

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE AMBIENTAL
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

CAMILA HUBER

**ESTUDO SOBRE A PRODUÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DE
DEJETOS SUÍNOS EM UMA PROPRIEDADE RURAL NO MUNICÍPIO
DE PITANGA NO ESTADO DO PARANÁ**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CAMPO MOURÃO
2016

CAMILA HUBER

**ESTUDO SOBRE A PRODUÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DE
DEJETOS SUÍNOS EM UMA PROPRIEDADE RURAL NO MUNICÍPIO
DE PITANGA NO ESTADO DO PARANÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II (TCC II) do curso de Engenharia Ambiental do Departamento Acadêmico de Ambiental (DAAMB), do Câmpus Campo Mourão, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Maria Cristina Rodrigues Halmeman

CAMPO MOURÃO



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Campo Mourão
Diretoria de Graduação e Educação Profissional
Departamento Acadêmico de Ambiental - DAAMB
Curso de Engenharia Ambiental



TERMO DE APROVAÇÃO

**ESTUDO SOBRE A PRODUÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DE DEJETOS SUÍNOS
EM UMA PROPRIEDADE RURAL NO MUNICÍPIO DE PITANGA NO ESTADO DO
PARANÁ**

por

CAMILA HUBER

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 24 de junho de 2016 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a banca examinadora considerou o trabalho APROVADO.

Prof^a. Dr^a. MARIA C. R. HALMEMAN

Prof. Dr. RADAMES J. HALMEMAN

Prof. Dr. EUDES J. ARANTES

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais (Jean Huber e Telma Huber), irmãos (André Huber e Leonardo Huber) e avós (Paternos: Edson Huber e Sirley Huber ; Maternos: Lourival Landgraf e Maria Adelaide Landgraf) , por fazerem este sonho se tornar realidade, por sonharem ele comigo, por me apoiarem e darem força para superar as barreiras ao longo destes cinco anos. Vocês são a minha base.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pois sem Ele nada seria possível, a sua força é o que me sustenta.

Aos meus pais e irmãos, por todo amor, carinho, paciência, conselhos, ensinamentos, apoio, pela confiança que depositaram em mim ao longo da faculdade e por caminharem junto a mim até o fim. Valeu a pena todo o sofrimento e hoje estamos colhendo juntos está vitória. Meu amor incondicional.

Ao meu noivo Bruno Bocardo que esteve comigo desde o início desta caminhada, sendo meu companheiro, me dando atenção, carinho, amor, se tornando uma pessoa fundamental para que este sonho se realizasse. Obrigado por toda a paciência, por estar ao meu lado em todos os momentos, me apoiando e me dando força para seguir em frente. Eu te amo.

Dedico especial agradecimento a Prof^a. Dr^a. Maria Cristina Rodrigues Halmeman, orientadora dedicada que com sabedoria soube dirigir-me os passos e os pensamentos para o alcance de meus objetivos.

Agradeço imensamente ao Prof. Dr. Marcelo Galeazzi Caxambú e todo o pessoal do Herbário HCF por todo o conhecimento adquirido, pelos conselhos, pelas manhãs e tardes de costura, por todas as coletas produtivas e cheias de astral, e por todo o carinho que me foi dado ao longo da minha participação dessa família. Um pedacinho de mim ficará com a família do Herbário, a turma da naftalina.

Agradeço aos amigos de sala pelo companheirismo tornando o convívio diário em amizade.

Agradeço à Volnei Senhorin, pela oportunidade concedida para o desenvolvimento do trabalho em sua propriedade, estando sempre disposta à ajudar.

Por fim, a todos os docentes, pelos ensinamentos, troca de experiências, motivação e dedicação, que tornou possível a realização dos ideais que antes era sonho.

RESUMO

HUBER, Camila. **Estudo sobre a produção de biogás a partir de dejetos suínos em uma propriedade rural no município de Pitanga no estado do Paraná**, 2016, 48 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2016.

Boa parte dos sistemas de produções de suínos existentes, propiciam elevada produção de dejetos líquidos, gerando problemas de manejo, armazenamento, distribuição e poluição ambiental. Tornando-se necessária a adoção de métodos e técnicas para manejar, estocar, tratar, utilizar e dispor dos resíduos dentro do sistema de produção com o objetivo da manutenção da qualidade ambiental. Nesse contexto, o manejo da biomassa residual gerada no sistema produtivo de suínos, aliada aos sistemas biodigestores é uma alternativa para o tratamento dos efluentes da suinocultura. Desse modo através da caracterização de dados em uma propriedade no município de Pitanga no estado do Paraná, foi estimada a produção de biogás para a possível implantação de um biodigestor, visando um melhor tratamento para os dejetos, com um plantel de 400 matrizes em sistema de ciclo completo. Verificou-se o consumo de água, a produção de dejetos, a produção de biogás, energia elétrica e biofertilizante. Pelo sistema de criação foi obtido o valor de $21920 \text{ kg.dia}^{-1}$ de dejetos e urina, e os gastos com limpeza e desperdícios pelos bebedouros de água foi de 19000 m^3 , totalizando $40920 \text{ m}^3.\text{kg.dia}^{-1}$ de efluente da propriedade. A partir do volume diário de dejetos foi possível estimar a quantidade de biogás, considerando dois tempos de detenção hidráulica (TDH), 10 dias e 20 dias, com a variação de temperatura da biomassa de 20°C , 25°C e 30°C , obtendo um maior valor em TDH de 10 dias à 30°C . A estimativa da energia elétrica produzida foi de $102816 \text{ kWh.ano}^{-1}$ com TDH de 20 dias e temperatura de 20°C . O biofertilizante a ser produzido nas condições do biodigestor foi de $333333,2 \text{ kg}$. Conclui-se que a implantação do sistema do biodigestor seria uma alternativa para o produtor, pois a energia elétrica produzida com o biogás atende a 97% das necessidades da propriedade reduzindo significativamente os gastos com energia e como a propriedade possui área agrícola, o uso do biofertilizante melhoraria a produtividade dos cultivos, tornando-se uma alternativa econômica e ambiental.

Palavras-chave: suinocultura. biogás. biofertilizante. energia elétrica.

ABSTRACT

HUBER, Camila. Study on the production of biogas from pig manure on a farm in Pitanga municipality in the state of Paraná, 2016, 48 f. Work Completion of course (Bachelor of Environmental Engineering) - Federal Technological University of Paraná. Campo Mourao, 2016.

Much of the existing swine production systems, provide high production of liquid waste, creating management problems, storage, distribution and environmental pollution. Making it necessary to adopt methods and techniques for handling, storing, processing, use and disposal of waste within the production system with the goal of maintaining environmental quality. In this context, the management of residual biomass generated in the production of pig system, coupled with the biodigester systems is an alternative for the treatment of swine wastewater. Thus, the objective of the work. Thus by studying the data on a property in Pitanga county in the state of Paraná, biogas production was estimated for the possible implantation of a digester, seeking better treatment for the waste, with a 400 arrays squad in system full cycle. There was water consumption and the production of waste, the production of biogas, electricity and biofertilizer. By the breeding system was obtained value of $21920 \text{ kg.dia}^{-1}$ manure and urine, and the cleaning costs and waste by drinking fountains water was 19000 m^3 , totaling $40920 \text{ m}^3.\text{kg.dia}^{-1}$ effluent from property. From the daily volume of waste it was possible to estimate the amount of biogas, considering two hydraulic detention time (HDT), 10 days and 20 days with the temperature variation of biomass 20°C , 25°C and 30°C obtaining a higher HDT value of 10 days at 30°C . The estimate of the electricity produced was $102,816 \text{ kWh.ano}^{-1}$ with TDH 20 days and 20°C . The bio-fertilizer to be produced in the digester conditions was $333,333.2 \text{ kg}$. We conclude that the digester system implementation would be an alternative to the producer, for electricity produced from biogas meets 97% of the property needs significantly reducing energy costs and how the property has agricultural area, the use of biofertilizers improve the productivity of crops, making it an economical and environmental alternative.

Keywords: pig farming. biogas. Biofertilizers, electricity.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Tempo de retenção dos biodigestores.....	21
Tabela 2. Produção média de esterco por animal adulto.....	22
Tabela 3. Diferentes concentrações que compõem o biogás de diferentes resíduos orgânicos.	22
Tabela 4. Valores de Conversão energética para alguns efluentes.....	23
Tabela 5. Produção média diária de dejetos nas diferentes fases produtivas dos suínos.	31
Tabela 6. Volume de água utilizado para higienização e perda de bebedouros.	32
Tabela 7. Equações utilizadas.....	33
Tabela 8. Total produzido de esterco e urina.	34
Tabela 9. Sólidos totais e voláteis encontrados.	35
Tabela 10. Cálculo da taxa de crescimento máximo específico dos micro-organismos, da taxa de produção de metano e produção de biogás, passíveis de serem obtidos na granja estudada.	36

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 OBJETIVOS	10
2.1 OBJETIVO GERAL	10
2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO	10
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	11
3.1 SUINOCULTURA BRASILEIRA: BREVE HISTÓRICO	11
3.1.1 Instalações	12
3.1.2 Sistemas de Criação	13
3.1.3 Sistemas de Produção	13
3.2 IMPACTOS DAS ÁGUAS RESIDUÁRIAS SUINÍCOLAS	14
3.2.1 Tipos de Digestão	16
3.2.2 Biodigestores	18
3.2.3 Produtos da Biodigestão	21
3.3 BIOMASSA SUINÍCOLA COMO FONTE PARA PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA	25
3.3.1 Matriz Elétrica	26
3.3.2 Compensação Energética	27
4 MATERIAIS E MÉTODOS	29
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO	29
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
5.1 VERIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO DE DEJETOS	34
5.2 ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO DE BIOGÁS E ENERGIA ELÉTRICA	35
5.3 ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO DE BIOFERTILIZANTE	38
6 CONCLUSÃO	40
REFERÊNCIAS	41

1 INTRODUÇÃO

Boa parte dos sistemas de produções de suínos existentes no sul do Brasil propiciam elevada produção de dejetos líquidos, gerando problemas de manejo, armazenamento, distribuição e poluição ambiental.

Segundo Diesel, Miranda e Perdomo (2002), uma granja com aproximadamente 600 animais possui um poder poluente de cerca de 2100 pessoas, sendo que os diagnósticos apontam altos níveis de poluição dos rios e lençóis freáticos tanto no meio rural como no urbano.

Para Beck (2007), é importante que se desenvolva pesquisas sobre as alternativas energéticas a partir de fontes renováveis de energia, ressaltando o biogás a partir dos dejetos suíno como grande fonte de energia, além da busca de soluções ambientais, minimização de impactos globais provocados pela queima de combustíveis fósseis e redução de gases do efeito estufa.

Em vista do exposto, torna-se necessária a adoção de métodos e técnicas para manejar, estocar, tratar, utilizar e dispor dos resíduos dentro do sistema de produção com o objetivo da manutenção da qualidade ambiental, reutilização dos resíduos em outros sistemas agrícolas e maior rentabilidade na produção (SOUZA; JÚNIOR; FERREIRA, 2005).

Existem diversas alternativas tecnológicas de aproveitamento da biomassa para geração de energia. Uma das alternativas que vem despertando grande interesse é a tecnologia de biodigestão anaeróbia de resíduos animais, pela implantação de biodigestores (KUNZ; HIGARASHI; OLIVEIRA, 2005).

Nesse contexto, uma das formas de minimizar os impactos ambientais do setor produtivo da suinocultura, ao longo dos últimos anos é o aumento significativo do número de produtores rurais que têm utilizado os biodigestores como sistema de tratamento da biomassa residual. Este sistema oferece como subprodutos o biogás e o biofertilizante, o que permite a muitos suinocultores um incremento do valor de seus sistemas produtivos, bem como adequar tais resíduos para que atendam aos aspectos da legislação ambiental nacional como forma de sanear o ambiente (FERNANDES, 2011).

A produção do biogás de forma ambiental e economicamente sustentável pode transformar o antigo problema de falta de saneamento rural, que é consequência

direta da abundante geração de dejetos animais, em uma nova oportunidade de renda para a exploração agropecuária. A relevância está em abordar os dejetos animais não como um problema ambiental de difícil solução, mas com o enfoque de matéria prima, a biomassa residual animal, obtido sem custos diretos e sem a necessidade de investimentos específicos para sua produção, por ser um subproduto da exploração agropecuária. A opção pela matéria prima biomassa residual pode propiciar o desenvolvimento de alternativas ambientalmente e economicamente sustentáveis com oportunidades de negócio e renda para as propriedades rurais quer de forma individualizada ou de forma coletiva com a associação de diversos imóveis rurais vizinhos entre si, em condomínios de geração e comercialização de agroenergias (SCHUCH, 2012).

Desse modo através da caracterização de dados em uma propriedade no município de Pitanga no estado do Paraná, foi estimada a produção de biogás para a possível implantação de um biodigestor, visando um melhor tratamento para os dejetos.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Verificar a viabilidade técnica do aproveitamento de biomassa em uma propriedade rural no Município de Pitanga, Paraná.

2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

Para alcançar o objetivo geral, tem-se os seguintes objetivos específicos:

- Quantificar o total de dejetos suínos produzidos na propriedade rural.
- Estimar a quantidade de biogás que poderá ser produzido a partir da quantidade de dejetos na propriedade rural.
- Estimar o total de biofertilizante proveniente da bioestabilização de dejetos na propriedade rural.
- Estimar a quantidade de energia elétrica que pode ser produzida a partir do biogás obtido na propriedade rural.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 SUINOCULTURA BRASILEIRA: BREVE HISTÓRICO

A produção de carne suína existe no Brasil desde os primórdios da nossa civilização e suas carne e banha vêm sendo utilizadas pela população brasileira desde então. No final do século XIX e início do século XX, com a imigração europeia para os estados do Sul, a suinocultura ganhou um novo aliado. Esses imigrantes vindos principalmente da Alemanha e da Itália trouxeram para o Brasil os seus hábitos alimentares de produzir e consumir suínos, bem como um padrão próprio de industrialização (CIAS - EMBRAPA, 2010).

A partir de meados de 1950, a “criação de porcos” se tornou “suinocultura”, momento onde iniciou-se a sofisticar a forma de criar os animais, visando ampliar a produção cárnea para comercializá-la no mercado interno e externo. De 1960 a 1980 ocorreram avanços na genética, nutrição, manejo, sanidade e ambiência dos suínos, que marcaram a modernização da suinocultura no Brasil (ATZINGEN, 2010).

Até nos anos 1970 a suinocultura era uma atividade de duplo propósito. Além da carne, fornecia gordura para o preparo dos alimentos (esta inclusive era demanda mais relevante). A partir dos anos 1970, com o surgimento e difusão dos óleos vegetais, a produção de suínos como fonte de gordura perdeu espaço, sendo quase que totalmente eliminada do padrão de consumo da população brasileira. Para fazer face a esta transformação, os suínos passaram por uma grande transformação genética e tecnológica e desde então perderam banha e ganharam músculos (CIAS - EMBRAPA, 2010).

Atualmente, o Sul do Brasil detém a maior parte da produção de suínos nacional. Segundo a Pesquisa Pecuária Municipal de 2013 do IBGE, o rebanho dessa região foi da ordem de 17,9 milhões de cabeças, o que corresponde a 49% do total nacional. Se considerada apenas a suinocultura industrial, essa participação deve ser ainda maior. Conforme o IBGE, a região com o segundo maior rebanho é a Sudeste, com 6,9 milhões de cabeças em 2013. Em terceiro lugar, vem o Nordeste, com 5,6 milhões de cabeças. Vale ressaltar que, na região nordestina, assim como no Norte, a produção ainda é mais voltada para a subsistência (CNA, 2015).

Conforme o mercado produtivo de suínos cresceu, houve a necessidade de maior organização e dinamismo do mesmo, assim, os empreendimentos de suinocultura estabeleceram os tipos de fases de vida e métodos para diferenciarem entre si, como por exemplo os sistemas de criação, sistemas de produção, o porte dos animais, entre outros.

3.1.1 Instalações

Uma concepção construtiva que tem sido largamente empregada e que permite que se tenha um melhor controle das condições ambientais e um melhor manejo para cada fase da criação, é a divisão das edificações para abrigar suínos pela fase de vida e pela atividade. Dessa forma, têm-se galpões distintos para creche, crescimento e terminação, reprodução, gestação e maternidade (SARTOR; SOUZA; TINOCO, 2004).

Sartor, Souza e Tinoco (2004), descrevem tais fases do seguinte modo:

- Setor de reprodução (pré-cobrição e cobrição): as fêmeas já podem ser selecionadas para reprodução logo ao nascerem, desde que apresentem peso corporal maior ou igual a 1,4 kg. No quinto mês de vida, as fêmeas selecionadas, geralmente entram no cio, e ao sétimo mês de idade, quando apresentam peso corporal entre 100 e 110 kg, estão aptas à reprodução. Então, são encaminhadas ao setor em questão, onde são cobertas (fecundadas) e permanecem até a confirmação da prenhez.

- Unidade de gestação: baias coletivas ou gaiolas individuais em que as fêmeas prenhas permanecem até uma semana antes do parto. A gestação dura aproximadamente 114 dias.

- Maternidade: uma semana antes do parto, as fêmeas são encaminhadas à maternidade (gaiolas individuais com abrigo para proteção dos suínos), local em que permanecem até o fim da fase de amamentação dos filhotes. No momento em que os suínos desmamam, normalmente entre 21 a 28 dias de idade, são encaminhados para a creche e as fêmeas retornam para o setor de reprodução.

- Creche ou unidade de crescimento inicial: projetada para abrigar os suínos desmamados, até que atinjam 25 kg de peso corporal, o que ocorre por volta de 65

dias de idade. A instalação pode possuir gaiolas para 10 suínos ou baias para grupos de 20 suínos.

- Unidade de crescimento e terminação: baias coletivas onde ficam os animais com peso corporal entre 25 e 60 kg (aproximadamente, 65 a 110 dias de idade). Quando os suínos atingem de 60 a aproximadamente 100 kg, são encaminhados para o abate.

3.1.2 Sistemas de Criação

De acordo com Sartor, Souza e Tinoco (2004) os sistemas de criação estão divididos de acordo com a sua alimentação, ambiente de criação, instalações e higiene, sendo eles:

- Extensivo: os animais são criados à solta, basicamente sem práticas de higiene ou uso de instalações. A alimentação é simples (apenas milho, por exemplo).

- Semi intensivo: já existe um certo controle de alimentação e higiene. Existem instalações principalmente para as fêmeas durante a fase de gestação e amamentação. As instalações são ligadas a piquetes gramados.

- Intensivo: os animais são mantidos em confinamento, porém em algumas fases da vida podem ter acesso a piquetes com gramíneas e leguminosas. Recebem ração balanceada, práticas sanitárias e instalações apropriadas. Há também, neste sistema, a possibilidade de controle da ventilação, da temperatura e da umidade do ar.

3.1.3 Sistemas de Produção

Os sistemas de produção estão divididos em Unidades de Produção de Leiteiro (UPL), Unidades de Ciclo Completo (UCC) e Unidade Produtora de Terminação (UPT) respectivamente, conforme descreve a Quadro 1.

Sistema de Produção	Definição	Fase	Categoria
UPL	Criação dos animais até aproximadamente 23 quilos	Cobertura/Reprodução	Reprodutor Fêmea para reposição Matriz em gestação
		Maternidade	Matriz em lactação
		Creche	Suíno até 25 kg
UCC	Os suinocultores criam desde a cobertura das fêmeas até o abate dos animais	Cobertura/Reprodução	Reprodutor Fêmea para reposição Matriz em gestação
		Maternidade	Matriz em lactação
		Creche	Suíno até 25 kg
		Crescimento e Terminação	Suínos com peso acima de 25 kg
UPT	Essas unidades recebem os leitões das UPL e conduzem até a idade de abate	Crescimento e Terminação	Suínos com peso acima de 25 kg

Quadro 1. Categoria dos sistemas de produção.
Fonte: Adaptado FAEP (2010) e IAP (2016).

3.2 IMPACTOS DAS ÁGUAS RESIDUÁRIAS SUINÍCOLAS

A atividade de Suinocultura é considerada pelos órgãos ambientais como sendo uma “atividade potencialmente causadora de degradação ambiental”, sendo enquadrada como de grande potencial poluidor.

O impacto ambiental causado pelo manejo inadequado dos dejetos líquidos de suínos tem causado severos danos ao meio ambiente. Para a sobrevivência das zonas de produção intensiva de suínos, é preciso encontrar sistemas alternativos de produção que reduzam a emissão de odores, os gases nocivos e os riscos de poluição dos mananciais de água superficiais e subterrâneas por nitratos e do ar pelas emissões de NH₃. Além disso, devem solucionar os problemas de custos e dificuldades de armazenamento, de transporte, de tratamento e de utilização agrônômica dos dejetos líquidos (OLIVEIRA; NUNES, 2002).

No Brasil há leis que regulam o controle da poluição no meio urbano e rural: a Lei dos Crimes Ambientais, a Lei do Gerenciamento dos Recursos Hídricos e as leis

de licenciamento da atividade que são específicas para cada estado. O licenciamento ambiental constitui um instrumento que visa o desenvolvimento de uma atividade produtiva com a manutenção da qualidade ambiental. Porém ainda se encontram alguns desafios uma vez que os problemas ambientais se tornam complexos e demandam planejamento com a percepção crítica de fatores múltiplos e difusos, como os sociais, culturais, econômicos, políticos e produtivos. (AFONSO et al., 2013).

As leis de licenciamento ambiental para atividade suinícola nos estados de Santa Catarina, Rio Grande do Sul e Paraná são as mais específicas para o setor. Outros estados também possuem licenciamento, mas normalmente as leis abrangem mais de uma espécie animal, como a do estado de São Paulo (AFONSO et al., 2013).

Para o estado do Paraná, o órgão ambiental responsável possui regulamentações específicas a serem cumpridas, dentre elas está a Resolução da Secretária de Estado do Meio Ambiente (SEMA) nº. 031, de 24 de agosto de 1998. Afonso et al. (2013) descreve que esta resolução define a classificação feita pelo Instituto Ambiental do Paraná das propriedades suinícolas conforme o sistema de criação: ar livre, confinamento e misto; o sistema de produção. A Unidade de Produção de Leitões, ciclo completo e terminação; porte da propriedade que varia de mínimo à excepcional. Na mesma resolução do SEMA é definido o licenciamento ambiental como um mecanismo para autorizar o funcionamento do empreendimento, sendo estruturado em três etapas: licença prévia (LP), licença de instalação (LI) e licença de operação (LO). Define padrões de composição dos efluentes líquidos e dos resíduos sólidos. Quando não alcançados, a Resolução estabelece que os dejetos devam receber tratamento prévio e tratamento específico ou secundário quando usados para aplicação no solo como fertilizante orgânico. Após receber o tratamento adequado os dejetos podem ser utilizados como fertilizante orgânico na lavoura respeitando a época, forma de aplicação e a cultura recomendada, além disso, determina-se a análise das características físicas e químicas do solo com o intuito de verificar a aptidão do solo.

A Instrução Normativa IAP/DIRAM 105.006, atualizada em 23 de junho de 2009. Estabelece as características dos empreendimentos, critérios - inclusive locais e técnicos, procedimentos, trâmite administrativo, níveis de competência e premissas para o Licenciamento Ambiental de Empreendimentos de Suinocultura.

Um dos principais aspectos legais a serem cumpridos pelos empreendimentos, é o licenciamento, garantindo a correta instalação dos

empreendimentos em função das restritivas características de sua atividade pela geração de efluentes que merecem uma atenção especial quanto ao local, tratamento e destinação destes resíduos.

3.2.1 Tipos de Digestão

Para se obter o biogás para fins energéticos, segundo Brites e Gafeira (2007) é necessário que haja uma digestão anaeróbia, processo que envolve a degradação biológica da matéria orgânica, em condições de ausência de oxigênio. É neste contexto que entram os biodigestores, que de acordo com Sganzerla (1983), são sistemas que irão proporcionar as condições ideais para que as bactérias metanogênicas atuem sobre a matéria orgânica e tenha-se como subproduto o biogás e o biofertilizante.

Segundo Silva e Francisco (2010) o processo de digestão anaeróbia (biometanização) consiste de um complexo de cultura mista de microorganismos, capazes de metabolizar materiais orgânicos complexos, tais como carboidratos, lipídios e proteínas para produzir metano (CH_4) e dióxido de carbono (CO_2) e material celular. A digestão anaeróbia, em biodigestores, provavelmente é o processo mais viável para conversão dos dejetos dos suínos em energia térmica ou elétrica.

Para Kunz, Perdomo e Oliveira (2004) o processo de fermentação anaeróbio é um processo sensível, podendo ser dividido em quatro fases, sendo elas: hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese.

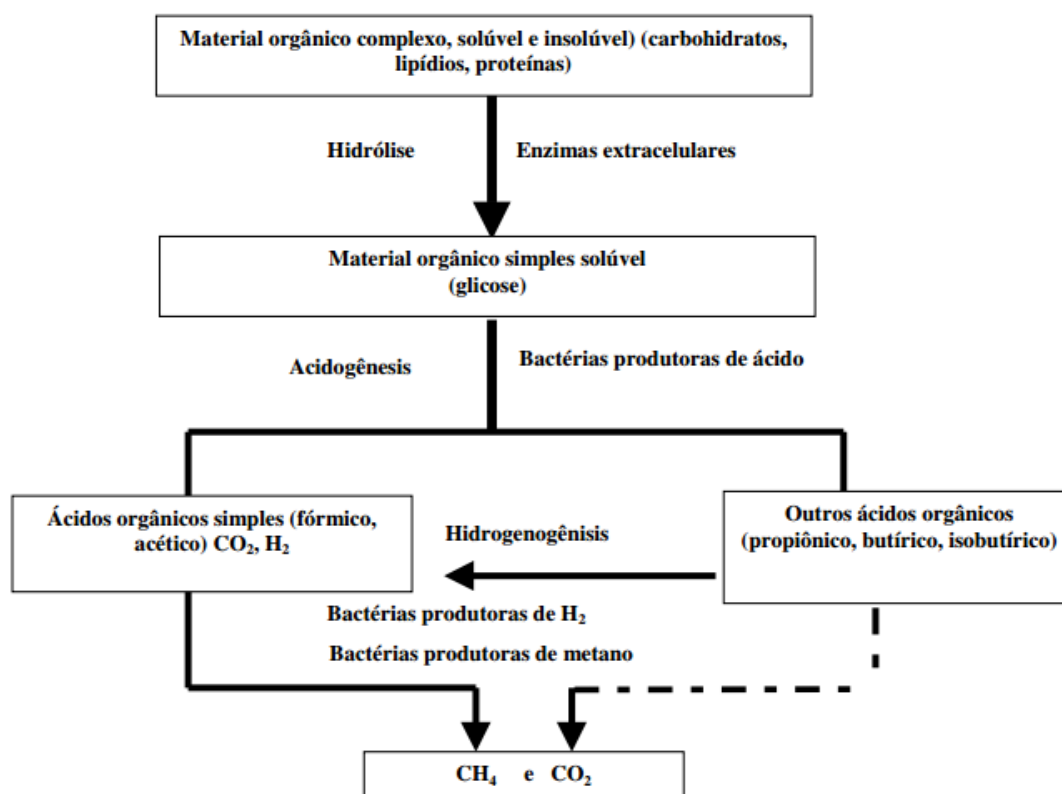


Figura 1. - Esquema simplificado, das etapas metabólicas do processo de digestão anaeróbia em biodigestores
 Fonte: Santos (2001) *apud* EMBRAPA (2004).

Desta forma, as etapas metabólicas que compõem o processo anaeróbio são demonstradas na Figura 1, e resumidamente descritas a seguir (CHERNICHARO, 2007; OLIVEIRA; HIGARASHI, 2006):

a) Hidrólise: através das enzimas, as bactérias fermentativas hidrolíticas, os materiais particulados complexos (polímeros) são assimilados e ocorre a hidrólise dos materiais dissolvidos em substâncias mais simples (moléculas menores);

b) Acidogênese: os produtos solúveis oriundos da primeira fase da hidrólise são metabolizados pelas bactérias fermentativas acidogênicas, que convertem os compostos entre outros em ácidos graxos, voláteis, alcóois, ácido láctico, dióxido de carbono, gás hidrogênio, amônia e sulfeto de hidrogênio;

c) Acetogênese: os principais produtos da fase acidogênica são oxidados pelas bactérias acetogênicas, gerando compostos assimiláveis pelas bactérias acetogênicas, entre eles o gás hidrogênio, o dióxido de carbono e o acetato;

d) Metanogênese: a etapa final transforma os compostos em metano e dióxido de carbono. Os compostos orgânicos como ácido acético, gás hidrogênio/dióxido de

carbono, ácido fórmico, metano, metilamida e monóxido de carbono são convertidos pelas bactérias metanogênicas, que podem ser acetoclásticas ou hidrogênionicas, conforme sua afinidade de assimilação.

3.2.2 Biodigestores

Biodigestores ou biorreatores são estruturas físicas projetadas para proporcionar condições favoráveis às bactérias que, por meio da digestão anaeróbia realizam o tratamento da matéria orgânica, substrato ou biomassa, como é o caso dos dejetos suínos. Basicamente, biodigestores rurais constituem-se de uma câmara hermeticamente fechada que recebe a carga orgânica em solução aquosa para ser degradada biologicamente, e um gasômetro ou campânula responsável por capturar o biogás formado no bioprocesso, etapas demonstradas conforme Figura 2 (NISHIMURA, 2009).

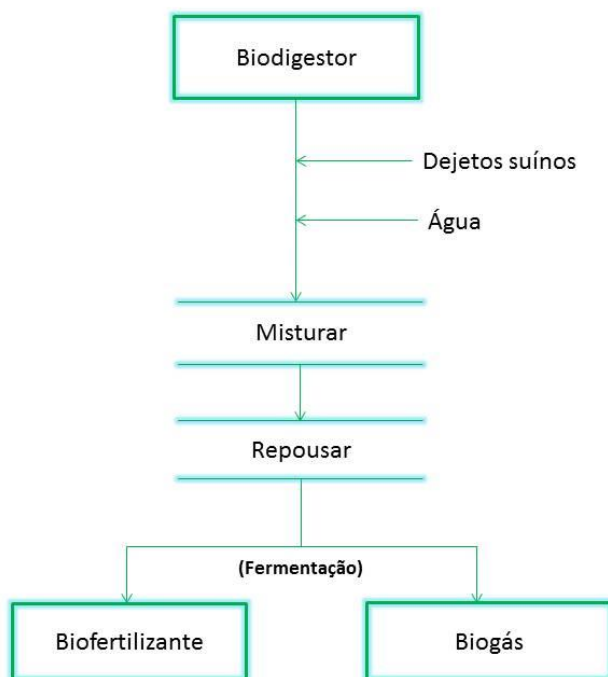


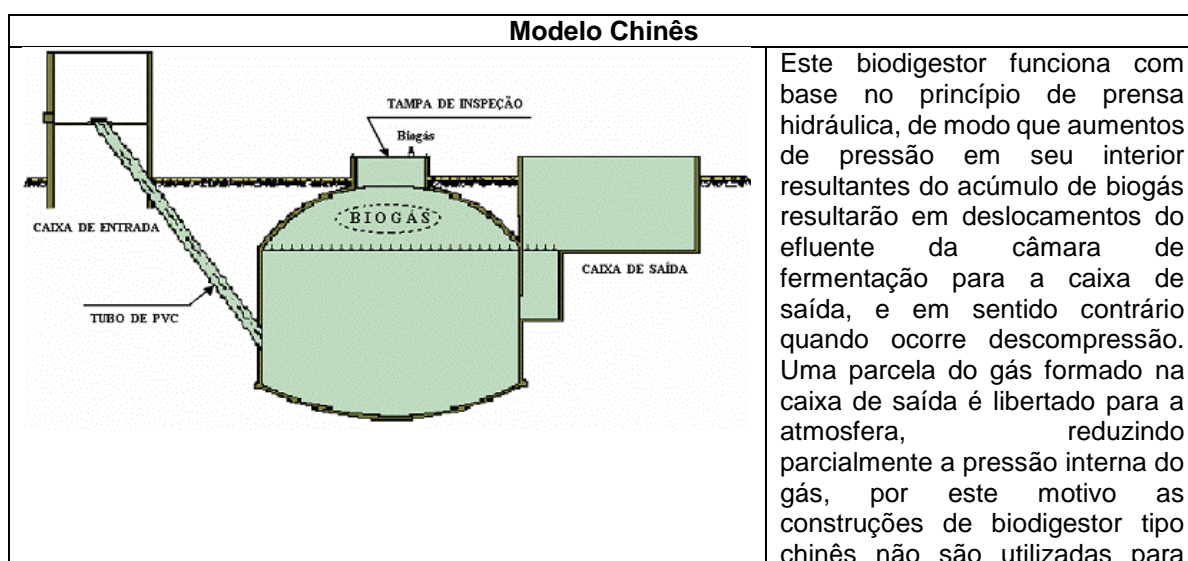
Figura 2. Processo de Biodigestão.

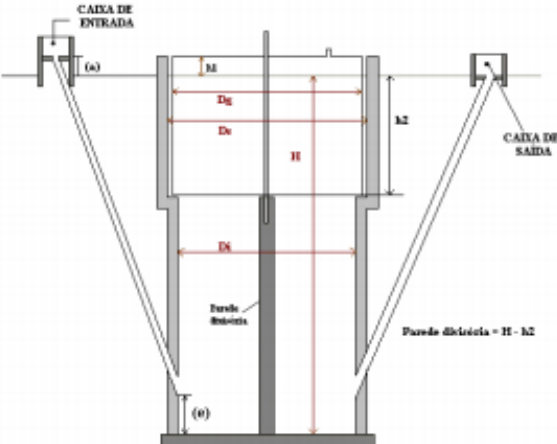
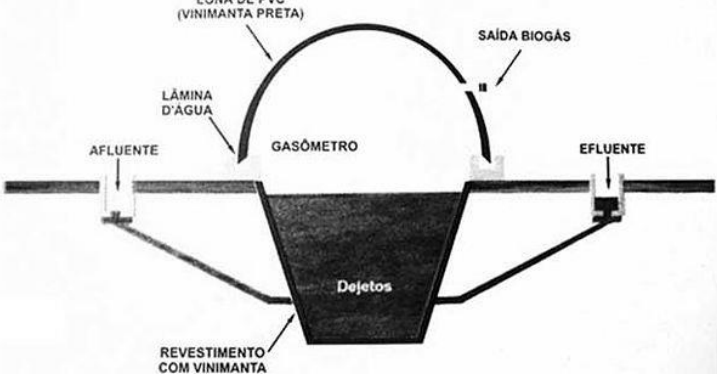
O emprego de biodigestores traz importantes benefícios na área rural. Segundo Andrade et al. (2002), os biodigestores rurais são importantes para o saneamento rural, pois o processo de digestão anaeróbia promove a conversão do carbono presente na matéria orgânica em gás metano (combustível de origem renovável), reduzindo a carga orgânica, o teor de sólidos e também a redução de microrganismos patogênicos presentes nos efluentes. Além disso, estes reatores estimulam a reciclagem da matéria orgânica e de nutrientes, possibilitam a higienização das granjas e o tratamento dos dejetos animais.

Os biodigestores são construídos em uma variedade de modelos, cada qual com suas características e desempenho distinto. Segundo Deganutti et al. (2002) esta grande variedade se deve ao fato de que cada modelo se adapta a uma realidade ou a necessidade dos subprodutos da biodigestão – biogás e biofertilizante.

Dentre eles se destacam, pelo pioneirismo e larga difusão, o modelo indiano e o modelo chinês, ambos contínuos. A Índia e a China foram os países precursores no uso de biodigestores, tanto que atualmente detêm as mais avançadas tecnologias relacionadas a este setor (COLDEBELLA, 2006).

Segundo Castanho e Arruda (2008) um dos modelos de biodigestor mais utilizado é o Canadense. Nishimura (2009) indica a sua utilização do mesmo em regiões quentes onde a temperatura ambiente ajuda a manter a temperatura no biodigestor para a realização do processo de digestão anaeróbia. Verifica-se no Quadro 2, breve descrição dos modelos de biodigestores.



	instalações de grande porte (DEGANUTTI et al, 2002).
Modelo Indiano	
	<p>Este modelo de biodigestor caracteriza-se por possuir uma campânula como gasômetro, a qual pode estar mergulhada sobre a biomassa em fermentação, ou em um selo d'água externo, e uma parede central que divide o tanque de fermentação em duas câmaras. A função da parede divisória faz com que o material circule por todo o interior da câmara de fermentação (DEGANUTTI et al, 2002).</p>
Modelo Canadense	
	<p>Esse biodigestor é do tipo horizontal, com uma caixa de entrada em alvenaria, onde a profundidade é menor que a largura, para que o substrato tenha maior exposição ao sol a fim de aumentar a produção de biogás e evitar o entupimento do duto de entrada. Durante a produção de biogás, a cúpula de material plástico maleável infla, acumulando o biogás. Nesse tipo de biodigestor, podemos ainda enviar o biogás para um gasômetro separado para obtermos um maior controle (JUNQUEIRA, 2014).</p>

Quadro 2. Breve descrição dos tipos de biodigestores.

Fonte: Adaptado Deganutti et al. (2002) e Junqueira (2014).

Na fase de operação dos biodigestores Fernandes (2012), ressalta a existência de variáveis que são associadas à operação, que são: temperatura (influência no processo de degradação biológica); pH (mudança de pH afetam sensivelmente as bactérias envolvidas no processo de digestão); necessidades nutricionais (são importantes para a biossíntese dos compostos celulares); tempo de retenção hidráulica (é o tempo utilizado para o tratamento do efluente no biodigestor).

O tempo de retenção hidráulica é o tempo utilizado para o tratamento do efluente no biodigestor, o qual depende do efluente e biodigestor utilizado, variando de dias a horas. Sabe-se que o tempo de retenção combinado com a taxa de decomposição dos sólidos voláteis é responsável pela eficiência do biodigestor, sendo

que, o menor tempo de retenção e a maior decomposição são resultados ótimos de digestores (FERNANDES, 2012). Na Tabela 1, verifica-se o tempo de retenção hidráulica.

Tabela 1. Tempo de retenção dos biodigestores.

Produção no Biodigestor	TRH
Produção de Biogás	10 a 20 dias
Produção de Biofertilizante	50 a 60 dias
Produção de Biogás + Biofertilizante	30 dias

Fonte: Fernandes (2012).

A temperatura é um dos fatores que pode comprometer diretamente na termodinâmica da reação, alterando a velocidade específica de utilização (Mendonça, 2009). O processo de biometanização envolve a conversão de biomassa em metano sobre condições anaeróbias. Esta conversão do complexo orgânico composto de metano e dióxido de carbono requer uma mistura de espécies bacterianas. Dependendo da temperatura que o processo está acontecendo, o tratamento de resíduos orgânicos é basicamente de três tipos. A biometanização com temperatura entre 45–60°C é considerada termofílica, a que ocorre entre as temperaturas de 20–45°C é a mesofílica e a digestão anaeróbia de matéria orgânica em baixas temperaturas (<20°C) é referida como digestão psicofílica (OLIVEIRA; HIRAGASHI, 2005).

3.2.3 Produtos da Biodigestão

Segundo Ferraz e Marriel (1980), o biogás é uma mistura gasosa com predominância do gás metano resultante da fermentação de resíduos orgânicos como dejetos de animais, resíduos vegetais, entre outros, na ausência de oxigênio.

De acordo com o Sganzerla (1983), a produção de biogás a partir de dejetos de animais varia de acordo com as condições em que se processa a biofermentação, temos que os dejetos suínos possuem um percentual de aproximadamente 50% de gás metano, produzindo em média 2,25 kg dejetos/dia e seu poder calorífico pode

atingir de 5.000 a 6.000 quilocalorias por metro cúbico, variando de acordo com a quantidade de metano existente. Conforme a Tabela 2, tem-se a produção média de esterco por animal.

Tabela 2. Produção média de esterco por animal adulto.

Tipos de animais	Média de produção de dejetos (kg.dia⁻¹)	Produção de Biogás (a partir de material seco em m³.t⁻¹)	Percentual de gás metano produzido
Bovinos	10,0	270	55%
Suínos	2,25	560	50%
Equinos	10,0	260	Variável
Ovinos	2,80	250	50%
Aves	0,18	285	Variáveis

Fonte: Adaptado Sganzerla (1983).

O biogás tem se apresentado como um importante componente energético, visto que, origina-se a partir de fontes de biomassa renováveis e também pelo seu alto poder calorífico.

A Tabela 3, mostra a média de concentração de diferentes gases que compõem o biogás de diferentes tipos de resíduos orgânicos.

Tabela 3. Diferentes concentrações que compõem o biogás de diferentes resíduos orgânicos.

Descrição	Concentração (%)
Metano	40 – 75
Dióxido de Carbono	25 – 40
Nitrogênio	0.2 – 2.5
Oxigênio	0.1 – 1
Gás Sulfídrico	0.1 – 0.5
Amônia	0.1 – 0.5
Monóxido de Carbono	0 – 0.1
Hidrogênio	1 – 3

Fonte: Salomon e Lora (2009)

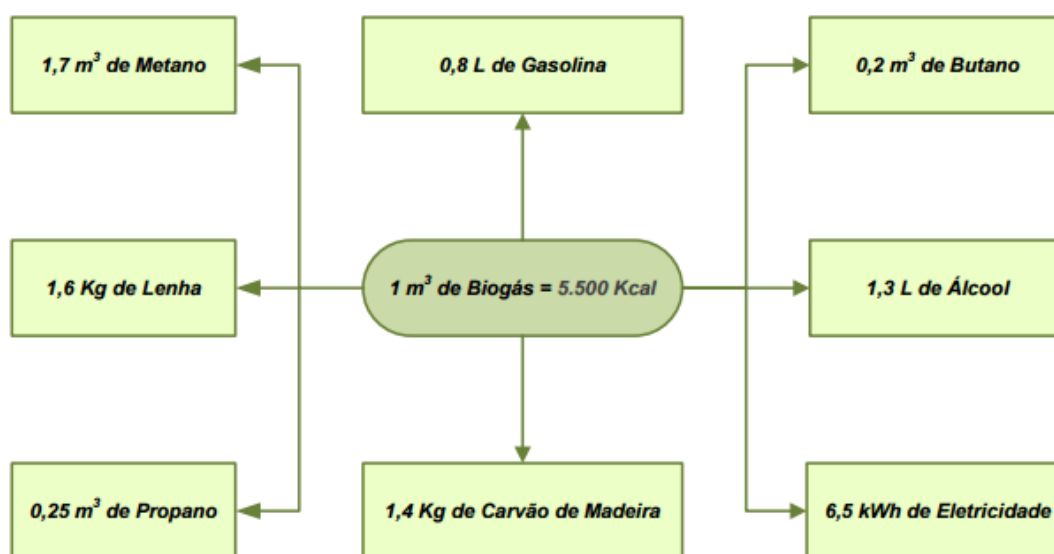
Nesse contexto, a Tabela 4, mostra alguns valores de conversão de diferentes fontes de biomassa.

Tabela 4. Valores de Conversão energética para alguns efluentes.

Origem do Material	Kg de esterco (dia.unidade geradora ⁻¹)	Kg de biogás esterco ⁻¹	Concentração energética
Suíno	2,25	0,062	66%
Bovinos	10	0,037	60%
Equinos	12	0,048	60%
Aves	0,18	0,055	60%
Abatedouro (kg)	1	0,1	65%

Fonte: CENBIO (Centro Nacional de Referência em Biomassa). Adaptado por Collato e Langer (2012) *apud* Santos e Junior (2013)

A Figura 3 mostra a equivalência energética do biogás com 60% de metano quando comparado com outros combustíveis.

**Figura 3. Equivalência energética do biogás.**

Fonte: Adaptado do Projeto Geração Distribuída (2011) *apud* Fernandes (2012)

Atualmente, o biogás é empregado na substituição direta dos tradicionais combustíveis oriundos do petróleo, podendo produzir energia elétrica movimentando um motor e este acionando um gerador. Assim como se faz com a gasolina ou óleo diesel por exemplo (SGANZERLA, 1983).

A biomassa após passar pelo processo de decomposição e produção do biogás, começa a ter outra atividade considerada tão nobre quanto ou até mais, que é a da fertilização do solo através do biofertilizante. Onde a massa fermentada sai do

biodigestor em forma líquida, rica em material orgânico na forma de húmus com grande poder fertilizante (SGANZERLA, 1983).

Em média, 70% da matéria orgânica que entra no biodigestor, é degradada na fermentação anaeróbica. Os 30% restantes, correspondem a substâncias como lignina e cutina. Estas substâncias, juntamente com células bacterianas resultantes da conversão de parte do material original em massa celular, são liberadas no efluente. Este, além de não ter cheiro, não atraindo, portanto, moscas, é isento de sementes de ervas daninhas, de agentes causadores de doenças e rico em nutrientes, funcionando como um bom fertilizante (FERRAZ; MARRIEL, 1980).

Segundo Perdomo, Oliveira e Kunz (2003), para se utilizar fertilizante orgânico de dejetos suínos é necessário a elaboração de um plano de manejo e adubação de acordo com a composição química dos dejetos, a área a ser utilizada, o tipo de solo e as condições necessárias da cultura a ser implantada.

Para Dartora, Perdomo e Tumelero (1998), a utilização dos dejetos como adubo orgânico exige instalações, equipamentos e manejo adequado. Para essa análise, deve-se considerar a concentração de nitrogênio, fósforo e potássio (NPK) nos dejetos considerar aspectos ambientais tais como: disponibilidade de área, tipo de solo, distância de mananciais e dose de aplicação.

A recomendação de fertilizantes e corretivos através da análise de solos baseia-se fundamentalmente no conhecimento da relação existente entre a disponibilidade de um determinado nutriente no solo, medida por extrator químico, e a resposta da planta à aplicação deste nutriente. A partir deste conhecimento é possível estabelecer classes de teores do nutriente no solo para as quais se determina à quantidade do nutriente a ser aplicada para uma determinada cultura, visando a obtenção da máxima eficiência econômica da atividade (IAPAR, 2003).

Um estudo desenvolvido pela Embrapa Milho e Sorgo em Patos de Minas (MG), mostrou que a aplicação de biofertilizante de suinocultura em uma plantação de café propiciou 15% de aumento na produtividade. Aplicando de 180 a 210 m³ de biofertilizante por hectare foi verificado que a produtividade passou de 35 sacas/ha para 45 sacas/ha num período de três anos. Além disso, constatou-se que o biofertilizante auxiliou como um bioinseticida, levando à eliminação da praga do bicho-mineiro (NASCIMENTO, 2010).

No Brasil a legislação sobre a produção e comércio de fertilizantes, corretivos e inoculantes é a Lei nº6.894 de 16 de dezembro de 1980, alterada pela Lei nº6.934

de 13 de julho de 1981. A Instrução Normativa nº 25 de 23 de julho de 2009 do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento em seu Art. 1º faz-se aprovar as especificações, garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e rotulagem dos fertilizantes orgânicos, conforme os anexos desta Instrução Normativa.

No estado do Paraná de acordo com a Agência de Defesa Agropecuária do Paraná (ADAPAR, 2013) é a Lei nº9.056 de 02 de agosto de 1989, que dispõe sobre a produção, distribuição e comercialização de fertilizantes, corretivos e inoculantes, ou biofertilizantes destinados à agricultura.

3.3 BIOMASSA SUINÍCOLA COMO FONTE PARA PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

A biomassa, do ponto de vista energético, é o nome dado a matéria orgânica passível de ser utilizada para a geração de energia. Ela abrange tanto os biocombustíveis como a bioenergia. Esta pode ser obtida da biomassa nova (estrume, restos de ração e outros dejetos) e da biomassa velha (madeiras e palhas) (MARTINEZ et al., 2013).

A biomassa de resíduos animais encontra-se em grande disponibilidade, são economicamente viáveis e se misturam facilmente na água se tornando, portanto, conveniente sua utilização em biodigestores para obtenção de biogás.

A estabilização dos dejetos de suínos através de biodigestores tem merecido destaque, em função dos aspectos sanitários e como potenciais na geração de energia renovável, além de oferecer condições econômicas de reciclagem orgânica e de nutrientes (KONZEN, 2005).

A energia produzida a partir de esterco e de urina pode movimentar um gerador de energia, que, por sua vez, pode alimentar todos os equipamentos elétricos e a gás da granja, desde a casa (bocais de luz, refrigerador, televisor, computador, aparelhos de som, fogão, microondas, etc.) até a própria pocilga (terminais de luz, aparelhos diversos). Assim mesmo, com certeza, haverá excedentes, que poderão ser comercializados. Considerando que a energia elétrica é um dos fatores mais importantes para a permanência do homem no campo e que cada pessoa que vem para a cidade exige do poder público um investimento sete vezes maior do que o de

conservá-la no interior, este não é um assunto desprezível (SILVA; FRANCISCO, 2010).

3.3.1 Matriz Elétrica

Em dezembro de 2015, segundo a ANEEL, a potência instalada no Brasil era de 139.476.197 kW advindos de 4.362 empreendimentos em operação e importação (Paraguai, Argentina, Venezuela e Uruguai). Em junho de 2016, a potência instalada no Brasil é de 143.937.730 kW advindos de 4.527 empreendimentos em operação. Está prevista para os próximos anos uma adição de 27.380.076 kW na capacidade de geração do País, proveniente dos 198 empreendimentos atualmente em construção e mais 674 em empreendimentos com construção não iniciada. Devido à grande riqueza de recursos naturais do país e sua multidiversidade, mais de 75% da matriz energética brasileira é composta por fontes renováveis, sendo 8,83% biomassa, 6% eólica, 61,34% hídrica e 0,01% solar.

Dentre as fontes renováveis, 10,84% corresponde à biomassa, que está dividida em: agroindustriais (bagaço de cana de açúcar, casca de arroz, biogás e capim elefante), biocombustíveis líquidos (óleos vegetais), floresta (carvão vegetal, gás de alto forno, lenha, licor negro, resíduos florestais), resíduos animais (biogás) e resíduos sólidos urbanos (biogás). Vale ressaltar que a ANEEL insere o biogás advindo da digestão anaeróbia de águas residuárias da suinocultura em “resíduos animais”.

Ainda segundo a ANEEL, no Brasil, existem atualmente 10 empreendimentos geradores de energia elétrica em operação, que utilizam o biogás proveniente de resíduos animais como combustível, com capacidade instalada de 1.924 KW, representando um total de 0,014% de toda a energia gerada por biomassa.

As estimativas do potencial brasileiro de produção de biogás, a partir da fermentação dos dejetos de suínos, mostram a grande importância que pode ocupar na matriz energética do País. Sendo o Brasil um enorme potencial se relacionarmos com o número de matrizes de suínos alojadas (2.400.000 de fêmeas, ABCS), sendo que cada fêmea e sua prole tem um potencial médio equivalente 1,25 KWh. Ainda devemos analisar as melhorias na redução dos gases efeito estufa, reduzindo os

impactos ambientais e produzindo um efluente menos impactante com grande utilidade na atividade agrícola (SUINOCULTURA INDUSTRIAL, 2007).

Segundo Lima (2007), estima-se que a população brasileira de suínos gere dejetos suficientes para se produzir cerca de 4 milhões de m³ /dia de biogás. Esse biogás poderia gerar aproximadamente 2 milhões de kwh de energia elétrica por dia, o que representa 60 milhões de kwh por mês. Admitindo-se um consumo médio mensal de 170 kwh, a energia elétrica produzida a partir da suinocultura brasileira poderia atender mais de 350 mil residências.

3.3.2 Compensação Energética

Com o objetivo de reduzir barreiras para a conexão de pequenas centrais geradoras na rede de distribuição (desde que utilizem fontes renováveis de energia ou cogeração com elevada eficiência energética), a ANEEL publicou a Resolução Normativa nº 482/2012 (ANEEL, 2014).

A Resolução Normativa Nº 482/2012, estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuídas aos sistemas de distribuição de energia elétrica e o sistema de compensação de energia elétrica, sistema no qual a energia ativa injetada por unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída é cedida, por meio de empréstimo gratuito, à distribuidora local e posteriormente compensada com o consumo de energia elétrica ativa.

Podem aderir ao sistema de compensação de energia elétrica os consumidores responsáveis por unidade consumidora:

- microgeração ou minigeração distribuída;
- empreendimento de múltiplas unidades consumidoras;
- geração compartilhada
- autoconsumo remoto

A Resolução Normativa Nº 687 (REN 687/15), altera a REN 482/12, que havia instituído a Geração Distribuída. Em suma, a ANEEL tornou mais fácil para que as pessoas e empresas possam produzir a sua própria energia a partir de fontes renováveis (solar, eólica, hidráulica e de biomassa).

As principais alterações promovidas pela REN 687/15 são:

- Estabelecimento das modalidades de autoconsumo remoto e geração compartilhada: abrindo as portas para a geração em terrenos afastados do local de consumo (mas ainda na área da mesma distribuidora) e para vizinhos que queiram participar do sistema de compensação de energia;

- Possibilidade de compensação de créditos de energia entre matrizes e filiais de grupos empresariais;

- Sistemas de geração distribuída condominiais (pessoas físicas e jurídicas);

- Ampliação da potência máxima de 1 MW para 5 MW;

- Ampliação da duração dos créditos de energia elétrica de 36 meses para 60 meses;

- Redução dos prazos de tramitação de pedidos junto às distribuidoras;

- Padronização dos formulários de pedido de acesso para todo o território nacional;

- Submissão e acompanhamento de novos pedidos pela internet a partir de 2017.

Além disso, para a conexão geração distribuída em unidade consumidora existente sem necessidade de aumento da potência disponibilizada, a distribuidora não pode exigir a adequação do padrão de entrada da unidade consumidora em função da substituição do sistema de medição existente, exceto em caso de inviabilidade técnica devidamente comprovada.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO

O estudo foi desenvolvido em uma granja suinícola, localizada no município de Pitanga, Estado do Paraná. A propriedade fica situada geograficamente entre a latitude 24°43'47.26" Sul e longitude 51°41'26.53" Oeste, possuindo aproximadamente 17 hectares destinados à suinocultura e à agricultura.

O clima de Pitanga, de acordo com Maack (2002), é classificado como Cfa: clima subtropical úmido mesotérmico. Desta forma, os verões são quentes e as geadas pouco frequentes, com tendência de concentração de chuvas no verão, não apresentando estação seca definida. Apresenta ainda temperatura média anual de 20°C, sendo que em épocas mais frias (junho, julho e agosto) as temperaturas chegam a 16 a 17°C, e em épocas mais quentes (dezembro, janeiro e fevereiro) as temperaturas chegam a 26 a 27°C.

A granja estudada possui quatro galpões edificadas em alvenaria. Os suínos são mantidos em regime confinado em baias e gaiolas.

O plantel abriga 303 fêmeas em gestação e 97 em lactação, totalizando 400 matrizes, com média de 2,45 partos por ano (cada matriz com média de 12 leitões). Além disso, haviam 1100 leitões, 5 cachacos e 3.000 suínos na fase de crescimento e terminação (entre 25 e 100 kg). Logo, ao todo, a propriedade abriga 4.505 suínos.

Desta forma, fica evidente que a granja adota o sistema de produção de ciclo completo (UCC), caracterizado por contemplar, em um único sítio, todas as etapas do ciclo de vida do animal (reprodução, gestação, maternidade, creche e terminação), até entrega-los aos frigoríficos para o abate (SINOTTI, 2005).

Esses animais são distribuídos de acordo com a fase de vida em que se encontram e pela função que desempenham. O primeiro galpão abriga a maternidade e a creche. O segundo galpão, destina-se apenas à maternidade. O terceiro galpão, além de comportar os suínos em gestação e os machos também é destinado para a pré-cobrição e cobrição. Para o último galpão são encaminhados os suínos para crescimento e terminação e engorda.

A Figura 4 representa um croqui da propriedade de acordo com as etapas de criação dos suínos da propriedade rural.

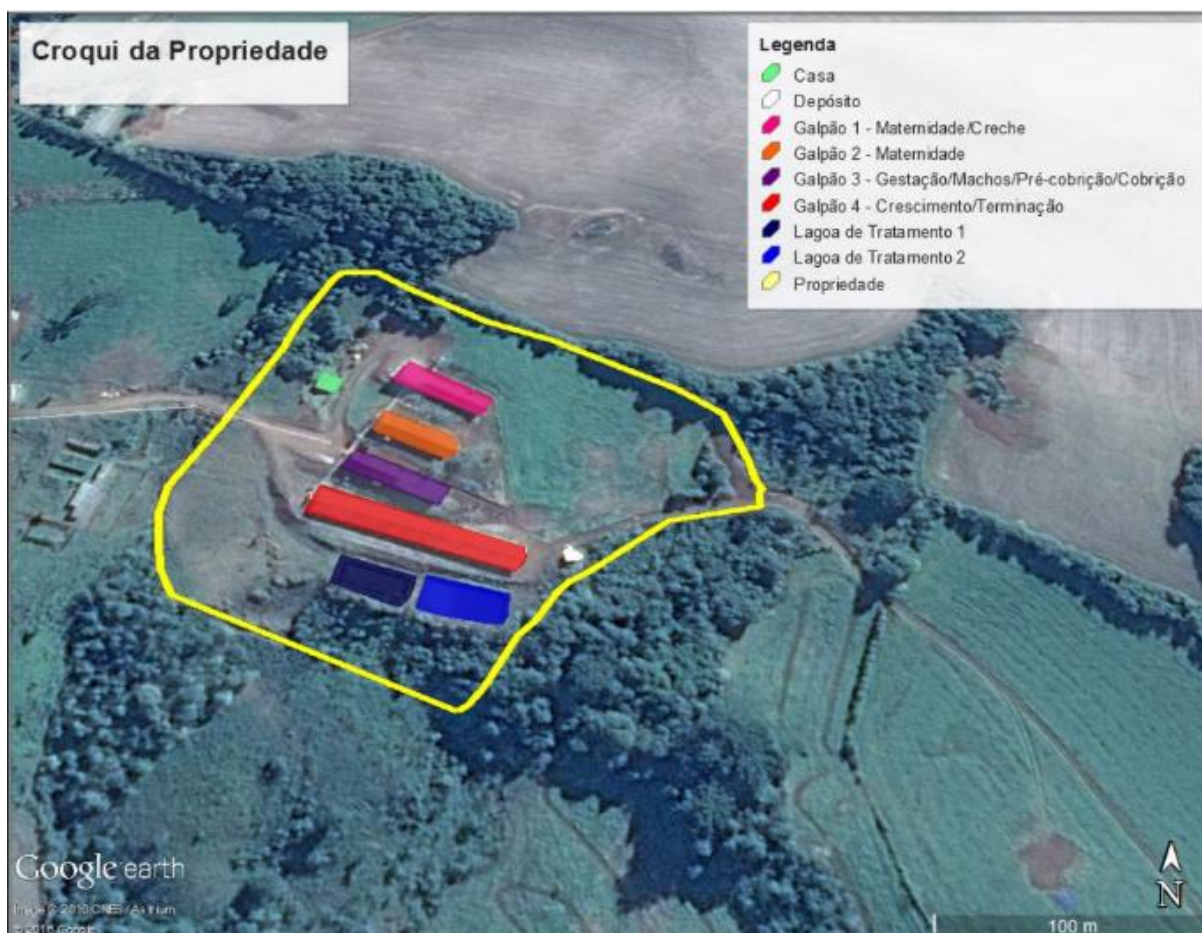


Figura 4. Croqui da Propriedade
Fonte: Google Earth

A água utilizada pela propriedade provém de uma nascente. O referido recurso é usado para dessedentação dos animais em bebedouros do tipo cocho.

Os comedouros são do tipo cocho manual. Os suínos comem aproximadamente 5 toneladas de alimento diariamente. A base nutricional dos suínos é preparada na própria propriedade, composta por milho, farelo de soja, núcleo ($40\text{kg}\cdot\text{ton}^{-1}$) um suplemento alimentar, aditivo adsorvente de micotoxinas, Neobiotic-P325 (usado para o controle de disenterias causadas por bactérias), Ivermectina (controle de parasitas, vermes).

Os dejetos atualmente passam pelo sistema de lagoas de tratamento de acordo com orientações do Instituto Ambiental Paranaense (IAP) passadas ao produtor, composta por duas lagoas, sendo todas revestidas por geomembrana de polietileno.

As lagoas passam por limpeza uma vez por ano, o resíduo da limpeza é disposto em montes próximos das áreas de cultivo.

Para verificar a quantidade de resíduos agropecuários na propriedade foram realizadas análises conforme as etapas descritas na Figura 5.

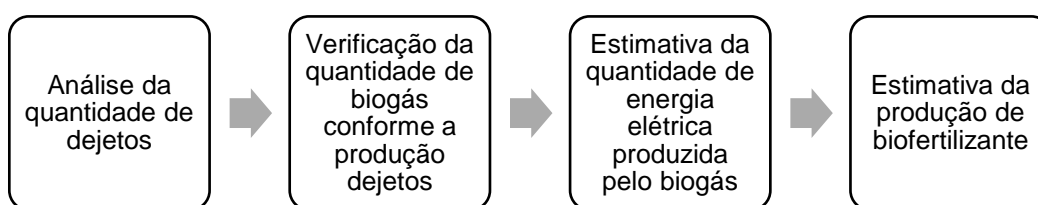


Figura 5. Fluxograma metodológico.

Como exposto na Figura 5, as etapas que se sucedem estão descritas a seguir:

Etapla 1: Foi estimado de acordo com o plantel a quantidade de dejetos produzidos na propriedade. Em uma suinocultura a produção de efluentes total é dada pela soma dos dejetos, a água de lavagem das baias e os desperdícios dos bebedouros.

A estimativa se deu pelo total de dejetos a partir do cálculo proposto por Oliveira (1993) na Tabela 5.

Tabela 5. Produção média diária de dejetos nas diferentes fases produtivas dos suínos.

Categoria	Esterco (kg.dia ⁻¹)	Esterco + Urina (kg.dia ⁻¹)	Dejetos Líquidos (litros.dia ⁻¹)
Suínos 25 a 100 kg	2,30	4,90	7,00
Porcas gestação	3,60	11,00	16,00
Porcas lactação + leitões	6,40	18,00	27,00
Machos	3,00	6,00	9,00
Leitões na creche	0,35	0,95	1,40
Média	2,35	5,80	8,60

Fonte: Adaptado de Oliveira (1993).

A água utilizada para lavagem das baias e as perdas de bebedouros foram estimadas de acordo com o proposto por Perdomo, Oliveira e Kunz (2003), multiplicando os valores constante da Unidade Produtora de Suínos em Ciclo Completo (UCC) na Tabela 6 pelo número de matrizes representado pela Equação (1).

Tabela 6. Volume de água utilizado para higienização e perda de bebedouros.

Sistema de Produção	Fezes e Urina	Higienização	Perda de Bebedouros	Total
UPL ¹	19,0 L/matriz	16,0 L/matriz	7,9 L/matriz	42,9
UPT ²	6,8 L/suíno	2,8 L/suíno	1,3 L/suíno	10,9
UCC ³	55,0 L/matriz	32,0 L/matriz	15,5 L/matriz	102,5

UPL¹- Unidades Produtoras de Leitões; UPT² - Unidades Produtoras de Terminados; UCC³ - Unidades Produtoras de Suínos em Ciclo Completo.

Fonte: Perdomo, Oliveira e Kunz (2003).

Ressalta-se que todas as equações que serão mencionadas neste tópico, estão apresentadas na Tabela 8.

Etapa 2: Para a quantificação de biogás produzido pela propriedade foram utilizadas as Equações (2), (3) e (4) respectivamente, propostas pelos autores Chen e Hashimoto.

Para determinação do S_0 , utilizado na Equação (2), foi realizado um ensaio no Laboratório de Saneamento da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Campo Mourão-PR, utilizando uma amostra do efluente suíno da propriedade rural em estudo, em triplicata, onde determinou-se os valores de sólidos totais, sólidos fixos e sólidos voláteis, realizados com a metodologia proposta por Piveli e Kato (2005).

A taxa de crescimento máximo específico (μ_m) foi obtida conforme a Equação (3), onde T é a temperatura da biomassa, que para este cálculo utilizou-se 20°C, 25°C e 30°C.

Para se obter o valor da taxa de produção do metano γ_V (m^3 de CH_4 da câmara de digestão.dia⁻¹) foi utilizada a Equação (4). O valor da taxa máxima de produção de metano, B_0 , (m^3 de CH_4 . kg⁻¹ de SV) utilizado para os cálculos foi de 0,516 m^3 de CH_4 /

kg de SV (MØLLER, 2004), e para o tempo de detenção hidráulica (TDH) utilizou-se 10 dias e 20 dias.

A estimativa de biogás foi calculada pela Equação (5), considerando 65% de metano no biogás (NISHIMURA, 2009).

Etapa 3: A partir do biogás produzido, foi possível estimar a energia elétrica através da Equação (6) utilizando o valor proposto por Sganzerla (1983).

Etapa 4: Por fim, a estimativa da quantidade de biofertilizante que a propriedade poderia produzir foi obtida pela Equação (7) proposta por Konzen (1983).

As Equações para obtenção das Etapas descritas estão na Tabela 7.

Tabela 7. Equações utilizadas.

Etapa / Numeração	Variáveis	Equações	Fonte
Equação (1)	V_t = Volume total de águas residuárias (L/dia); V_{ucc} = Volume de águas residuárias gerado por UCC (L/matriz.dia); N_m = Número de matrizes (matriz);	$V_t = V_{ucc} * N_m$	Perdomo; Oliveira; Kunz (2003)*
Equação (2)	k = coeficiente cinético (adimensional); S_0 = concentração de SV do efluente (kg/m ³);	$k = 0,5 + 0,0043 * e^{0,0051 * S_0}$	Chen & Hashimoto (1980)
Equação (3)	μ_m = taxa de crescimento específico (dia); T = Temperatura (C°);	$\mu_m = 0,013 * T - 0,129$	Hashimoto et al. (1981)
Equação (4)	γ_v = taxa de produção de metano (m ³ de CH ₄ da câmara de digestão/ dia ⁻¹); B_0 = taxa máxima de produção de metano (m ³ de CH ₄ /kg ⁻¹ de SV); S_0 = concentração de SV do efluente (kg/m ³); THR = tempo de retenção hidráulica (dias); μ_m = taxa de crescimento específico (dia); k = coeficiente cinético (adimensional);	$\gamma_v = \frac{B_0 * S_0}{THR} * (1 - \frac{k}{THR * \mu_m - 1 + k})$	Chen e Hashimoto (1978)
Equação (5)	PB = Produção de biogás (m ³ biogás / m ³ da câmara de digestão/ dia ⁻¹); Y_v = taxa de produção de metano (m ³ de CH ₄ da câmara de digestão/dia ⁻¹);	$PB = \frac{Y_v}{0,65}$	Nishimura (2009)
Equação (6)	PB = Produção de biogás (m ³ biogás / m ³ da câmara de digestão/ dia ⁻¹); PE = potência elétrica (KWh.dia ⁻¹); 1,428 = coeficiente de conversão (1m ³ de biogás gera 1,428 KWh de energia elétrica);	$PE = 1,428 * PB$	Sganzerla (1983)
Equação (7)	B_f = biofertilizante produzido (kg/dia); N_m = número de matrizes (adimensional);	$B_f = 83,333 * N_m$	Konzen (1983)

*Adaptado de Oliveira (1993)

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 VERIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO DE DEJETOS

Para verificar o total de biogás na propriedade rural foram realizados cálculos utilizando o proposto na metodologia deste trabalho.

Com os valores propostos pela Tabela 5 de Oliveira (1993), foram calculadas as quantidades de dejetos produzidos, por fases de criação dos suínos da propriedade rural em ciclo completo, conforme apresentado na Tabela 8.

Tabela 8. Total produzido de esterco e urina.

Categoria	Esterco + Urina (kg.dia ⁻¹)	Número de animais	Total (kg.dia ⁻¹)
Suínos 25 a 100 kg	4,90	3000	14700
Porcas gestação	11,00	400	4400
Porcas lactação	18,00	97	1745
Machos	6,00	5	30
Leitões na creche	0,95	1100	1045
Total			21920

Com os cálculos realizados tem-se a produção de 21920 kg.dia⁻¹ de esterco e urina para o plantel em ciclo completo.

A ocorrência de desperdícios em bebedouros dos animais e o serviço de lavagem das baias demandam um consumo de água, que ao unir-se com os dejetos formará o efluente do sistema de criação (STACHISSINI, 2014). Dartora, Perdomo e Tumelero, (1998) destaca que o conteúdo de água nos dejetos é um dos fatores que mais afeta as características físico-químicas e a quantidade total de dejetos e que somente através do grau de diluição é que se pode calcular o volume de dejetos líquidos produzidos diariamente.

Com base na Tabela 6 e na Equação (1) conforme Perdomo, Oliveira e Kunz (2003), com 400 matrizes, obteve-se o volume gasto com higienização e perda de bebedouros de 19000 m³.dia⁻¹.

Para Konzen (1983) a média de produção de dejetos líquidos por suínos é de 8,6 litros.dia⁻¹, utilizando esse valor para calcular a produção de dejetos líquidos para

o plantel de suínos da propriedade de 4505 animais, sem considerar as fases de criação, seria possível uma produção de 38743 litros.dia⁻¹ ou 38,743 m³.dia⁻¹.

Dessa forma, o volume total de dejetos produzidos na propriedade é 40920 m³.kg.dia⁻¹, esse valor é a somatória da produção de dejetos produzida, em kg.dia⁻¹ com a água de limpeza e desperdício dos bebedouros em m³.dia⁻¹.

5.2 ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO DE BIOGÁS E ENERGIA ELÉTRICA

Para a estimativa de biogás produzido pela propriedade foram utilizadas as Equações (2), (3) e (4) respectivamente, propostas pelos autores Chen e Hashimoto.

O resultado de biogás estimado levou algumas variáveis em consideração como sólidos voláteis, temperatura de biomassa, TDH, número de animais e volume de dejetos que se encontram dentro das equações. Na Tabela 9, destacam-se os resultados utilizados para estimar a produção de biogás na propriedade

Tabela 9. Sólidos totais e voláteis encontrados.

Descrição	Resultados
Sólido Totais – ST (mg/L)	10,342
Sólidos Voláteis – SV (mg/L)	6,950

No cálculo do coeficiente cinético (k), pela Equação (2), há a necessidade do valor da concentração de sólidos voláteis, sendo utilizado o valor de 6,95 kg.m⁻³ médio da triplicata, obtido através de ensaio de uma amostra coletada na entrada do efluente para esterqueira na propriedade rural, resultando um k= 0,5045 (adimensional).

Diesel, Miranda e Perdomo, (2002) afirmam que os dejetos de suínos possuem um bom potencial energético em termos de produção de biogás, tendo em vista, que mais de 70% dos sólidos totais são constituídos pelos sólidos voláteis, que são o substrato dos microrganismos produtores de biogás, portanto, considerando a média encontrada, o teor de SV estaria abaixo do proposto.

A porcentagem encontrada nas análises foi de 67%, ou seja, abaixo do proposto na literatura. Ressalta-se que a significativa diluição dos sólidos explicaria o

teor de SV encontrado, resultando em um gasto excessivo de volume de água no sistema criatório dos animais.

A utilização excessiva da água, por aumentar a quantidade de resíduos (água residuária) e a dispersão da matéria orgânica nos efluentes, gera aumento de custo para o manejo e tratamento dos dejetos, aumento do volume dos sistemas de armazenamento, além de aumento nos gastos para o transporte e utilização como fertilizante e maior uso dos recursos hídricos (SAVIOTTI; PAZINATO; COSER, 2016)

Sendo assim, se torna interessante a adesão de equipamentos de baixa vazão e alta pressão para a higienização dos galpões e a instalação de bebedouros que evitem o desperdício (FERNANDES, 2012).

Segundo Lima (2011), tais medidas conteriam o desperdício de água, disponibilizando também maior quantidade de matéria orgânica biodegradável aos micro-organismos anaeróbios e, conseqüentemente, aumentando o potencial de geração de biogás e melhorando a qualidade do biofertilizante.

Na Tabela 10 estão apresentados os resultados obtidos para as Equações (3), (4) e (5) respectivamente, propostas na metodologia e descritas na Tabela 10.

Tabela 10. Cálculo da taxa de crescimento máximo específico dos micro-organismos, da taxa de produção de metano e produção de biogás, passíveis de serem obtidos na granja estudada.

Temperatura da Biomassa (°C)	μ_m (dia ⁻¹)	γ_v Produção de Metano (m ³)		PB Produção de Biogás (m ³ .m ⁻³ da câmara de digestão.dia ⁻¹)	
		TDH** 10 dias	TDH 20 dias	TDH 10 dias	TDH 20 dias
20	0,131	0,140	0,130	0,22	0,20
25	0,196	0,236	0,145	0,36	0,22
30	0,261	0,274	0,152	0,42	0,23

Analisando a Tabela 10, pode-se observar que com o aumento da temperatura da biomassa de 20°C para 30°C a produção de metano (m³) e a produção de biogás, tiveram um aumento em ambos TDHs.

A produção de biogás duplica a cada 10°C de aumento de temperatura na faixa de 15°C a 35°C. Isso ocorre, porque temperaturas mais elevadas aceleram a velocidade das reações biológicas, resultando em uma operação mais eficiente e em tempo de retenção menor (CORTEZ, LORA e GÓMEZ, 2008).

Comparando os valores de TDH de 10 dias com o de 20 dias para produção de metano pode-se notar um decréscimo significativo, principalmente para a temperatura da biomassa de 30°C.

O decréscimo acontece, pois em altas temperaturas a velocidade das reações biológicas é mais intensa, necessitando assim de um tempo menor de detenção hidráulica (COLDEBELLA, 2006).

Segundo Cortez, Lora e Gómez (2008), a biodigestão anaeróbia indica uma correlação entre a produtividade do processo e a faixa de temperatura de operação. Sendo o processo eminentemente biológico, os microrganismos participantes devem ser então adaptados ao meio e quanto às faixas de temperatura de operação, o processo pode ocorrer de 10°C a 65°C de acordo com o tipo de bactéria, tais como: Psicofílicas < 20°C; Mesofílicas 20°C a 45°C e Termofílicas > 45°C (FERNANDES, 2012)

Dessa maneira, assegurar a estabilidade da variação de temperatura é um aspecto importante, pois interfere no desempenho dos microrganismos produtores de metano, sendo recomendado o seu controle, seja através do aquecimento interno ou pelo melhor isolamento térmico da câmara de digestão durante os meses de inverno. Este ponto é bastante crítico, pois, nos meses de inverno apresentam uma maior demanda por energia térmica e a tendência dos biodigestores é de produzirem volumes menores de biogás causados pelas baixas temperaturas (OLIVEIRA e HIGARASHI, 2006).

Foi realizado um cálculo complementar estimando a projeção do volume da câmara de digestão através de um método prático proposto por Kunz e Oliveira (2008), que utiliza o tempo de detenção hidráulica (TDH) em dias multiplicando a vazão diária de dejetos ($\text{m}^3 \cdot \text{dia}^{-1}$) da propriedade.

Desse modo o valor obtido foi de uma câmara de digestão de 820 m^3 para a propriedade rural em estudo, considerando TDH de 20 dias e uma vazão de aproximadamente 41 m^3 de dejetos por dia.

Por fim, a produção de energia seria de 285,6 $\text{kWh} \cdot \text{dia}^{-1}$, considerando o proposto por Sganzerla (1983) na Equação (6).

Para a realização deste cálculo, utilizou-se a produção do biogás com TDH para 20 dias considerando uma produção mínima e com a temperatura igual a 20 °C, pois de acordo com Oliveira (2005) e Kunz, Oliveira e Higarashi (2005), nos Estados da Região Sul, a faixa de temperatura da biomassa situa-se entre 20 e 25°C .

Desse modo, obteve-se um total de 102816 kWh.ano⁻¹. Para o consumo anual da propriedade foram utilizados valores de maio de 2015 até maio de 2016 obtendo um total de 105654 kWh.ano⁻¹. Sendo assim a propriedade rural não seria autossuficiente em energia elétrica, porém sua produção supriria entorno de 97% da energia consumida por ela por ano.

Por mês a propriedade seria capaz de produzir aproximadamente 8568 kWh.mes⁻¹. Para o consumo mensal entorno de 8804 kWh.mes⁻¹ a propriedade seria autossuficiente, desde que o consumo não seja muito superior ao calculado. Sendo assim a propriedade rural supriria 100% a energia consumida por ela por mês.

Reduzindo assim, significativamente os gastos com energia, justificando um estudo sobre os custos de implantação de um sistema biodigestor na propriedade.

Ressalta-se que na propriedade em estudo o consumo de energia elétrica em kWh.ano⁻¹ no período analisado foi considerado de alto consumo, visto que a propriedade não possui equipamentos para aquecimento dos galpões. Destaca-se ainda que o consumo deve-se em função das lâmpadas utilizadas que estão sendo parcialmente substituídas.

Além do investimento da troca de lâmpadas, sugere-se que na propriedade seja realizado um estudo avaliando a viabilidade econômica de implantação de um biodigestor, uma vez que, pode-se considerar pelo total de matrizes que a produção de energia elétrica no local seria suficiente para abastecer a propriedade.

5.3 ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO DE BIOFERTILIZANTE

A produção de biofertilizantes da propriedade rural em estudo seria de 33333,2 kg.dia⁻¹, considerando o proposto por Konzen (1983) na Equação (7).

Segundo Sganzerla (1983) o biofertilizante, por suas qualidades, tem grande poder de recuperar solos mineralizados, ressecados, endurecidos, de difícil penetração de água e ar, se tornando sensíveis a erosão, isso devido ao excesso de adubação química. Dessa forma, segundo uma estatística publicada mais de 40% dos adquirentes de biodigestores possuíam como finalidade específica beneficiar os materiais orgânicos, usá-los como adubo em suas lavouras, sendo neste caso, o biogás considerado com subproduto muitas vezes nem aproveitado.

Na China, onde o biofertilizante é muito usado, houve um aumento significativo em diversas culturas. No milho a produtividade subiu mais 28%, no arroz, de 10 a 14%, no trigo, de 12,5 a 16%. Em experiências realizadas no estado de Santa Catarina verificou-se um aumento na cultura de alface, de 300 vezes mais do que no cultivo convencional (SGANZERLA, 1983).

São muitos os benefícios do biofertilizante no meio agrícola, desta forma, para sua disposição no solo de acordo com a Instrução Normativa 105.006 de 15 de setembro de 2004, do Instituto Ambiental Paranaense IAP, o produtor deve atender alguns critérios, como:

- - Valores máximos admissíveis de metais pesados: Zn (2500 mg.kg⁻¹ de matéria seca) e Cu (1000 mg.kg⁻¹ de matéria seca).
- Alguns parâmetros agronômicos devem ser analisados como: pH, relação C/N, matéria orgânica total, nitrogênio total, P₂O₅ total, carbono total, K₂O. Estes parâmetros devem ser quantificados e utilizados para o cálculo da taxa de aplicação (m³.ha⁻¹), que possa assim ser utilizada na cultura por recomendação.
- A área de aplicação deve considerar alguns aspectos ambientais do solo, sua classe de risco ambiental e as características físico-químicas do solo a ser aplicado. Nas áreas de aplicação deve-se seguir os critérios disposto no Anexo 1 desta Normativa.
- Há também exigência de monitoramento, devendo ser realizado uma vez por ano, através de análise de fertilidade do solo, os parâmetros de zinco e cobre a cada dois anos.

6 CONCLUSÃO

O total de dejetos produzido na propriedade foi de $40920 \text{ m}^3 \cdot \text{kg} \cdot \text{dia}^{-1}$.

Os resultados obtidos com o levantamento de dados da propriedade rural em estudo permite concluir que o proprietário ao adotar um sistema biodigestor modelo marinha/canadense com uma câmara de digestão de 820 m^3 , mantendo o funcionamento do biodigestor à temperatura de biomassa de 20°C e com um TDH de 20 dias, estaria obtendo a energia necessária para suprir 97% das necessidades de sua propriedade em uma ano e utilizando ainda o biofertilizante com um total de $33333,2 \text{ kg} \cdot \text{dia}^{-1}$ em sua área de plantio como alternativa para melhorar a produtividade de suas culturas, visando à alternativa econômica e ambiental.

Acompanhar as características físico-químicas (DBO, DQO, fósforo total, pH, sólidos fixos, sólidos voláteis, sólidos totais) do efluente, bem como a temperatura da biomassa, o TRH, a diluição do efluente, irão garantir a eficiência econômica e ambiental do sistema biodigestor.

Como sugestão para um trabalho futuro, faz-se necessário verificar os custos para instalação do sistema biodigestor, o sistema de conversão do biogás para energia elétrica e o tempo de retorno do investimento.

REFERÊNCIAS

ADAPAR - AGÊNCIA DE DEFESA AGROPECUÁRIA DO PARANÁ. **Legislação de defesa Agropecuária**, 2013 Disponível em: <<http://www.adapar.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=198#biofertilizantes>> Acesso em: 22 mai. 2016.

ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Banco de informações de geração**. 2016. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/OperacaoCapacidadeBrasil.cfm>>. Acesso em: 12 jun. 2015.

ANEEL - AGENCIA NACIONAL DE ENERGIA ELETRICA. **687**: Ren 687. Brasília: Aneel, 2015. 25 p. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>>. Acesso em: 26 jun. 2016.

ANEEL - AGENCIA NACIONAL DE ENERGIA ELETRICA. **Micro e Minigeração Distribuída: Sistema de Compensação de Energia Elétrica**. Brasília: Agencia Nacional de Energia Eletrica, 2014. 32 slides, color. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/biblioteca/downloads/livros/caderno-tematico-microeminigeracao.pdf>>. Acesso em: 05 maio 2016.

AFONSO, E. R.; PALHARES, J. C. P.; LIMA, G.J.M.M de ; GAMEIRO, A. H. . Impacto De Estratégias Nutricionais Na Redução Da Excreção De Nutrientes. In: **III Simpósio de Sustentabilidade e Ciência Animal**, 2013, Pirassununga. III Simpósio de Sustentabilidade e Ciência Animal, 2013.

AFONSO, E. R.; UTEMBERGUE, B. L.; PALHARES, J. C. P. ; GAMEIRO, A. H. . Licenciamento Ambiental Na Suinocultura Brasileira. In: **III Simpósio de Sustentabilidade e Ciência Animal**, 2013, Pirassununga. III Simpósio de Sustentabilidade e Ciência Animal, 2013.

ANDRADE, M. A. N. et al. BIODIGESTORES RURAIS NO CONTEXTO DA ATUAL CRISE DE ENERGIA ELÉTRICA BRASILEIRA E NA PERSPECTIVA DA SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL. **Revista Eletrônica Scielo**, Florianópolis - Sc, v. 1, n. 4, p.1-12, 23 jan. 2002. Disponível em: <<http://www.proceedings.scielo.br/pdf/agrener/n4v1/030.pdf>>. Acesso em: 10 mai. 2016.

ATZINGEN, E. V. . **Sistema de produção**. S.O.S. Suínos, Informativo Técnico nº 90. Goiânia, 2010. Disponível em: <<http://www.sossuinos.com.br/Tecnicos/info90.htm>>. Acesso em: 01 jun. 2016.

BECK, A. de M. . O biogás de suínos como alternativa energética sustentável. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 27, 2007, Foz do Iguaçu. **Anais eletrônicos....** Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGETP2007_TR650481_0089.pdf>. Acesso em: 03 nov. 2015.

BRITES, O.; GAFEIRA, T. **Biogás**. Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra, Coimbra, 2007

CASTANHO, D. S.; ARRUDA, H. J. de. **BIODIGESTORES**. In: **SEMANA DE TECNOLOGIA EM ALIMENTOS**, 2008, Ponta Grossa .Proceedings... .Ponta Grossa: C, 2008. 17p. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/chines1_000g7gph0mm02wx5ok0wtedt3q5rn9mk.pdf>. Acesso em: 01 maio 2016.

CHEN, Y. R.; HASHIMOTO, A. G. *Kinetics of Methane Fermentation*. In: Proceedings of Symposium on Biotechnology in Energy Production and Conservation, 1978.

CHEN, Y. R.; HASHIMOTO, A. G. *Substrate Utilization Kinetic Model for Biological Treatment Processes*. Biotechnology and Bioengineering, 1980.

CHERNICHARO, C. A. DE L. **Reatores Anaeróbios**. 2. ed. Belo Horizonte: DESA/UFMG, 2007.

CIAS - Central de Inteligência de Aves e Suínos - EMBRAPA. **A Suinocultura no Brasil**. 2010. Disponível em: <http://www.cnpsa.embrapa.br/cias/index.php?option=com_content&view=article&id=5:origem-dos-suinos&catid=4:suinos-publico&Itemid=19>. Acesso em: 21 abr. 2016.

CNA (CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL) (Brasília - Df). **Ativos suinocultura**: Suinocultura brasileira avança no cenário mundial. 2015. Disponível em: <<http://www.canaldoprodutor.com.br/sites/default/files/Ativos-Suinocultura-n1.pdf>>. Acesso em: 06 mai. 2016.

COLDEBELLA, A. . **Viabilidade do uso do biogás da bovinocultura e suinocultura para geração de energia elétrica e irrigação em propriedades rurais**. 2006. 74 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) –Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel- PR, 2006. Disponível em: <http://tede.unioeste.br/tede/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=92>. Acesso em: 30 out. 2015.

CORTEZ, L. A. B.; LORA, E. E.S.; GÓMEZ, E. O. **Biomassa para energia**. Campinas -SP. Ed. UNICAMP, 2008. 732 p.

DARTORA, V.; PERDOMO, C. C.; TUMELERO, I. L. **Manejo de Dejetos Suínos**. Boletim Informativo BIPERS, EMATER- RS, Março 1998. Disponível em: <<http://docsagencia.cnptia.embrapa.br/suino/bipers/bipers11.pdf>>. Acesso em: 11 set. 2015.

DEGANUTTI, R.; PALHACI, M. C. J. P.; ROSSI, M.; TAVARES, R.; SANTOS, C. Biodigestores rurais: modelo indiano, chinês e batelada. In: Encontro de Energia no Meio Rural. Bauru – SP. 2002. Disponível em: <http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?pid=MSC000000022002000100031&script=sci_arttext&lng=pt>. Acesso em: 12 jun. 2016.

DIESEL, R.; MIRANDA, C. R.; PERDOMONO, C. C. Coletânea de **Tecnologia sobre dejetos suínos**. Boletim Informativo BIPERS, EMATER- RS, Agosto 2002. Disponível em: <<http://docsagencia.cnptia.embrapa.br/suino/bipers/bipers14.pdf>>. Acesso em: 03 nov. 2015.

EMBRAPA. Ministerio da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Tecnologias para o Manejo de Resíduos na Produção de Suínos Manual de Boas Práticas**. PNMA II. Gestão Integrada de Ativos Ambientais. Santa Catarina Concórdia, Santa Catarina, 2004. Disponível em: <www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc_publicacoes/publicacao_n3r85f3h.pdf>. Acesso em: 23 mai. 2016.

FAEP. **Uma radiografia da suinocultura paranaense suinocultura**. Boletim Informativo do Sistema FAEP, v. 1107, p. 2–5, ago. 2010.

FERNANDES, D. M. **Biomassa e Biogás da Suinocultura**. 2012.209 f. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) – Programa de Pós-Graduação em Energia na Agricultura, Universidade Estadual do Oeste do Paraná-UNIOESTE, Cascavel-Pr, 2012. Disponível em: <http://tede.unioeste.br/tede/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=950>. Acesso em: 10 out. 2015.

FERNANDES, D. M. **Eficiência da Biodigestão Anaeróbia no Manejo da Biomassa Residual na Unidade Granja Colombari**. 2011. 82 f. Monografia (Especialização em Gestão Ambiental em Municípios) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2011.

FERRAZ, J. M. G.; MARRIEL, I. E. **Biogás: uma fonte alternativa de energia**. Comitê de publicações CNPMS/EMBRAPA-Circular Técnica, Sete Lagoas – MG, n.3, p. 27, out. 1980. Disponível em:

<<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/476075>>. Acesso em: 16 set. 2015.

GAUTZ, L.D. & LIU, X. *Heating of anaerobic digestors using hot gas*. In: *AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS*, 1996. 19p.(Paper96-4119)

HASHIMOTO, A. G.; CHEN, Y. R.; VAREL, V. H. *Theoretical aspects of Methane Production: State of The Art*. In: *Livestock Wastes: A Renewable Resource*, ASAE, 1981

IAP – Instituto Ambiental do Paraná. **Suínocultura**. Disponível em:<<http://www.iap.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=1042>>. Acesso em: 30 out. 2015.

IAP – Instituto Ambiental do Paraná. **Instrução Normativa 105.006. de 05 de janeiro de 1998**. Licenciamento e/ou autorização de ambiental de empreendimentos de suinocultura. Instituto Ambiental Paranaense. Disponível em:< http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/Legislacao_ambiental/Legislacao_estadual/Instrucao_normativa/IN_105006_2004.pdf> . Acesso em: 09 jun. 2016.

IAPAR - Instituto Agrônômico do.. **Sugestão de adubação e calagem para culturas de interesse econômico do estado do Paraná**. Londrina: Iapar, 2003. 30 p.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA.. **Produção da Pecuária municipal**. 2013. Disponível em:<ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Pecuaria/Producao_da_Pecuaria_Municipal/2013/ppm2013.pdf>. Acesso em: 15 out. 2015.

JUNQUEIRA, S. L. C.. **GERAÇÃO DE ENERGIA ATRAVÉS DE BIOGÁS PROVENIENTE DE ESTERCO BOVINO: ESTUDO DE CASO NA FAZENDA ATERRADO**.2014. Disponível em:<<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10011533.pdf>>. Acesso em: 23 mai. 2016.

KONZEN, E. A. **Manejo e utilização dos dejetos de suínos**. Concórdia: EMBRAPACNPSA, EMBRAPA-CNPSA. Circular Técnica, 6, 1983.

KONZEN, E. A.. Dejetos de suínos fermentados em biodigestores e seu impacto ambiental como insumo agrícola. In: **SIMPÓSIO GOIANO DE SUINOCULTURA**, 2., 2005, Goiânia. Seminários técnicos de suinocultura. Goiânia: Avesui Centrooeste, 2005. p. 56 - 64.

KUNZ, A.; HIGARASHI, M. M.; OLIVEIRA, P. A. **Tecnologias de Manejo e Tratamento de Dejetos de Suínos Estudadas no Brasil**. Embrapa: Cadernos de Ciência e Tecnologia, v. 22, n. 1, p. 651-665, 2005.

KUNZ, A.; OLIVEIRA, P. A. V. de; HIGARASHI, M. M. **Biodigestor para o tratamento de dejetos de suínos: influência da temperatura ambiente**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2005. 5p. (Embrapa Suínos e Aves. Comunicado Técnico, 416).

KUNZ, A.; OLIVEIRA, P. A. V. de; **Uso de biodigestores para tratamento de resíduos animais**. Embrapa/Suínos e Aves. Concórdia-SC, junho 2008. Disponível em:
<<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/444153/1/CUsersPiazzonDocuments17238.pdf>>. Acesso 12 jun. 2016.

KUNZ, A.; PERDOMO, C. C.; OLIVEIRA, P. A. V. de. **Biodigestores: avanços e retrocessos**. Concórdia: EMBRAPA - CNPSA, 2004. 5 p. Disponível em: . Acesso em: 30 abr. 2016.

LANGER, M. **Biodigestor – resíduo sólido pecuário para produção de energia**. Unoesc & Ciência – ACET, Joaçaba, v. 2, n. 2, p. 119-128, jul./dez. 2011.

LIMA, H. Q. **Avaliação dos modelos Hashimoto e AMS-III.D para produção de metano com dejetos de suínos**. 2011. 99 f. Dissertação (Mestrado) – Centro de Engenharia, Modelagem e Ciências Sociais Aplicadas, Universidade Federal do ABC, Santo André – SP, 2011.

LIMA, P. C. R..**BIOGÁS DA SUINOCULTURA: UMA IMPORTANTE FONTE DE GERAÇÃO DE ENERGIA**. 2007. Disponível em:
<http://www2.camara.leg.br/documentos-e-pesquisa/publicacoes/estnottec/tema16/2007_11958.pdf>. Acesso em: 01 jun. 2016.

MAACK, R. **Geografia Física do Estão do Paraná**. Curitiba: Imprensa Oficial do Paraná. 2002, 438 p.

MARTINEZ, D. G.; KITAMURA; SILVA, F. P.; SOUZA, S. N. M.; BASTOS, R. K.; SOUZA, C. R. B.. GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DO BIOGÁS / ELECTRICITY GENERATION FROM BIOGAS. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 7, p. 45, 2013.

MENDONÇA, E.F. **Tratamento anaeróbio de efluentes oriundos da bovinocultura de leite em biodigestor tubular**. 2009. 62p. Dissertação (Mestrado em Engenharia

Agrícola) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Cascavel, 2009.

MØLLER, H. B.; SOMMER, S. G.; AHRING, B. K. *Methane Productivity of Manure, Straw, and Solid Fractions of Manure*. Science Direct. Biomass and Bioenergy 26, 2004 p. 485-495.

NASCIMENTO, R. C. O uso do biofertilizante em solos agrícolas do cerrado da região do Alto Paranaíba (MG). **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, v. 30, n. 2, jul./dez. 2010.

NISHIMURA, R. ; **Análise de balanço energético de sistema de produção de biogás em granja de suínos: implementação de sistema computacional**. 2009. 84 p. Dissertação (Mestrado Engenharia Elétrica) – Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Campo Grande-MS, 2009

OLIVEIRA, P. A. V. **Manual de manejo e utilização dos dejetos de suínos**. Concórdia: EMBRAPA, 1993. 188p. EMBRAPA-CNPSA. Documentos, 27. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/434003>> Acesso em: 20 set. 2015.

OLIVEIRA, P. A. V. de. **Projeto de biodigestores e estimativa de produção de biogás em sistema de produção**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2005. 8p. (Embrapa Suínos e Aves. Comunicado Técnico, 417).

OLIVEIRA, P. A. V. DE; HIGARASHI, M. M. **Geração e utilização de biogás em unidades de produção de suínos**. Concórdia, SC: Embrapa Suínos e Aves, 2006.

OLIVEIRA, P. A. V.; NUNES, M.L.A. . Sustentabilidade ambiental da suinocultura. In: **Seminário Internacional sobre Produção, Mercado e Qualidade da Carne de Suínos**, 2002, Florianópolis - SC. Concórdia - SC: Embrapa Suínos e Aves, 2002. p. 63-71.

PERDOMO, C. C.; OLIVEIRA, P. A. V.; KUNZ, A.. **Sistemas de Tratamento de Dejetos Suínos: Inventário Tecnológico**. Concórdia EMBRAPA, 2003. 83p. EMBRAPA-CNPSA. Documentos, 85. Disponível em:<www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc_publicacoes/doc85.pdf> Acesso em: 20 set. 2015.

PIVELI, R. P.; KATO, M. T.; **Qualidade das águas e poluição: aspectos físico-químicos**. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental-ABES, São Paulo-SP, 2005.

SALOMON, K. R.; LORA, E. E. S.. *Estimate of the electric energy generating potential for different sources of biogas in Brazil*. 33. ed. Itajuba: Elsevier, 2009.

SANTOS, E. L. B. dos; JUNIOR, G. de N. . **PRODUÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DE DEJETOS DE ORIGEM ANIMAL**. 2013. Disponível em: <file:///C:/Users/RecepMontana/Downloads/216-709-1-PB (3).pdf>. Acesso em: 30 mai. 2016.

SARTOR, V.; SOUZA, C. F.; TINOCO, I. F. F..**Informações Básicas Para Projetos De Construções Rurais:Instalações para suínos**. 2004. 19 f. Monografia (Especialização) - Curso de Construções Rurais e Ambiência, Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004. Cap. 2. Disponível em: <<http://www.ufv.br/dea/ambiagro/arquivos/suinos.pdf>>. Acesso em: 02 mai. 2016

SAVIOTTI, B.; PAZINATO, C.; COSER, F.. **SUINOCULTURA DE BAIXA EMISSÃO DE CARBONO**: Tecnologias de Produção Mais Limpa e Aproveitamento ECONÔMICO dos Resíduos da Produção de Suínos. Brasília Mapa: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Mobilidade Social, do Produtor Rural e do Cooperativismo, 2016. 97 p.

SCHUCH, S.L. **Condomínio de Agroenergia: Potencial de Disseminação na Atividade Agropecuária**. Cascavel, 2012. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

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

SINOTTI, A. P. S. **Avaliação do volume de dejetos e da carga de poluentes produzidos por suínos nas diferentes fases do ciclo criatório**. 2005. 85 f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis-SC. 2005.

SILVA, N. P. da; FRANCISCO, A. C. de. **Geração de energia elétrica a partir de dejetos suínos: Um estudo de caso em uma propriedade rural na região oeste do estado do Paraná**. Nucleus, Curitiba, v. 7, n. 2, p.65-82, out. 2010.

SOUZA, C. F.; JÚNIOR, J. de L.; FERREIRA, W P. M.. **Biodigestão anaeróbia de dejetos de suínos sob efeito de três temperaturas e dois níveis de agitação do substrato: considerações sobre a partida**. 2. ed. Jaboticabal: Unesp, 2005. 10 p.

STACHISSINI, M. G. **Estudo sobre a implantação de um sistema biodigestor em uma propriedade rural no município de Mamborê – PR**, 2014, 40 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2014.

SUINOCULTURA INDUSTRIAL. **Biogás e a suinocultura**. 2007. Disponível em: <http://www.suinoculturaindustrial.com.br/noticia/biogas-e-a-suinocultura/20070112105607_24575>. Acesso em: 02 jun. 2016.