retirados intestinos, vísceras e miúdos. Uma vez inspecionada e carimbada pelo controle da inspeção federal, a carcaça segue para resfriante, por 24 h, em câmaras apropriadas, promovendo-se, assim, a maturação da carne. Na etapa de espotejamento, a carne recebe cortes específicos, que são embalados e identificados na sequência. Os cortes devidamente embalados e identificados são, então, acondicionados em freezers até a comercialização (SANTOS, 2011).

## **2.5 Legislação ambiental dos resíduos sólidos**

A qualidade do meio ambiente e o desenvolvimento sustentável estão intimamente ligados à gestão ambientalmente racional dos resíduos, desta forma, o manejo de resíduos é função importante das sociedades humanas e essencial para a promoção do bem-estar humano (JURAS, 2012).

Para reduzir os possíveis problemas causados pelos resíduos sólidos no Brasil, foi criada a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que “institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências”. Entre os pilares da nova lei, encontra-se a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida do produto, que se inspira na responsabilidade pós-consumo e tem por fundamento o princípio do poluidor-pagador (JURAS, 2012).

A referida lei traz que o crescimento do setor agrosilvopastoril continuará aumentando a geração de resíduos, dessa forma, o seu manejo, tratamento e disposição devem ser adequados (ANDREAZZI, SANTOS e LAZARETTI, 2015). Diante dessa informação, torna-se necessário um cuidado especial com os resíduos gerados pela suinocultura, já que, de acordo com SCHULTZ (2007), em termos de com-

paração, a geração de dejetos suínos, corresponde a quatro vezes o equivalente populacional humano. Os resíduos suínos são constituídos por fezes, urina, água, resíduos de ração e outros materiais decorrentes do processo criatório (RIZZONI et al., 2012).

### **3 METODOLOGIA**

A pesquisa realizada no presente trabalho é de cunho essencialmente teórico, destinando-se a ser fonte de informações condensadas sobre os principais aspectos que envolvem o aproveitamento de resíduos suínos e o uso de biodigestores.

O intuito é que o material elaborado possa ser útil aos pesquisadores, profissionais e interessados pelas áreas ambientais, energéticas e de agronegócios, incluindo pequenos produtores, empresários, engenheiros, técnicos e analistas.

Barros e Lehfeld (2000) explicam que se encaixam no grupo de pesquisas teóricas aquelas que têm por fim conhecer ou aprofundar conhecimentos e discussões, não requerendo coleta de dados e pesquisa de campo. Na visão de Tachizawa e Mendes (2006), esse tipo de pesquisa, em geral, tem como meta entender ou propiciar um espaço para discussão de um tema ou uma questão intrigante da realidade. Segundo Vilaça (2010), a pesquisa teórica também é relatada na literatura nas denominações de pesquisa pura, básica e fundamental. No que se refere aos objetivos, assumiu-se o critério metodológico de pesquisa exploratória. Gil (2007) esclarece que esse tipo de pesquisa está associada a primeira etapa do trabalho em si, consistindo basicamente na preparação que irá possibilitar a elaboração do texto. Propicia noções e informações sobre o assunto a ser investigando, proporcionando sua definição, assim como seu delineamento.

Do ponto de vista dos procedimentos técnicos, adotou-se os meios de pesquisa bibliográfica e documental. Foi consultado material publicado nas chamadas fontes de papel, incluindo monografias, dissertações, teses, livros, revistas e artigos científicos, assim como fontes disponibilizadas eletronicamente na internet. Como fontes documentais foram utilizados documentos oficiais, reportagens de jornais e agência de notícias, além de relatórios de pesquisa e empresariais. As principais palavras-chave pesquisadas foram dejetos suínos, manejo sustentável, biodigestores, normas de projeto e instalação e legislação ambiental.

A sequência de desenvolvimento do trabalho envolveu:

- I. Leitura exploratória do material de maior potencial elucidativo;
- II. Leitura seletiva do material levantado, focando o tópico específico a tratar.

A abordagem do tema, objeto de estudo, foi puramente qualitativa, não envolvendo, portanto, qualquer método ou técnica estatística de análise.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

### **4.1 O Desenvolvimento dos Biodigestores**

O ser humano utiliza de técnicas para aproveitamento da digestão anaeróbica há milhares de anos, existindo evidências de que os egípcios utilizavam o gás gerado a partir do resíduo residencial para obter iluminação (NIIR, 1990). Na Assíria, durante o século X a.C. e na Pérsia durante o século XVI, o biogás era utilizado para aquecer a água de banho (HENRIQUES, 2004).

De acordo com GASPAR (2003), em 1776 o pesquisador italiano Alessandro Volta, descobriu que o gás metano já existia incorporado ao “gás dos pântanos”, como resultado da decomposição de vegetais em ambientes confinados.

No século XIX, ocorreram diversos avanços com relação ao conhecimento sobre a produção de biogás. Em 1806 Humphrey descobriu um gás rico em carbono e dióxido de carbono, resultante da decomposição de dejetos animais em lugares úmidos. No ano de 1857 em Bombaim, Índia, foi construído uma unidade produtora de biogás, assim, suprindo o gás combustível do hospital de hansenianos da região. Em 1890, Donald Cameron desenvolveu uma fossa séptica que propiciou a utilização de biogás para iluminação pública na cidade de Exeter, Inglaterra (NOGUEIRA, 1986).

Nogueira (1986) afirma que por volta de 1920, Karl Imhoff desenvolveu um tanque biodigestor para o tratamento anaeróbico de esgotos residenciais na Alemanha, chamado de tanque Imhoff, bastante difundido na época.

A Índia foi um dos países mais importantes no conhecimento sobre biodigestores, sendo que, em 1939, o Instituto Indiano de Pesquisa Agrícola, em Kanpur, desenvolveu a primeira usina de gás de esterco e a partir do sucesso obtido, foi criado o Gobar Gás Institute (1950), o qual foi responsável pela grande difusão da metodologia de biodigestores como forma de tratar os dejetos animais, obter biogás e

ainda conservar o efeito fertilizante do produto final (biofertilizante). Foi esse trabalho realizado na região de Ajitmal (Norte da Índia), que permitiu a construção de milhares de biodigestores no interior daquele país (NOGUEIRA, 1986).

Com o desenvolvimento das técnicas de biodigestores, houve uma disseminação da metodologia e consequente instalação dos mesmos. Entre os anos de 1958 e 1972 a China já tinha instalado 7,2 milhões de unidades na região do Rio Amarelo (GASPAR, 2003).

Com a crise do petróleo da década de 70, muitos países dependentes desse energético tiveram que buscar a substituição daquele produto. A partir das opções existentes, o biogás tornou-se atrativo por ser uma produção a baixo custo e com resultados favoráveis na produção de energia a partir do metano (DEGANUTTI et al., 2002; VERMA, 2002). De acordo com Saravanan e Sreekrishnan (2006), a questão sanitária também teve papel fundamental para se aumentar o interesse pela biodigestão, já que até a década de 70, boa parte do tratamento biológico de esgoto era aeróbio e utilizava oxigênio para degradar a matéria orgânica.

Como modelo de desenvolvimento de biodigestores em estações de tratamento, no início de 1970, propôs-se o biodigestor UASB (upflow anaerobic sludge blanket), que possui um tempo de retenção similar aos de reatores aeróbios, desta forma, aumentando o interesse dos sanitaristas pelo processo de biodigestão. (LETTINGA et al., 1980).

No Brasil, a crise do petróleo despertou o interesse em pesquisar fontes renováveis de energia. Dentre as opções conhecidas como limpas e abundantes, a bioenergia gerada pelos resíduos sólidos agrícolas como os dejetos de origem animal tornou-se alternativa viável, já que diminui a capacidade poluidora desses resíduos, garantindo que gás emitido na decomposição possa ser destinado à produção de energética e adubo orgânico (CLEAN ENERGY, 2004).

De acordo com Palhares (2008), a Empresa Brasileira de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMBRATER) instalou em 1979, o primeiro biodigestor modelo chinês na Granja do Torto, em Brasília e ganhou impulso com a crise resultante do segundo choque de preços do petróleo.

No Brasil, os biodigestores tiveram maior desenvolvimento na década de 80, onde até 1988 em torno de 8000 unidades foram construídas, dentre elas foram utilizadas os modelos indiano, chinês e de alguns de plástico. Ao longo dos anos posteriores, devido a ausência de incentivos financeiros e à expansão da eletrifica-

ção rural subsidiada houve um decréscimo na utilização dessa tecnologia. A queda na utilização de biodigestores se deve também aos diversos defeitos apresentados, ocorridos por problemas na operação e construção dos mesmos (COELHO et al., 2000).

A partir dos anos 2000, concessionárias de energia elétrica iniciaram a compra de energia elétrica excedente da produção dos biodigestores. Em 2007 a Companhia Paranaense de Energia (COPEL) iniciou a compra de energia elétrica por geração distribuída, oriunda do biogás produzido por processo de biodigestão de dejetos resultantes da produção animal (ITAIPU BINACIONAL/FAO, 2009).

No Brasil, a utilização de biodigestores por produtores rurais, especialmente pelos suinocultores passa por diversos entraves, dentre eles a falta de acesso ao conhecimento da técnica, carência de suporte técnico especializado e elevado investimento de capital.

#### **4.2 Produção e Funcionamento de um Biodigestor**

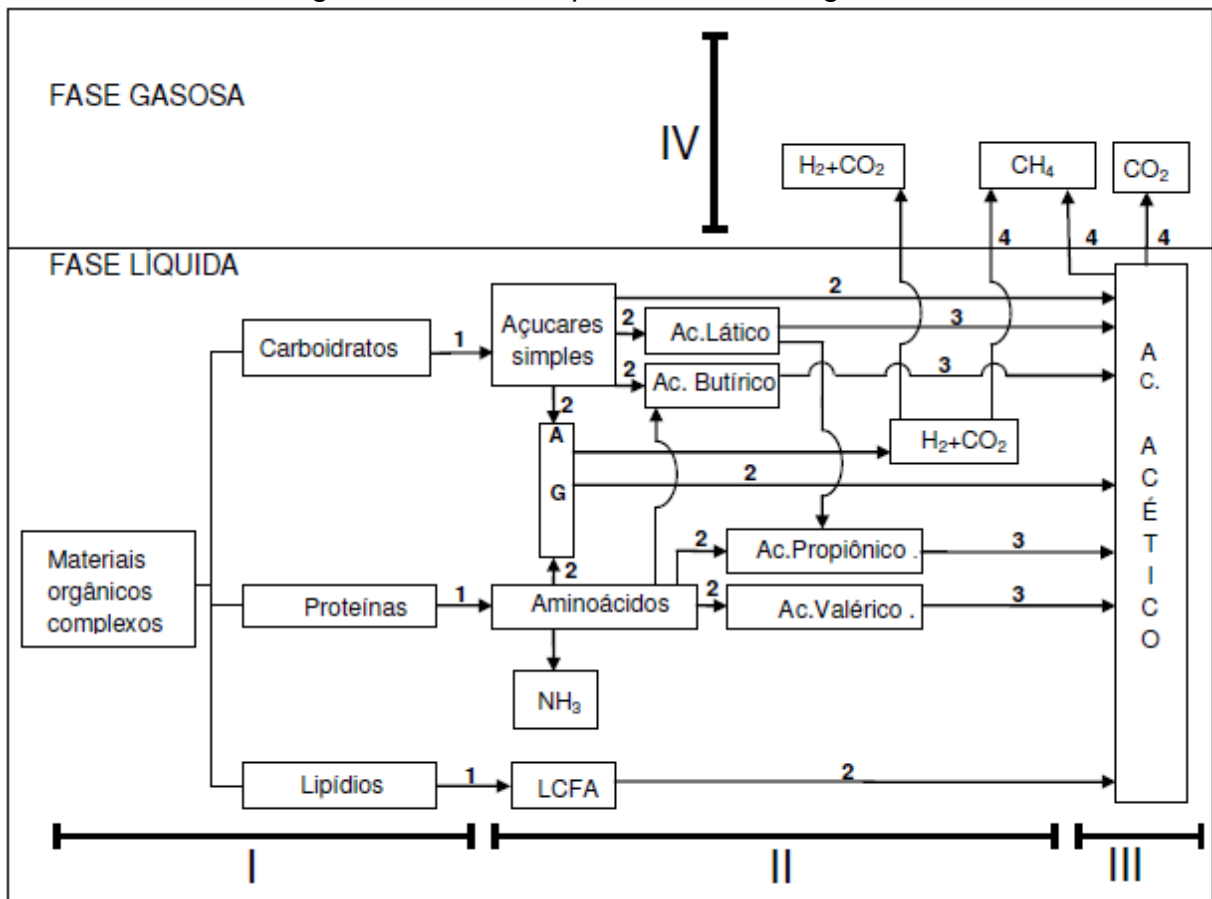
O biodigestor se caracteriza por ser uma estrutura formada por uma câmara fechada na qual se adiciona o material biológico para decomposição, podendo ser isolado por manta impermeável e vedado, de forma que somente os tubos de entrada e saída tenham acesso ao meio exterior, propiciando um ambiente sem a presença de oxigênio (MAPA, 2016). O Material orgânico passa por um determinado tempo de retenção, no qual ocorre um processo bioquímico chamado biodigestão anaeróbica (MAGALHÃES, 1986). O referido processo constitui a fermentação do produto por micro-organismos na falta de oxigênio, resultando na produção de biogás e biofertilizante. O gás gerado é composto em sua maior parte por metano e gás carbônico, podendo ser utilizado na produção de energia elétrica e aquecimento. O biofertilizante é rico em nitrogênio, caracterizando-se por ser um bom fertilizante natural (BALMANT, 2009).

Para determinação da qualidade do biogás, o valor de metano (CH<sub>4</sub>) deve ser superior ao de gás carbônico (CO<sub>2</sub>), sendo um valor próximo ao ideal de CH<sub>4</sub> acima de 60% e de CO<sub>2</sub> abaixo de 40% (FRIEHE, WEILAND e SCHATTAUER, 2010).

De acordo com Wayne (2005), o processo de biodigestão possui quatro etapas: hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese. Na hidrólise, as bac-

térias produzem enzimas que transformam amido e proteínas (polímeros) em açúcares e aminoácidos (monômeros). Na acidogênese, os monômeros produzidos na primeira fase são convertidos em Ácidos Graxos Voláteis (AGV's), como os ácidos butírico e propiônico. Na acetogênese, os AGV's se transformam em ácido acético, gás carbônico e hidrogênio gasoso. Na metanogênese, as bactérias metanogênicas acetoclásticas transformam o ácido acético em metano e gás carbônico, o gás carbônico e o hidrogênio se unem para formação de metano pelas bactérias metanogênicas hidrogenotróficas. Como resultado desse processo, o gás gerado além de produzir metano e gás carbônico também tem em sua composição o gás sulfídrico e outros componentes em quantidades menores (Figura 4).

Figura 4 - Fases do processo de biodigestão.



Fonte: Balmant (2009).

Diversos fatores podem influenciar na velocidade das reações que compõem a biodigestão. Dentre eles está a presença de microbolhas de metano e gás carbônico que permanecem em torno das bactérias isolando-as do contato com o material. Dessa forma, para evitar redução do potencial de produção do biogás, tor-

na-se necessário um mecanismo de agitação do meio em digestão, causando o desprendimento das bolhas, propiciando a retomada da ação de degradação orgânica (GASPAR, 2003).

Outro fator importante, a se destacar, é que para manutenção da produção do biogás pelas bactérias é de grande importância a manutenção da impermeabilidade do meio metanogênico ao contato com o ar atmosférico, temperatura apropriada, quantidade suficiente de substratos orgânicos, ausência de substâncias tóxicas aos microrganismos e teor de água adequado (SEIXAS et al., 1980).

Para evitar os problemas relativos à presença de oxigênio no interior de biodigestor e variações inadequadas de temperatura, Costa, Silva e Gomes (1985) propõem que a execução dos processos escolha do terreno, impermeabilização e vedação das paredes do equipamento devem ser feitos de forma bastante cuidadosa.

Demais fatores ambientais como o pH, também possuem relevância na manutenção da biota favorável à biodigestão, já que meios muito ácidos ou muito básicos selecionam outros microrganismos que anulam ou reduzem a velocidade e o volume de produção do biogás. Segundo Souza (1984), o pH ótimo para o processo anaeróbico, situa-se entre 6,8 e 7,2.

Os microrganismos digestores da matéria orgânica podem variar também de acordo com a temperatura no sistema. Em temperaturas abaixo de 20 graus Celsius selecionam-se as bactérias psicrófilas; em temperaturas variando de 20 a 45 graus Celsius são chamadas mesófilas; bactérias termófilas são aquelas que atuam acima de 45 graus Celsius; o processo é interrompido em temperaturas abaixo de 10 graus Celsius (PINTO, 1999).

De acordo com Khalid et al. (2011), a temperatura adequada para as bactérias poderem transformar matéria orgânica em gás varia entre 25 e 55 graus Celsius com uma média de 37 graus Celsius. Os autores afirmam ainda que as bactérias tornam-se inativas abaixo de 15 graus Celsius e acima de 55 graus Celsius muitas bactérias podem perder a função.

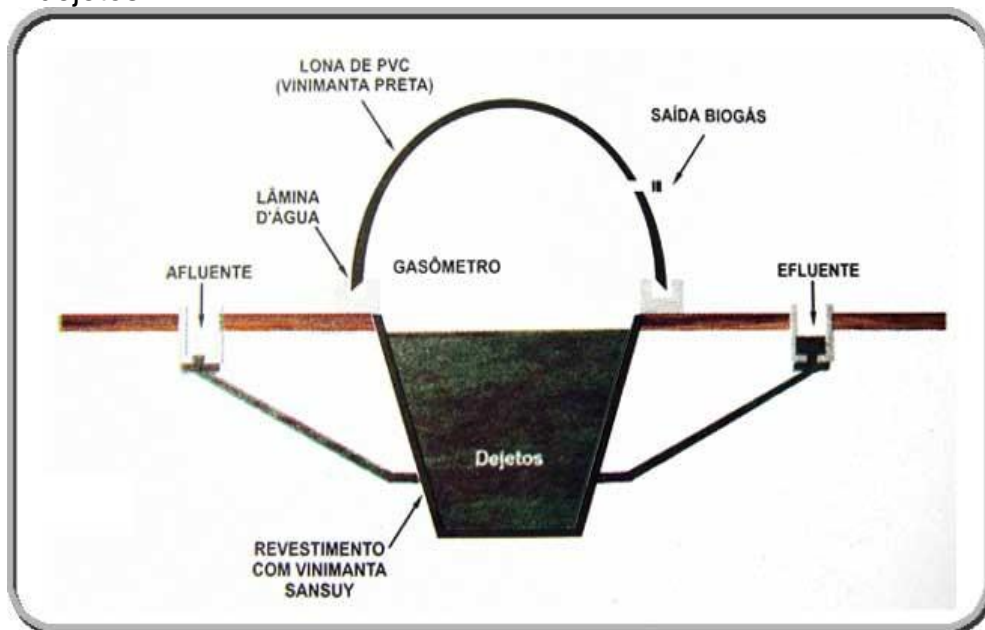
A questão do clima no Brasil torna-se um fator favorável para o desenvolvimento da tecnologia de biodigestores, já que o país situa-se em área de clima tropical. Além das altas temperaturas praticamente todo o ano, a intensa biodiversidade faz com que os microrganismos que nutrem os detritos atuem continuamente (JÚNIOR, 2009).

A qualidade do material orgânico lançado para processamento de biodigestão também interferem no volume e na qualidade do biogás produzido. Diante disso, a relação ideal entre carbono/nitrogênio (C:N) varia de 20 a 30:1 (VISWANATHAN et al., 1994).

Caso a relação C:N seja acima do valor recomendado, haverá um rápido consumo de nitrogênio pelas bactérias metanogênicas, dessa forma influenciando negativamente na produção do biogás. Por outro lado, se a relação C:N for menor que a ideal, haverá liberação de nitrogênio, sendo este convertido em amônia, tornando o ambiente mais básico e inibindo os micro-organismos metanogênicos (PICANÇO, 2004).

Como dito anteriormente, os biodigestores vem sendo desenvolvidos há vários anos e diversos modelos já foram utilizados, porém, em geral, todos são constituídos por duas partes, um recipiente (tanque) para abrigar e permitir a digestão da biomassa e o gasômetro para armazenar o biogás (Figura 5). Após a produção do biogás, o mesmo é canalizado e pode ser utilizado para aquecimento ou resfriamento de equipamentos e instalações, além da geração de energia elétrica (JÚNIOR, 2009).

Figura 5 - Exemplo de biodigestor com gasômetro e tanque para armazenamento de dejetos.



Fonte: <http://www.cnpsa.embrapa.br/invtec/Fotos/09.jpg>. Acesso em: 22 de abril de 2018.



Os biodigestores podem ser classificados como contínuos ou intermitentes. O contínuo possui abastecimento diário de dejetos, com a retirada do produto de acordo com a entrada; o intermitente utiliza sua capacidade máxima de armazenamento, retendo a biomassa até a completa biodigestão, retirando-se os restos da digestão e se fazendo nova recarga. O modelo intermitente é mais indicado para resíduos orgânicos de decomposição lenta e com longo período de produção como palha ou forragem misturada a dejetos animais (GASPAR, 2003).

Para determinação do porte e qual biodigestor construir na suinocultura é imprescindível conhecer a quantidade de produção de dejetos. Segundo Jelinek (1977) o volume de dejetos líquidos produzidos varia de acordo com o desenvolvimento ponderal dos animais, gerando em torno de 8,5 a 4,9% do seu peso vivo/dia, para a faixa de 15 a 100 kg, valor esse já incorporando a quantidade excretada de urina.

O volume de dejetos produzidos em granjas suinícolas podem variar de acordo com o sistema de limpeza adotado, determinando a maior ou menor quantidade de água a ser utilizada, desta forma, os dejetos suínos podem ser caracterizados em grande parte das produções como um efluente líquido (JUNIOR, 2009).

Sabendo-se da estimativa do volume de dejetos produzidos, torna-se possível realizar o cálculo de produção do biogás gerado pelo biodigestor, porém, o tamanho do equipamento deve ser pensado para atender de maneira mais aproximada o consumo diário do biogás pela propriedade (SEIXAS et al., 1980).

De acordo com Pereira (2005), estima-se a produção de biogás variando entre 0,5 a 0,7 m<sup>3</sup> biogás por dia por m<sup>3</sup> de biomassa (volume do biodigestor), desta forma, um biodigestor com 100 m<sup>3</sup> de volume, teria potencial para gerar entre 50 a 70 m<sup>3</sup> de biogás por dia.

De maneira geral, qualquer material orgânico pode ser utilizado como fonte de substrato para o funcionamento do biodigestor, porém, a quantidade e qualidade do biogás produzido também varia com o tipo de esterco que será usado para a produção deste. Os dejetos que apresentam maior rendimento são os de aves e suínos (PEREIRA, 2005).

Outra característica construtiva dos biodigestores a ser levada em consideração é a profundidade e o diâmetro, estrutura essa, dependente do clima da região, já que em locais mais frios a produção do biodigestor obedece à relação 2,4 m<sup>3</sup> de matéria orgânica (biomassa) por m<sup>3</sup> de biogás produzido, enquanto no clima tropical,

a relação passa a ser de 1 m<sup>3</sup> de biomassa para 1m<sup>3</sup> de biogás. Esses valores demonstram que biodigestores em clima temperado necessitam utilizar mais que o dobro de matéria orgânica para produzir a mesma quantidade de biogás que no clima tropical (SGANZERLA, 1983).

Para o bom funcionamento do biodigestor, torna-se necessário propiciar um ambiente adequado para manutenção e desenvolvimento das bactéria utilizadas na decomposição do substrato. Diante disso, o produtor rural terá de tomar devidas precauções quanto à presença de antibióticos ou defensivos agrícolas no interior do biodigestor, pois se houver a contaminação por esses produtos, a atividade bacteriana poderá cessar e conseqüentemente anulando a produção do biogás. Sugere-se ao produtor separar animais que estão em tratamento com antibióticos e desviar seus dejetos para não entrarem no biodigestor (GASPAR, 2003).

Tendo-se como base que a produção de biogás é dependente de diversos fatores ambientais, deve-se enfatizar a necessidade de monitoramento e análise frequente, o qual para ser eficiente deve ser *online*, o qual irá indicar características de instabilidade no processo (JANTSCH; MATTIASSON, 2004).

Dentre as formas de monitoramento, deve-se tomar como base alguns indicadores principais, como: taxa de produção de gás, composição gasosa, temperatura, alcalinidade e concentrações de ácidos. Diante das informações coletadas, pode-se refletir como está o ambiente para ação dos micro-organismos (SHUBEITA et al., 2014).

O monitoramento de índices durante a biodigestão e sua correta interpretação, pode ser utilizado para calcular a carga de matéria orgânica e sua constituição, propiciando ao produtor a possibilidade de inclusão de novos substratos para melhoria do processo de digestão e como conseqüência por aumentar produção de metano (RAJENDRAN, 2014).

No caso de automatização da operação do biodigestor, pode-se utilizar um sistema de controle para supervisão e aquisição de dados no biodigestor (SCADA). Tal sistema é responsável, pela captação de diversos dados como, temperatura, volume de matéria orgânica e pressão do gás, além de gerar registros de monitoramento para posteriores tomadas de decisões (SHUBEITA et al., 2014).

A transmissão dos dados gerados no biodigestor é um grande desafio, já que o ambiente químico e mecânico no interior do sistema é bem severo, desta forma, os nodos de captação devem ser encapsulados em material isolante e resisten-

te para não sofrer ação de degradação e conseqüentemente evitar a captação errônea de dados (JANTSCH; MATTIASSON, 2004).

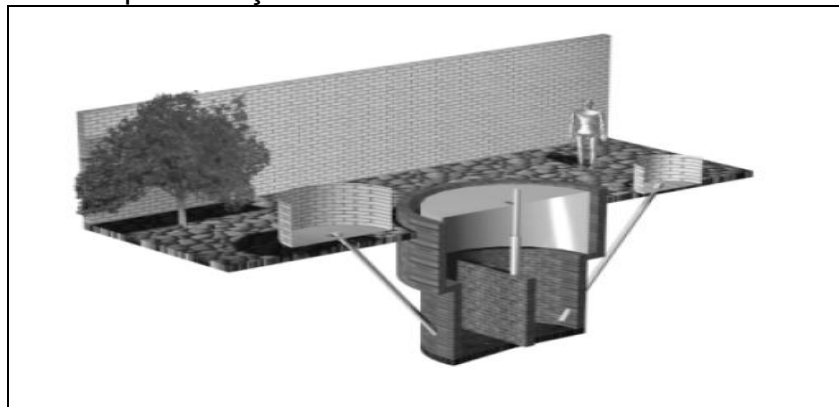
### 4.3 Modelos de Biodigestores

Diversos são as formas de construção e funcionamento dos biodigestores, porém, a partir da necessidade da utilização desta tecnologia em diversos setores produtivos, destacam-se aqueles utilizados no campo e também no tratamento sanitário, este último servindo principalmente indústrias de alimentos (SARAVANAN; SREEKRISHNAN, 2005; FAISAL; UNNO, 2001; BOOPATHY, 1998).

Ao se falar de modelos utilizados nos meios rurais, destacam-se os modelos indiano, chinês, canadense e batelada, sendo os mais antigos e a muito tempo utilizados os modelos chinês e indiano.

De acordo com Deganutti et al. (2002) o biodigestor do modelo Indiano tem como característica uma campânula como gasômetro, que pode estar inserida sobre o material em fermentação ou em um selo d'água externo. Possui também uma parede divisória que faz com que o material circule por todo o interior do biodigestor como pode ser observado na Figura 6 com a representação tridimensional em corte do modelo indiano.

Figura 6 - Representação tridimensional em corte do modelo indiano.



Fonte: Deganutti et al. (2002).

Uma das vantagens do modelo indiano é a sua campânula flutuante, a qual permite manter a pressão do biogás estável, desta forma, não é necessário regular de forma constante os aparelhos que utilizam o metano (SGANZERLA, 1983). Neste modelo, à medida que o gás produzido não é consumido de imediato, o ga-

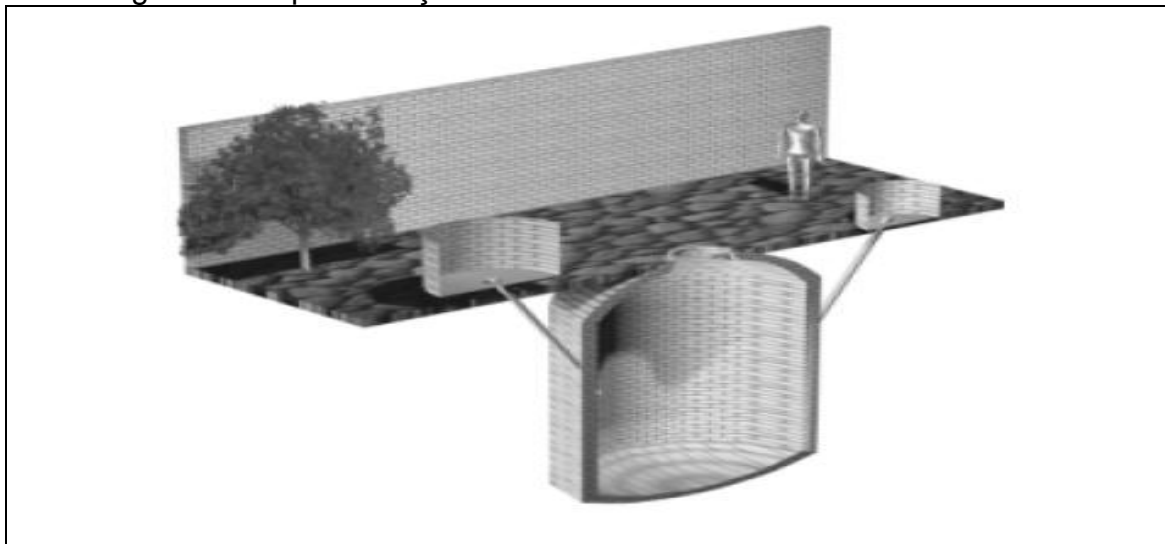
sômetro tende a mover-se verticalmente, aumentando o volume deste e mantendo a pressão constante no interior do biodigestor (DEGANUTTI et al., 2002).

Outra vantagem deste modelo é a capacidade de adaptação ao clima e tipo de solo do local a ser instalado, já que as medidas de diâmetro e profundidade são variáveis, devendo ser adaptadas de acordo com a capacidade do tanque digestor e da campânula (GASPAR, 2003). O biodigestor do modelo indiano pode ser também construído acima do nível do solo, porém, deve-se levar em consideração a facilidade no abastecimento (SGANZERLA, 1983)

Como principais desvantagens, pode-se apontar o encarecimento construtivo devido ao gasômetro de metal, que além do alto valor para construção, o transporte do mesmo pode ser empecilho para implantação do modelo (DEGANUTTI et al., 2002).

O modelo chinês constitui-se por uma câmara cilíndrica em alvenaria, com teto abobado e impermeável, sendo esse espaço destinado ao armazenamento do gás produzido pela biodigestão (Figura 7). A forma de fornecimento de substrato é contínua, devendo-se observar a concentração de sólidos totais próximo de 8%, assim, evitando entupimentos e facilitando a circulação do material.

Figura 7 - Representação tridimensional em corte do modelo chinês



Fonte: Deganutti et al. (2002).

Este biodigestor funciona com base no princípio de prensa hidráulica, desta forma, o aumento da pressão em seu interior devido ao acúmulo de biogás irá desencadear o deslocamento do composto da câmara de fermentação para a caixa de saída (DEGANUTTI et al., 2002).

A construção desse modelo é quase totalmente em alvenaria, não sendo necessário o uso do gasômetro em chapa de aço, o que reduz custos. Por outro lado, a construção deve ser cuidadosa para realizar a vedação de forma adequada, já que deve-se evitar o vazamento de gás (DEGANUTTI et al., 2002) e impedir infiltrações de água decorrentes do solo no meio exterior (GASPAR, 2003).

Um dos grandes entraves para o uso do modelo chinês está relacionado à oscilação da pressão de utilização, na qual varia bastante, o que prejudica sua utilização (COSTA et al., 1985).

Ao se comparar os modelos Chinês e Indiano, tem-se demonstrado desempenho semelhante, porém, o modelo Indiano apresentou em alguns experimentos, mais eficiência na produção de biogás e redução de sólidos no substrato (DEGANUTTI et al., 2002).

O modelo de biodigestor canadense é o mais utilizado atualmente na suinocultura moderna, havendo diversas empresas desenvolvendo projetos em todo Brasil.

Este modelo tem como característica uma base retangular impermeabilizada cavada no chão, onde se depositam os resíduos da produção e possui largura maior que a profundidade, favorecendo a exposição ao sol do substrato (Figura 8). O biodigestor possui uma manta flexível de PVC denominada de gasômetro a qual se infla à medida em que ocorre a produção de biogás (ANDRADE, 2018).

Figura 8 - Seção transversal do biodigestor canadense.

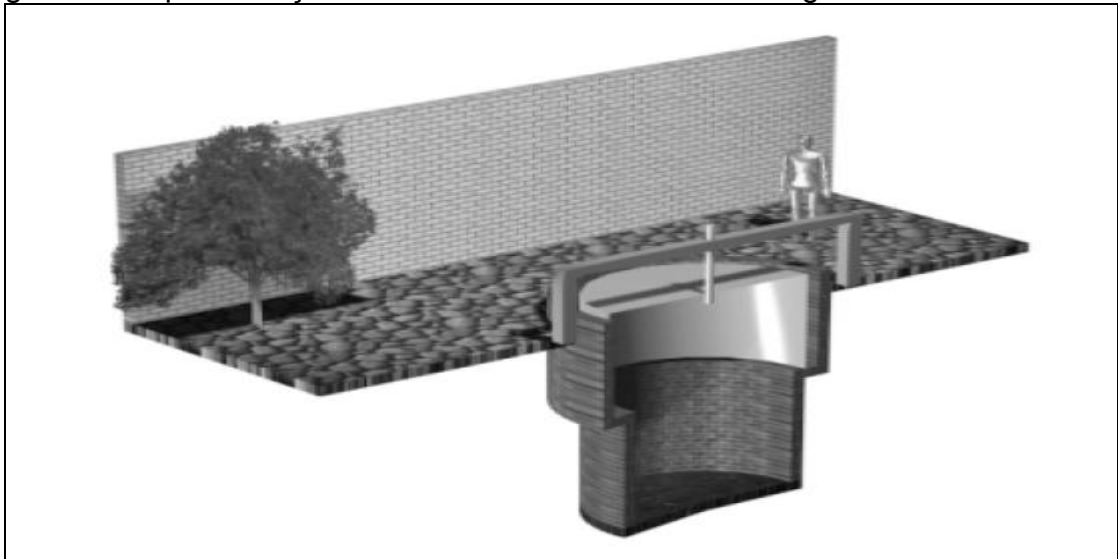


Fonte: Cervi (2010).

Como base de critério para instalação, este modelo possui melhores repostas em regiões de clima quente, o que favorece a temperatura adequada do substrato, propiciando o processo de digestão anaeróbia e conseqüentemente a produção de biogás.

Um exemplo de modelo não contínuo é o denominado de Batelada, o qual recebe uma carga única de substrato dentro de um tanque e após o processo de fermentação, o material é retirado disponibilizando uma nova recarga (SOUZA, 2014). Este modelo é melhor aproveitado quando a disponibilidade de resíduos ocorre em períodos mais longos, como por exemplo nas granjas avícolas de corte, onde a cama de frango é retirada apenas na saída dos animais do galpão (DEGANUTTI et al., 2002). A representação tridimensional em corte do biodigestor modelo batelada está representada na Figura 9.

Figura 9 - Representação tridimensional em corte do biodigestor modelo batelada.



Fonte: Deganutti et al. (2002).

#### 4.4 Produtos Gerados pelo Processo de Biodigestão

O processo de biodigestão é uma alternativa para utilização dos dejetos suínos como fonte de renda para o produtor além de reduzir riscos ao meio ambiente. Dentre os produtos que podem ser gerados como resultado da digestão anaeróbia dos resíduos das granjas suinícolas estão o biogás e o biofertilizante, sendo que quando bem trabalhada a técnica de biodigestão, é possível a obtenção de produtos com excelente qualidade e de baixo impacto ao meio ambiente.

O biogás produzido no processo de fermentação anaeróbia pode ser utilizado de diversas formas pelo produtor rural, dentre elas por aplicações termodinâmicas (produção de frio, calor e potência), assim como, em equipamentos estacionários (fogões, lampiões, campânulas para aquecimento, conjuntos motobomba e conjuntos geradores (PINTO, 1999).

Com a produção do gás no processo de biodigestão, reduz-se a necessidade da população rural em retirar lenha das matas próximas à suas residências, fato esse, que contribui com a diminuição do desmatamento de áreas nativas, evitando uma possível erosão do solo em áreas degradadas, disseminação de pragas em lavouras e destruição da fauna e flora (USP, 2001).

Na questão econômica Silva e Gomes (1985) afirmam que ao se utilizar o biogás, reduz-se custos relativos de transporte de bujões de gás GLP, além disso, o gás produzido pelo biodigestor é mais higiênico, produzindo menos fumaça e fuligem.

Após o processo de biodigestão adequado, o biogás produzido é composto por vários gases, estando mais presente o metano (60 ou 65% do total) e o restante consiste basicamente em, gás carbônico e menor quantidade de outros gases. A quantidade de cada gás no produto vai depender ainda do tipo e quantidade de biomassa utilizada, clima e dimensionamento do biodigestor, porém, a composição básica não deve variar de forma significativa (SEIXAS et al.,1980).

De acordo com Gaspar (2003), o poder calorífico do biogás é altamente influenciado pela quantidade de metano, o qual confere um alto poder calorífico, variando de 5.000 a 7.000 kcal por metro cúbico e dependendo do índice de purificação pode chegar a 12.000 kcal por metro cúbico.

De acordo com Colatto e Langer (2012), a utilização de biodigestores na produção suinícola é ainda mais válida devido a resultados em que os dejetos suínos têm melhor rendimento tanto no volume de biogás produzido como na concentração de gás metano (50% da composição total). Os autores afirmam ainda, que a produção de metano varia de acordo com a alimentação dos animais, assim, animais confinados tendem a produzir mais CH<sub>4</sub>.

Em cálculo realizado para uma granja comportando 1115 animais por mês e considerando-se que cada suíno produz 2,25 kg de resíduos por dia, obteve-se o resultado de 2508,75 kg de dejetos por mês (SANTOS; JÚNIOR, 2013).

A partir dos referidos números pôde-se prever que a granja tem potencial de produção de 21.728,907 kWh por mês de energia, o que equivale a 145 casas com consumo mensal de 100 a 150kWh (SANTOS; JÚNIOR, 2013).

A partir do biogás produzido pode-se realizar comparações com outros combustíveis sendo que 1 m<sup>3</sup> de biogás corresponde 0,61 litros de gasolina, 0,57 litros de querosene, 0,55 litros de óleo diesel, 0,45 kg de gás liquefeito, 0,79 litros de álcool combustível, 1,538 kg de lenha e 1,428 kwh de energia elétrica (DEGANUTTI et al., 2002). A partir dos parâmetros apresentados, torna-se possível avaliar em termos econômicos se é vantajoso o uso do biogás e para tal, faz-se necessário conhecer os custos de produção do m<sup>3</sup> de biogás e compará-lo aos demais combustíveis.

O biofertilizante é um produto gerado após a digestão anaeróbia dos resíduos da produção e possui diversas utilidades, dentre elas o uso agrícola, que pode reduzir a necessidade de fertilizantes químicos. Diante dessa possibilidade, o biofertilizante pode representar outra fonte de renda ao produtor, além de reduzir o impacto ambiental desde que usados de forma correta (MAPA, 2016).

Uma característica do processo de biodigestão é a redução do teor de carbono do material a partir da liberação de metano (CH<sub>4</sub>) e dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). A partir dessa redução há uma concentração de nitrogênio e demais nutrientes, dessa forma, melhorando sua utilização agrícola (OLIVER et al., 2008).

O biofertilizante é um adubo orgânico, não possui vetores de doenças e pragas às plantas e contribui para o reestabelecimento do teor de húmus no solo, sendo assim um melhorador de suas propriedades químicas, físicas e biológicas, atuando na estruturação e fixação de nitrogênio atmosférico (OLIVER et al., 2008).

Outras características favoráveis dos biofertilizantes foram descritas por Oliver et al. (2008), como pH alcalino (7,5), favorece a correção da acidez do solo, nutrientes livres para absorção das plantas, melhora a física do solo, facilitando o manejo e o crescimento das raízes das plantas, proporciona maior agregação das partículas do solo, melhora o meio biológico, favorecendo a multiplicação de bactérias, gera maior produtividade às lavouras e reduz a capacidade germinativa de sementes de plantas daninhas.



A utilização do biofertilizante deve ser feita de forma cuidadosa, já que para sua aplicação no solo torna-se necessário o conhecimento da composição química dos dejetos suínos, necessidade nutricional da cultura e características químicas do solo. A partir do conhecimento desses fatores, torna-se possível a estimação da quantidade de biofertilizante a ser distribuído para cultura, assim, torna-se possível atender exatamente a necessidade de nutrientes das plantas e reduz-se os excessos, que podem ao longo do tempo causar toxidez para cultura e poluição ambiental (MAPA, 2016).

O líquido oriundo do processo de biodigestão jamais deve ser despejado diretamente nos curso de água, pois apesar de o biodigestor remover boa parte da capacidade poluente, ele é apenas uma parte do processo e não um sistema definitivo de tratamento (OLIVEIRA; HIGARASHI, 2006).

A aplicação do biofertilizante pode ser feita diretamente na região foliar ou nos caules das plantas, sendo a parte sólida armazenada e distribuída com equipamentos próprios para este trabalho. Outra forma de utilização é a partir da decantação ou filtração do biofertilizante líquido, o qual gera uma massa sólida que pode ser aplicada direto no solo (MAPA, 2016).

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A produção suinícola tem grande importância no setor econômico brasileiro, sendo uma atividade que está em constante desenvolvimento tecnológico e com potencial para viabilizar o aproveitamento de seus resíduos através do processo de biodigestão anaeróbia, gerando importantes produtos e subprodutos.

A instalação de biodigestores em granja suinícola resulta em claros efeitos positivos. Tem-se a redução do potencial poluidor da produção, melhorando a interação entre a atividade agropecuária e o meio ambiente, tema este, que está em alta nos dias de hoje. Como efeito secundário pode-se obter uma geração de renda extra para o produtor, podendo o biogás obtido ser utilizado no aquecimento da granja, como combustível para transportes automotores, na geração de energia elétrica e adubação de pastagens.

Vale salientar que a instalação dos biodigestores em propriedades suínícolas deve ser analisada de forma a verificar qual o melhor modelo para região, em função do dimensionamento da capacidade de produção e da viabilidade econômica. É necessário consultar os órgãos estaduais responsáveis para validação do projeto a ser trabalhado.

## REFERÊNCIAS

- ABPA. Associação Brasileira de Proteína Animal. **Relatório anual 2017**. Disponível em [http://abpa-br.com.br/storage/files/3678c\\_final\\_abpa\\_relatorio\\_anual\\_2016\\_portugues\\_web\\_reduzido.pdf](http://abpa-br.com.br/storage/files/3678c_final_abpa_relatorio_anual_2016_portugues_web_reduzido.pdf). Acesso em: 3 de maio de 2018.
- AMARAL, A. L. et al. **Boas práticas de produção de suínos**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2006. 60 p. (Circular Técnica, 50). Disponível em: <[http://www.cnpisa.embrapa.br/sgc/sgc\\_publicacoes/publicacao\\_k5u59t7m.pdf](http://www.cnpisa.embrapa.br/sgc/sgc_publicacoes/publicacao_k5u59t7m.pdf)>. Acesso em: 22 de maio de 2018.
- ANDRADE, M. P. **Eficiência de biodigestores canadenses no tratamento de dejetos de suínos em diferentes fases de produção**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Lavras, 2018.
- ANDREAZZI, M. A., SANTOS, J. M. G., LAZARETTI, R. M. J. **Destinação dos resíduos da suinocultura em granjas das regiões noroeste e sudoeste do Paraná**. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental Santa Maria, v. 19, n. 3, set-dez. 2015, p. 744-751
- BALMANT, W. **Concepção, construção e operação de um biodigestor e modelagem matemática da biodigestão anaeróbica**. Dissertação (Mestrado Engenharia e Ciência dos Materiais). Universidade Federal do Paraná, 2009.
- BARROS, A. J. S.; LEHFELD, N. A. S. **Fundamentos de metodologia: um guia para a iniciação científica**. 2 Ed. São Paulo: Makron Books, 2000.
- BOOPATHY, R. **Biological treatment of swine waste using anaerobic baffled reactors**. Bioresource Technology, v. 96, p.1-6, 1998.
- CARDOSO, B. F.; OYAMADA; G. C.; SILVA, C. M. **Produção, tratamento e uso dos dejetos suínos no Brasil**. Desenvolvimento em Questão. Editora Unijuí, ano 13, n. 32, 2015.
- CARVALHO, P. L. C.; VIANA, E. F. **Suinocultura SISCAL e SISCON: análise e comparação dos custos de produção**. Custos e Agronegócio Online, v. 7, n. 3, set.-dez. 2011. Disponível em: <<http://www.custoseagronegocioonline.com.br/numero3v7/suinocultura.pdf>>. Acesso em: 25 de maio de 2018.
- CERVI, R. G.; ESPERANCINI, M. S. T.; BUENO, O. C. **Economic viability for electrical power generation using biogas produced in swine grange**. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 30, n. 5, p. 831-844, 2010.

CLEAN ENERGY. **Biogás – Parte 1**. Disponível em: <<http://cleanenergy.blogspot.com/2004/11/obiogsparte-1-introduo-o-biogs-tem.html>>. Acesso em: 20 de abril de 2018.

COELHO et. al. **Medidas mitigadoras para a redução de emissões de gases de efeito estufa na geração termelétrica**. Brasília: Dupligráfica, 2000.

COLATTO, L; LANGER, M. **Unoesc & Ciência – ACET**, Joaçaba, v. 2, n. 2, p. 119-128, 2011.

CORDAIN, L.; WATKINS, B.; MANN, N. **Fatty acid composition and energy density of foods available to African hominids. Evolutionary implications for human brain development**. World Rev. Nutr. Diet., v. 90, p. 144-161, 2001.

COSTA, A. R. C. **Estruturas piramidais de melhoramento genético**. In: Associação Brasileira de Criadores de Suínos. Produção de suínos: teoria e prática. p. 60-62, Brasília, 2014.

COSTA, A. R.; SILVA, N. F.; GOMES, F. P. B. **Biodigestor**. Goiânia: Editora da Universidade Católica de Goiás, Série Cadernos de Pesquisa, 1985.

DEGANUTTI, R.; PALHACI, M. C. J. P.; ROSSI, M.; TAVARES, R. & SANTOS, C. **Biodigestores rurais: modelo indiano, chinês e batelada**. An. 4. Enc. Energ. Meio Rural 2002. Disponível em [http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?pid=MSC0000000022002000100031&script=sci\\_arttext&lng=pt-f1](http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?pid=MSC0000000022002000100031&script=sci_arttext&lng=pt-f1). Acesso em: 20 de abril de 2018.

DIAS, A. C. et al. **Manual brasileiro de boas práticas agropecuárias na produção de suínos**. Brasília, DF: ABCS; MAPA; Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, p. 140, 2011.

DIEFENTHAELER, I. B. F. **Das árvores às panelas no fogo: como nos tornamos humanos**. Monografia (Graduação em Nutrição). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

DIESEL, R.; MIRANDA, C. R.; PERDOMO, C. C. **Coletânea de tecnologias sobre dejetos suínos**. Porto Alegre: Embrapa Suínos e Aves, 2002.

EMBRAPA. **Biodigestor com gasômetro e tanque para armazenamento dos dejetos**. Disponível em: <http://www.cnpsa.embrapa.br/invtec/Fotos/09.jpg>. Acesso em: 23 de abril de 2018.

FAISAL, M.; UNNO, H. **Kinetic analysis of palm oil Mill waste water treatment by a modified anaerobic baffed reactor**. Biochemical Engineering Journal, v. 9, p 25-31, 2001.

FRIEHE, J., WEILAND, P. AND SCHATTAUER, A. **Fundamentals of anaerobic digestion. Guide to biogas from production to use**. Federal Ministry of Food, Agriculture and Consumer Protection (BMELV). Eschborn, Germany: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR), p. 21-30, 2010.

FLANDRIN, J. L; MONTANARI, M. **História da Alimentação**. 3a. ed., Editora Estação Liberdade, São Paulo, 1998.

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**. Dissertação (Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Catarina, 2003.

GERBER, P. J. et al. **Tackling climate change through livestock: a global assessment of emissions and mitigation opportunities**. Rome: FAO, 2013.

GEESDORF, C. **Benefícios da carne suína na alimentação humana**. Portal Dia de Campo, 2010. Disponível em: <http://www.diadecampo.com.br/zpublisher/materias/Materia.asp?id=22990&secao=C olunas%20e%20Artigos>. Acesso em: 10 de abril de 2018.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4a. ed. Editora Atlas, São Paulo, 2007.

GUIMARÃES et al. **Suinocultura: estrutura da cadeia produtiva, panorama do setor no brasil e no mundo e o apoio do bndes**. Agroindústria, BNDES Setorial, n. 45, p. 85-136, 2017.

HENRIQUES, R. M. **Aproveitamento energético dos resíduos sólidos urbanos: uma abordagem tecnológica**. Dissertação (Mestrado em Ciências em Planejamento Energético). Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2004.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa da Pecuária Municipal - 2016**. Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/ppm/quadros/brasil/2016>. Acesso em: 16 de maio de 2018.

ITAIPU BINACIONAL/FAO. **Agroenergia da biomassa residual: perspectivas energéticas, socioeconômicas e ambientais**. 2a. ed. Foz do Iguaçu/Brasília: Itaipu Binacional/Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação, 2009.

KHALID, A., ARSHAD, M., ANJUM, M., DAWSON, L. A. **The anaerobic digestion of solid organic waste**. Waste Management, v. 31, p. 1737-1744, 2011.

JANTSCH, T.; MATTIASSON, B. **An automated spectrophotometric system for monitoring buffer capacity in anaerobic digestion processes**. Water Research, vol. 38, p. 3645-3650, 2004.

JELINEK, T. **Collection, storage and transport os swine wastes**. In: TAGANIDES, E.P. Animal wastes. Essex, England: Applied Science, p.165-74, 1977.

JÚNIOR, L. J. **Manejo de dejetos em suinocultura: biodigestores**. Jaboticabal: FCAV/UNESP, 2009. Disponível em: [http://www.acrismat.com.br/novo\\_site/arquivos/25112009065720Jorge%20de%20Lucas.pdf](http://www.acrismat.com.br/novo_site/arquivos/25112009065720Jorge%20de%20Lucas.pdf). Acesso em: 20 de abril de 2018.

JURAS, I. A. G. M. **Legislação sobre resíduos sólidos: comparação da lei 12.305/2010 com a legislação de países desenvolvidos.** Câmara dos Deputados, 2012.

LETTINGA, G., VANVELSEN, A. F. M., HOMBA, S. W.; DEZEEUW, W., KLAPWIJK, A. **Use of the upflow sludge blanket reactor concept for biological waste water treatment especially for anaerobic treatment.** Biotechnology and Bioengineering, v. 22, p. 699-734, 1980.

LUCAS JÚNIOR, J. **Aproveitamento energético de resíduos da suinocultura.** In: Energia, Automação e Instrumentação. Lavras: UFLA/SBEA, p.81-7, 1998.

MACHADO FILHO, L. C. P. **Bem-estar de suínos e qualidade da carne: uma visão brasileira.** In: Anais da I Conferência Internacional Virtual sobre Qualidade de Carne Suína, p. 34-40, Concórdia, 2000.

MAGALHÃES, Agenor P. T. **Biogás: um projeto de saneamento urbano.** São Paulo: Nobel, p. 120, 1986.

MAGNONI, D.; PIMENTEL, I. **A importância da carne suína na nutrição humana.** São Paulo, 2007. Disponível em: [http://www.abcs.org.br/attachments/099\\_4.pdf](http://www.abcs.org.br/attachments/099_4.pdf). Acesso em: 14 de abril de 2018.

MAPA (Brasil). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Suinocultura de baixa emissão de carbono: tecnologias de produção mais limpa e aproveitamento econômico dos resíduos da produção de suínos /** Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Mobilidade Social, do Produtor Rural e do Cooperativismo. – Brasília, 2016.

MAPA (Brasil). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa 46, 6 out. 2011.** Disponível em: <[http://www.agricultura.gov.br/arq\\_editor/file/Desenvolvimento\\_Sustentavel/Organicos/Legislacao/Nacional/133\\_Agroindustria | Suinocultura: estrutura da cadeia produtiva, panorama do setor no Brasil e no mundo e o apoio do BNDES Instrucao\\_Normativa\\_n\\_0\\_046\\_de\\_06-10-2011\\_regulada\\_pela\\_IN\\_17.pdf](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Desenvolvimento_Sustentavel/Organicos/Legislacao/Nacional/133_Agroindustria_Suinocultura_estrutura_da_cadeia_produtiva_panorama_do_setor_no_Brasil_e_no_mundo_e_o_apoio_do_BNDES_Instrucao_Normativa_n_0_046_de_06-10-2011_regulada_pela_IN_17.pdf)>. Acesso em: 3 de junho de 2018.

MARQUES, H. **Antes as dificuldades, setor registra bons resultados.** In: Anuário 2018 da suinocultura industrial. Revista n. 6, ano 40, edição 279, 2017.

NIIR - National Institute of Industrial Research. **Handbook on biogas and it's applications.** Deli, India: AJ Kr. Gupa, 1990.

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

OLIVA, F. **Crescimento na receita dos embarques suínos equilibra desempenho em 2017.** In: Anuário 2018 da suinocultura industrial. Revista n. 6, ano 40, edição 279, 2017.

OLIVER, A. P. M. et al. **Manual de treinamento em biodigestão**. Salvador: Instituto Winrock – Brasil, 2008. Disponível em: <[http://ieham.org/html/docs/Manual\\_Biodigestao.pdf](http://ieham.org/html/docs/Manual_Biodigestao.pdf)>. Acesso em: 30 de abril 2018.

OLIVEIRA, P. A. V.; HIGARASHI, M. M. **Geração e utilização de biogás em unidades de produção de suínos**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves. 2006b. (Série Documentos DOC-115).

PALHARES, J.C.P. **Biodigestão anaeróbia de dejetos de suínos: aprendendo com o passado para entender o presente e garantir o futuro**. 2008. Artigo em Hipertexto. Disponível em: <[http://www.infobibos.com/Artigos/2008\\_1/Biodigestao/index.htm](http://www.infobibos.com/Artigos/2008_1/Biodigestao/index.htm)>. Acesso em: 20 de abril de 2018.

PARADELLA, R. **Carne de porco ganha espaço na mesa do brasileiro e no exterior**. Agência IBGE Notícias, *on line*, 2017. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/16615-carne-de-porco-ganha-espaco-na-mesa-do-brasileiro-e-no-exterior.html>. Acesso em: 14 de abril de 2018.

PERDOMO, C. C. **Impactos da suinocultura sobre o meio ambiente**. In: Anais da II Conferência Internacional sobre Ciência e Tecnologia de Produção e Industrialização de Suínos (SUINOTEC), p. 87-97, Campinas, 1996.

PERDOMO, C. C.; OLIVEIRA, P. A. V.; KUNZ, A. **Sistemas de tratamento de dejetos suínos: inventário tecnológico**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2003.

PEREIRA M. L. **Biodigestores: opção tecnológica para a redução dos impactos ambientais na suinocultura**. São Paulo, 2005. Disponível em: <<http://www.embrapa.br>>. Acesso em: 01 de maio de 2018.

PICANÇO, A. P. **Influência da recirculação do percolado em sistemas de batelada de uma fase e híbrido na digestão anaeróbica da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil – Hidráulica e Saneamento). Escola de Engenharia de São Carlos, 2004.

PINTO, C. P. **Tecnologia da digestão anaeróbica da vinhaça e desenvolvimento sustentável**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica – Planejamento em Sistemas Energéticos). Universidade Estadual de Campinas, 1999.

RAJENDRAN, K., et al. **A novel process simulation model (PSM) for anaerobic digestion using Aspen Plus**. Bioresource Technology, vol. 168, p. 7-13, 2014.

RESENDE, C. M. C.; CAMPOS, R. M. L. **Benefícios da carne suína na saúde do consumidor**. Nutritime Revista Eletrônica, online, v. 12, n. 6, p. 4457-4463, 2015.

RIZZONI, L.B.; TOBIAS, A.C.T.; DEL BIANCHI, M.; GARCIA, J. A. D. **Biodigestão anaeróbia no tratamento de dejetos de suínos**. Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária, v.9, n.18, p.1-20, 2012.

SANTINI, G. A.; SOUZA FILHO, H. M. **Mudanças tecnológicas em cadeias agro-industriais: uma análise dos elos de processamento da pecuária de corte, avicultura de corte e suinocultura**. In: Anais do Congresso da Sociedade Brasileira de Economia Rural, p. 1-12, 2004.

SANTOS, E. L. B., JUNIOR, G.N. **Produção de Biogás a Partir de Dejetos de Origem Animal**. Tekhne e Logos, Botucatu, SP, v.4, n.2, Agosto, 2013. ISSN 2176 – 4808.

SARAVANAN, V.; SREEKRISHNAN, T.R. Modelling anaerobic biofilm reactors-A review. **Journal of Environmental Management**, v. 81, p-1-18, 2006.

SCHULTZ, G. **Boas Práticas Ambientais na Suinocultura**. Porto Alegre: SEBRAE/RS, 2007, 23 p.

SEGANFREDO, M. A. **A questão ambiental na utilização de dejetos de suínos como fertilizante do solo**. Circular Técnica, Concórdia: Embrapa, n. 22, 2000.

SEIXAS et al. **Construção e funcionamento de biodigestores**. EMBRAPA-CPAC. Circular técnica. Brasília: EMBRAPA - DID, 1980.

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

SHUBEITA et al. **Um estudo sobre monitoramento e controle de biodigestores de pequena escala**. Relatório de pesquisa n. 079, 2014. Disponível em: <<http://www.pucrs.br/facin/programa-de-pos-graduacao-em-ciencia-da-computacao/informacoes-adicionais/relatorios-tecnicos/>>. Acesso em: 20 de abr. de 2018.

SOUZA, M. E. **Fatores que influenciam a digestão anaeróbica**. DAE, v. 44, p. 88-94, jun. 1984.

SOUZA, K. C. G. **Modelo de simulação para análise da viabilidade de geração de energia a partir da utilização de biodigestores**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica). Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, 2010.

USP. **Biodigestor**. Centro de Divulgação Científica da Universidade de São Paulo. Clube da Física. Disponível em: <<http://www.cdcc.sc.usp.br>>. Acesso em: 05 de maio de 2018.

TACHIZAWA, T.; MENDES, G. **Como fazer monografia na prática**. 12a. ed. Editora FGV, Rio de Janeiro, 2006.

TALAMINI, D. J. D.; SANTOS FILHO, J. I. **Atualidades da suinocultura brasileira**. Anuário 2018 da suinocultura industrial. Revista n. 6, ano 40, edição 279, 2017.



TRICHES, D. et al. **A cadeia produtiva de carne suína no estado do Rio Grande do Sul e na serra gaúcha.** In: XLIV Congresso da Sober, Fortaleza, Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural (SOBER), 23-27 jul. 2006. Disponível em: <<http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/142535/2/49.pdf>>. Acesso em: 20 de maio de 2018.

VERMA, S. **Anaerobic digestion of biodegradable organics in municipal solid wastes.** Columbia: Department of Earth & environmental engineering, Columbia University, 2002.

VILAÇA, M. L. C. **Pesquisa e ensino: considerações e reflexões.** E-scrita Revista do Curso de Letras da UNIABEU Nilópolis, v. 1, n. 2, 2010.

VISWANATH, P.; DEVI, S. S. NAND, K. **Anaerobic digestion of fruit and vegetable processing wastes for biogas production.** Bioresource Technology, v. 48, p. 1-8, 1994.

FWAYNE, J. P. **Application of the ADM model to advanced anaerobic digestion.** Bioresource Technology, v. 96, p. 1832-1842, 2005.

ZAFALON, M. **Consumo global de carne suína volta a crescer e garante mercado para Brasil.** Folha de São Paulo, *on line*, 2017. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/colunas/vaivem/2017/10/1927959-consumo-global-de-carne-suina-volta-a-crescer-e-garante-mercado-para-brasil.shtml>. Acesso em: 14 de abril de 2018.