

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
MATOGROSSO
CAMPUS CUIABÁ - BELA VISTA
DEPARTAMENTO DE ENSINO**

DIÓGENES ARAÚJO SÔNEGO

**VIABILIDADE ECONÔMICA E OTIMIZAÇÃO DO USO DO BIOGÁS DE
SUINOCULTURA**

**Cuiabá
2012**

CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM GESTÃO AMBIENTAL

DIÓGENES ARAÚJO SÔNEGO

**VIABILIDADE ECONÔMICA E OTIMIZAÇÃO DO USO DO BIOGÁS DE
SUINOCULTURA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso, *Campus* Cuiabá – Bela Vista de Título de Tecnólogo em Gestão Ambiental.

Orientador: Prof. Ms. Reinaldo de Souza Bilio

**Cuiabá
2012**

FICHA CATALOGRÁFICA

S698v

SÔNEGO, Diógenes Araújo

Viabilidade econômica e otimização do uso do biogás de suinocultura / Diógenes Araújo
Sônego - Cuiabá, MT : O Autor, 2012.

49 f.il.

Orientador: Prof. Ms. Reinaldo de Souza Bilio

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Mato Grosso. Campus Cuiabá – Bela Vista. Curso Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental.

1. Biogás 2. Suinocultura 3. Mitigação I. Bilio, Reinaldo de Souza II. Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Mato Grosso.

CDD: 636.4

DIÓGENES ARAÚJO SÔNEGO

**VIABILIDADE ECONÔMICA E OTIMIZAÇÃO DO USO DO BIOGÁS DE
SUINOCULTURA**

Trabalho de Conclusão de Curso Superior em Tecnologia em Gestão Ambiental, submetido à Banca Examinadora composta pelos Professores do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso - *Campus* Cuiabá Bela Vista, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Graduado.

Aprovado em: 16 de novembro de 2012.

Prof.Dr. Dorival Pereira Borges da Costa

Prof. Ms. Reinaldo de Souza Bilio

Profa. Dra. Rozilaine Aparecida Pelegrine Gomes de Faria

**Cuiabá
2012**

AGRADECIMENTOS

À minha família, principalmente pelos valores que sempre me passaram, como comprometimento, humildade, honestidade e caráter.

Às pessoas que estão próximas a mim nestes últimos tempos, colegas de faculdade e novos amigos.

À família Casavechia por fornecer todos os dados de seu empreendimento, principalmente à Adriano Casavechia por estar sempre disposto a me ajudar, sanando todas as dúvidas que surgiram nesse período.

Ao meu orientador Prof.Ms. Reinaldo de Souza Bilio pela oportunidade, confiança e paciência durante o desenvolvimento deste trabalho.

Ao corpo docente e técnicos administrativos do IFMT – Campus Bela Vista.

RESUMO

O estado de Mato Grosso vem avançando muito na produção de carne suína por ter amplas áreas e baixo custo de produção. Ao mesmo passo a suinocultura é considerada uma atividade com alto potencial poluente por gerar um grande volume de dejetos com alta carga orgânica e gases potencializadores do efeito estufa. Este trabalho tem como objetivo principal avaliar a viabilidade do uso do biogás proveniente de suinocultura em conjuntos moto-geradores e como objetivos específicos quantificar os resíduos gerados na suinocultura, quantificar o biogás produzido e demonstrar a viabilidade econômica do projeto. Para isso foram quantificados os efluentes líquidos e o biogás produzidos e também elucidados os custos com a implantação do projeto e gastos com energia elétrica. Foram feitas visitas a campo à suinocultura estudada, sendo as informações repassadas por um dos proprietários através de contato com médico veterinário e engenheira ambiental da empresa responsável pela assistência técnica e compra dos animais. O tempo de retorno do capital investido foi de aproximadamente 2 anos considerando apenas a economia com energia. O bom emprego do gás gerado, embora tenha custos altos de implantação dos implementos necessários, é uma alternativa aos altos valores gastos no consumo de energia elétrica e mitigação dos efeitos poluentes.

Palavras-chaves: biogás; suinocultura, mitigação; viabilidade.

ABSTRACT

The state of Mato Grosso has advanced a lot in swine production by having large areas and low production cost. At the same time the farm swine is considered an activity with a high pollution potential to generate large amounts of waste with high organic load and potentiators of greenhouse gases. This work aims at assessing the feasibility of using biogas from farm swine in motor generators and sets specific objectives to quantify the waste generated in farm swine, biogas quantify and demonstrate the economic viability of the project. For that were quantified wastewater and biogas produced and also elucidated the costs of implementing the project and energy expenses. Field visits were made to the farm swine studied, and the information passed on by one of the owners by contacting veterinary and environmental engineer of the company responsible for technical assistance and purchase of animals. The time of return on invested capital was approximately 2 years considering only the energy savings. The gas generated good job, although high costs of deploying the necessary implements, is an alternative to the high amounts spent on electricity consumption and mitigating the effects of pollutants.

Keywords: biogas; swine, mitigation; viability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fontes renováveis de energia no Brasil	18
Figura 2: Principais opções para utilização/conversão do biogás.	20
Figura 3: (A) - matrizes gestantes e matriz em trabalho de parto, (B) - maternidade da suinocultura, (C) - creche da suinocultura, (D) - suínos de uma baia na UT	26
Figura 4: Lagoa para tratamento dos efluentes ao lado de um biodigestor	27
Figura 5: (A) - queimador utilizado para combustão do gás metano produzido no biodigestor. (B) - Aparelho que armazena os dados da quantidade de gás queimado	28
Figura 6: (A) - grelhas: responsáveis pela passagem dos excrementos das baias para os canais abaixo do piso, (B) - registros acionados a cada 2-3 dias para levar os excrementos ao biodigestor	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Composição do biogás	20
Tabela 2: Custos totais dos equipamentos para geração de energia.....	29
Tabela 3: Gastos com energia na UPL e UT.....	29
Tabela 4: Quantidade de cabeças, volume de dejetos por animal ao dia, volume total ao dia, período de retenção, volume total de efluentes por ciclo e volume das lagoas da maternidade e getação (MG), creche e Unidade de Terminação (UT) ...	30
Tabela 5: Quantidade de biogás produzido por animal/dia/mês na UPL durante os meses de janeiro, fevereiro, março e abril de 2012	31
Tabela 6: Quantidade de biogás produzido por animal/dia/mês na UT durante os meses de janeiro, fevereiro, março e abril de 2012	32

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A: Fontes renováveis de energia no Brasil	18
ANEXO B: Composição do biogás.	20
ANEXO C: Principais opções para utilização/conversão do biogás.	20

LISTA DE APÊNDICES

APÊNDICE A: (A) - matrizes gestantes e matriz em trabalho de parto, (B) - maternidade da suinocultura, (C) - creche da suinocultura, (D) - suínos de uma baía na UT.....	26
APÊNDICE B: Lagoa para tratamento dos efluentes ao lado de um biodigestor.....	27
APÊNDICE C: (A) - queimador utilizado para combustão do gás metano produzido o biodigestor. (B) - Aparelho que armazena os dados da quantidade de gás queimado.....	28
APÊNDICE D: Custos totais dos equipamentos para geração de energia.....	29
APÊNDICE E: Gastos com energia na UPL e UT.....	29
APÊNDICE F: Quantidade de cabeças, volume de dejetos por animal ao dia, volume total ao dia, período de retenção, volume total de efluentes por ciclo e volume das lagoas da maternidade e gestação (MG), creche e Unidade de Terminação (UT).....	30
APÊNDICE H: Quantidade de biogás produzido por animal/dia/mês na UPL durante os meses de janeiro, fevereiro, março e abril de 2012.....	31
APÊNDICE I: Quantidade de biogás produzido por animal/dia/mês na UT durante os meses de janeiro, fevereiro, março e abril de 2012.....	32

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ANUALPEC - Anuário da Pecuária Brasileira

CH₄ - Gás Metano

CO₂ – Dióxido de Carbono

EUA – Estados Unidos da América

GLP – Gás Liquefeito de Petróleo

H₂ – Gás Hidrogênio

H₂S – Sulfeto de hidrogênio

KWh - Quilowatt-hora

MME – Ministério de Minas e Energia

N₂ - Nitrogênio

NH₃ - Amônia

OIE – Oferta Interna de Energia

Pem – Produção Energética Mensal

PME – Pesquisa Mensal de Emprego

PROINFA - Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica

PVC - Policloreto de Polivinila

UPL – Unidade de Produção de Leitões

UT – Unidade de Terminação

Emater – Empresa de Assistência Técnica E Extensão Rural

PR – Paraná

PUT – Produção de biogás Unidade de Terminação

PUPL – Produção de biogás da Unidade de Produção de Leitões

DES – Demanda energética suinocultura

CE – Consumo energia

CKWh – Custo por quilowatt-hora

TRC – Tempo de retorno do capital investido

CP – Custo do projeto

GE – Gasto com energia

MG – Maternidade e Gestação

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1 Panorama mundial da suinocultura	16
2.2 Panorama Nacional da Suinocultura	16
2.3 Panorama no Estado de Mato Grosso	17
2.4 Fontes alternativas e renováveis de energia	17
2.5 Biodigestor	19
2.6 Biogás	19
2.7 Cogeração de energia elétrica	21
2.8 Biofertilizante.....	22
2.9 Biodigestão na Suinocultura	23
3. MATERIAL E MÉTODOS	26
3.1 Localização e descrição da suinocultura.....	26
3.2 Coleta dos dados	27
3.3 Cálculo da demanda energética.....	28
3.4 Cálculo do retorno do capital investido	29
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	30
4.1 Atual destinação para o biogás	30
4.2 Quantidade de efluentes produzidos.....	30
4.3 Quantidade de gás produzido	31
4.4 Potencial de produção e demanda energética	32
4.5 Retorno econômico do capital investido.....	33
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	34
6. REFERÊNCIAS.....	35

1. INTRODUÇÃO

A carne suína é a mais consumida no mundo, tendo sua produção crescido vertiginosamente no estado do Mato Grosso nos últimos anos. A demanda por alimentos no mundo é cada vez maior sendo importante esse avanço, mas ao mesmo tempo a suinocultura é considerada uma atividade preocupante devido à geração de grandes volumes de dejetos com elevada concentração de matéria orgânica e os riscos de contaminações.

A suinocultura é uma atividade praticada em todo o território nacional, as condições climáticas do país permitem a adaptação dos animais às diferentes regiões e também aos mais variados sistemas de produção. A suinocultura vem progredindo de maneira notável em todos os aspectos: da genética a nutrição; do manejo à sanidade; das instalações aos equipamentos utilizados (CAVALCANTI, 1984).

Segundo Kozen (1983) e Oliveira (1993), a problemática ambiental da suinocultura está no fato de que, a partir do momento em que se optou por explorações em regime de confinamento, o total de dejetos gerados, anteriormente distribuído na área destinada à exploração extensiva, ficou restrito a pequenas áreas. Além disso, houve aumento crescente da demanda por produtos de origem animal e aumento do emprego de tecnologia moderna (mecanização de operações, melhor alimentação do rebanho, controle mais eficiente de doenças, etc.), o que resultou em aumento do efetivo do rebanho, acompanhado por índices elevadíssimos de produtividade.

A poluição ambiental causada pelos dejetos dos suínos é um problema muito sério devido ao elevado número de contaminantes, podendo causar degradação do ar, solo e principalmente dos recursos hídricos. Os principais constituintes dos dejetos suínos que afetam as águas superficiais são a matéria orgânica, nutrientes e bactérias fecais. Já os que afetam águas subterrâneas são nitratos e bactérias (NOLASCO *et al*, 2005).

A evolução do setor agrícola tem ocorrido a partir de evoluções tecnológicas que são dependentes de alguma forma de energia, dentre elas, as fontes convencionais mais utilizadas são a energia elétrica que tem um custo elevado e os derivados de petróleo, que por sua vez, vem se esgotando com o

alto consumo, gerando oscilações de preço e insegurança quanto ao seu fornecimento no futuro, além de ser altamente poluente (KOLLING, 2001).

A energia fóssil é a mais utilizada em todo o mundo e era considerada até pouco tempo como inesgotável. Porém, o alto consumo desses recursos mostrou que eles são finitos e podem desaparecer. Por essa razão, intensificou-se a busca por fontes alternativas de energia.

Segundo Souza *et al.* (2004), o Brasil já apresenta tradição no uso de fontes renováveis de energia, com destaque para a energia elétrica que, atualmente, é responsável por mais de 80% da energia do país, seguida pelo etanol, derivado da cana-de-açúcar.

O Mato Grosso vem intensificando sua produção de suínos e aves, agregando valor à sua produção agrícola. Isso traz uma grande produção de dejetos e pode ser um problema ambiental sério em um futuro próximo. Por outro lado o novo conceito de produção animal vem acompanhado de medidas mitigadoras e o estado possui vastas áreas para utilização desses dejetos. Toda estrutura para este tipo de criação animal já tem em seu projeto soluções para os possíveis impactos ambientais.

A biodigestão anaeróbica é uma alternativa para o tratamento de resíduos, reduz o potencial poluidor, produz biogás e permite o uso do efluente como biofertilizante. A geração de energia através da biomassa faz com que o meio ambiente seja preservado, reduzindo a emissão de agentes poluentes, causadores do efeito estufa e, conseqüentemente, do aquecimento global. A utilização de recursos renováveis também traz economia na utilização de recursos fósseis.

Sendo assim o objetivo geral dessa pesquisa foi avaliar a viabilidade econômica e otimização do uso do biogás de suinocultura e como objetivos específicos quantificar os efluentes e biogás produzidos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Panorama mundial da suinocultura

A carne suína é a mais consumida no mundo, tendo sua produção crescida de maneira sustentada nos últimos anos. A produção mundial cresce a cada ano, em 1996 o mundo havia produzido 70.617 mil toneladas de carne suína e em 2005 essa quantidade chegou a 91.619 mil toneladas. A China produz 47.500 toneladas, a União Europeia vem a seguir com 21.108 mil toneladas, os EUA com 9.512 mil toneladas e o Brasil com 2.640 mil toneladas de equivalente carcaça. Hoje o país ocupa a quarta posição entre os maiores produtores de carne suína do mundo (ANUALPEC, 2005).

As exportações de carne suína têm sido dominadas pela União Europeia com 1.166 mil toneladas, Canadá com 980 mil toneladas, EUA, com 959 mil toneladas e Brasil com 580 mil toneladas de equivalente carcaça (ANUALPEC, 2005).

2.2 Panorama Nacional da Suinocultura

A indústria suinícola brasileira tem superado, ano a ano, seus índices técnicos, atingindo taxas de desfrute continuamente melhores. A suinocultura brasileira encontra bases bastante consistentes para continuar crescendo qualitativa e quantitativamente. Considerando também as características socioeconômicas do Brasil e as cotações recentes do real frente ao dólar e ao euro, o custo de produção é imbatível. Este fato, aliado a uma estrutura competente em qualidade sanitária e fiel aos mais exigentes mercados consumidores, tem permitido que a carta de exportações seja ampliada progressivamente (NUNES, 2003).

O rebanho suíno nacional ocupa boa posição quanto ao número de animais, mas a sua produção de carne também está abaixo do esperado. Vários fatores contribuem para que os índices de produção ainda sejam baixos, em especial, em algumas regiões. Dentre eles temos deficiência no combate, na profilaxia e no controle de enfermidades, na seleção do material genético, nas técnicas de manejo, nas instalações, nos custos do milho, farelo de soja e

outros insumos. Falta uma política de redução permanente das elevadas taxas de juros, de formação e treinamento de pessoal técnico e de apoio ao uso racional de dejetos. (NUNES, 2003).

Em 2005, o rebanho suinícola total foi de 34.480,519 milhões de cabeças, e a produção total de carne suína atingiu o patamar de 2.640 mil toneladas de equivalente carcaça, relativas a um abate de 28.650 mil cabeças. (ANUALPEC, 2005).

A Região Sul concentra 43,43% do rebanho suíno nacional, situando-se como principal produtora, seguida pela Região Nordeste com 20,65%. (ANUALPEC, 2005). O Centro-Oeste, embora ocupe a quarta colocação, vem apresentando crescimentos expressivos de rebanho e produção, em decorrência da expansão da indústria suinícola nacional para regiões onde a produção de grãos tem experimentado forte crescimento. (GIROTTTO, 2004).

2.3 Panorama no Estado de Mato Grosso

Nos últimos anos a região Centro-Oeste, especialmente os estados de Mato Grosso e Goiás, vêm expandindo a produção de suínos através de investimentos de empresas nacionais e multinacionais. Com estas aplicações na atividade suinícola pode-se prever a continuidade da expansão do rebanho da região. (GIROTTTO, 2004).

O Estado tem clima favorável à suinocultura e baixíssima densidade de animais (apenas 0,8 suínos por km²), tais condições fazem com que o custo de produção de suínos seja o mais baixo do mundo. Considerando o preço do produto no mercado o lucro pode chegar a quase 40%. (BAPTISTA, 2004).

2.4 Fontes alternativas e renováveis de energia

A necessidade de atender a demanda energética nas diversas áreas, causando o mínimo de impacto ambiental e/ou social, torna necessária a busca e exploração de fontes energéticas alternativas. As tecnologias que convertem a energia disponível na natureza, seja do vento, da água, do sol ou dos

combustíveis fósseis, permitem também que o homem aumente sua capacidade de trabalho (GADANHA *et al.*, 1991).

Segundo Lorenzo (1994) a eficiência energética, a redução no consumo e o atendimento futuro da demanda, devem ser baseados em fontes renováveis, que formarão o alicerce da matriz energética mundial.

A participação de energias renováveis na matriz global energética é cada vez mais relevante. A crescente preocupação ambiental e consenso de todos sobre a necessidade de desenvolvimento sustentável estimula a realização de pesquisas na área de produção energética limpa.

O Brasil tem destaque na participação das fontes renováveis de energia em sua matriz energética. O Brasil utiliza 43,6% da Oferta Interna de Energia (OIE) de fontes renováveis (FIGURA 1), enquanto a média mundial é de 14% e nos países desenvolvidos 6% (MME, 2005).

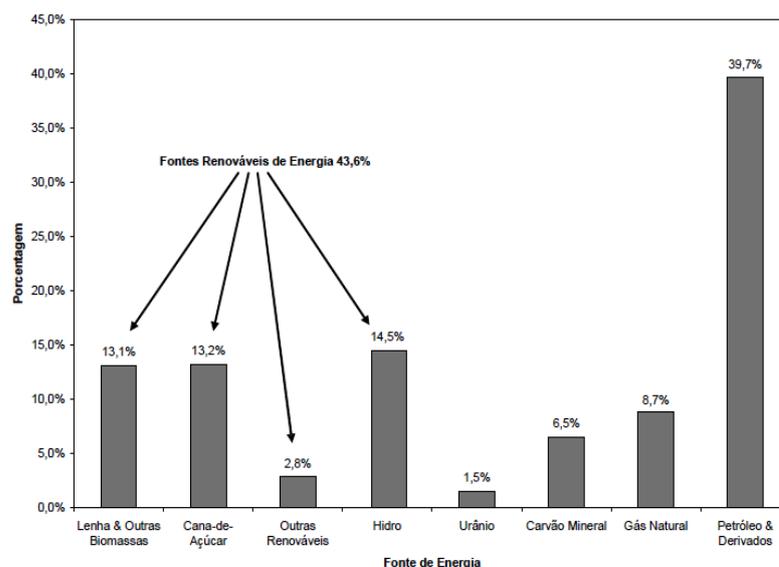


Figura 1: Fontes renováveis de energia no Brasil
Fonte: PROINFA (MME, 2005).

Com relação a biomassa, estima-se a existência de 2 trilhões de toneladas no globo terrestre, ou seja, cerca de 400 toneladas per capita, o que corresponde a oito vezes o consumo de energia primária no mundo, atualmente 400 EJ/ano (MME, 2005).

2.5 Biodigestor

Schultz (2007) diz que o lançamento de dejetos na natureza sem os devidos tratamentos pode provocar desequilíbrios ambientais e desenvolvimento de vetores e doenças. Os suínos têm alto potencial poluidor dos dejetos e gases produzidos sendo indispensável um manejo adequado.

A biodigestão anaeróbia é um processo fermentativo com as finalidades de tratamento dos resíduos (remoção de matéria orgânica poluente e dos microrganismos patogênicos), produção de biogás e produção de biofertilizantes com melhores qualidades sanitárias em relação ao material original (BADRA, 1992). Além disso, grande importância é dada ao tratamento adequado de dejetos, para evitar a poluição dos recursos hídricos e a emissão de gases de efeito-estufa.

Existem dois tipos de sistemas para produção de gás: o contínuo e o intermitente. O primeiro é o mais difundido e se adapta a maioria das biomassas, recebe cargas diárias ou periódicas e descarrega o biofertilizante automaticamente. O sistema intermitente é específico para biomassas de decomposição lenta e de longo período de produção. Caracteriza-se por receber a carga total retendo-a até terminar o processo de biodigestão, quando então é esvaziado e carregado novamente (SGGANZERLA, 1983).

O biodigestor mais difundido no Brasil é o modelo canadense, que é feito com manta de PVC. Ele oferece menor custo e sua instalação é bem mais fácil em relação aos modelos antigos, podendo ser usado tanto em pequenas como em grandes propriedades. O desenvolvimento de biodigestores no mercado se deve ao setor privado aliado às 23 Universidades e Centro de Pesquisas, que muito tem incentivado neste sentido, conforme consta no Manual de treinamento de biodigestão (2008).

2.6 Biogás

O biogás é um gás natural proveniente da biodigestão anaeróbica de qualquer forma de biomassa. Ele é composto por metano (CH_4), dióxido de carbono (CO_2), nitrogênio, hidrogênio, monóxido de carbono, gás sulfídrico entre outros, como pode ser visto na Tabela 1.

Tabela 1: Composição do biogás.

GÁS	SÍMBOLO	CONCENTRAÇÃO NO BIOGÁS (%)
Metano	CH ₄	50-80
Dióxido de Carbono	CO ₂	20-40
Hidrogênio	H ₂	'1-3
Nitrogênio	N ₂	0,5-3
Gás sulfídrico e outros	H ₂ S, CO ₂ , NH ₃	1-5

Fonte: La Farge (1979)

Segundo Motta (1986), o biogás produzido pelo tratamento de resíduos pode ser utilizado e tem potencial para produzir energia elétrica. O seu uso in natura pode ser queimado evitando o despejo deste gás (CH₄), que tem um efeito poluidor 21 vezes maior que o CO₂ e diminui o uso do GLP que é um combustível fóssil. No caso da suinocultura, pode-se dizer que as questões ambientais que envolvem a propriedade são ainda questões não resolvidas e é assim no mundo todo.

A utilização do combustível deve-se principalmente ao metano (CH₄) que, está presente no biogás em proporções entre 50% e 80%. O biogás é um combustível gasoso que tem conteúdo energético semelhante ao gás natural. A Figura 2 mostra as aplicações para o biogás.

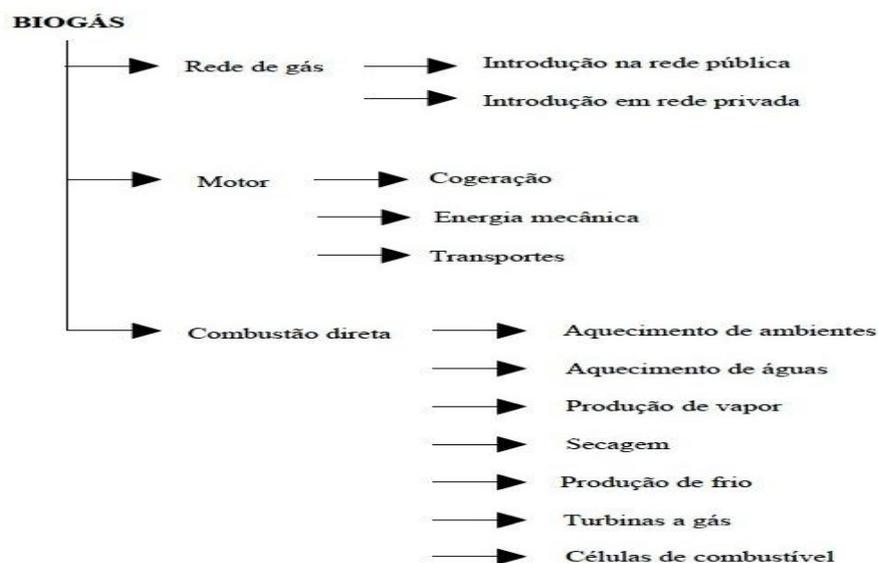


Figura 2: Principais opções para utilização/conversão do biogás.
Fonte: Santos (2000).

Não importa qual a forma de utilização do biogás, ela terá como resultado pelo menos uma das seguintes formas de energia: elétrica, térmica ou mecânica. Quando pelo menos uma dessas formas de energia for útil, o biogás proporcionará uma poupança de recursos, com importante valor econômico associado. O uso do gás gera renda e economias, fato que desperta um crescente interesse por essa tecnologia (SANTOS, 2000).

2.7 Cogeração de energia elétrica

Segundo Faria (2008) a cogeração de energia é um processo onde são geradas duas formas de energia ao mesmo tempo. O tipo mais comum é a cogeração de energia elétrica e energia térmica (tanto para calor quanto para frio), principalmente a partir do uso de biomassa, ou gás natural.

Poole (1993), citado por Faccenda e Souza (2001), aponta a cogeração como a melhor opção energética para o Brasil, descrevendo-a como atividade promissora. Diz ainda que é uma atividade tradicional em indústrias de cana e que, em São Paulo, 92% da energia elétrica dessas indústrias provêm de sistemas de cogeração. Na década passada essa proporção era de 60%.

É comum a utilização de grupos geradores a óleo diesel em propriedades rurais onde a rede elétrica não está acessível. Pimentel e Belchior (2002) dizem que em determinadas regiões do norte do Brasil a eletrificação é feita por grupos geradores a diesel, que geram altos custos e prejudicam o desenvolvimento da região.

Em estações de tratamento de esgotos, além da grande contribuição ambiental resultante do processo de tratamento, tem-se a produção de um combustível alternativo (biogás), que permite utilizar essa energia para produção de eletricidade (AVELLAR; COELHO; ALVES, 2005).

Atualmente muitas pesquisas têm sido realizadas tendo como foco o uso de biogás como combustível em sistemas de cogeração de tanto em áreas rurais como nas indústrias.

Cervi *et al.* (2010) concluiu em seu trabalho que são gerados excedentes de biogás e de energia elétrica, que não são aproveitados no sistema biointegrado. Assim, é necessário analisar as alternativas para a utilização

deste excedente bem como sua viabilidade técnica e econômica. Este estudo demonstrou que o sistema de produção de biogás é potencialmente viável do ponto de vista econômico, mas depende diretamente do dimensionamento técnico da demanda de energia elétrica para as diversas atividades da propriedade frente à oferta de energia do grupo gerador.

2.8 Biofertilizante

Biofertilizante é o nome dado a biomassa fermentada que fica no interior do biodigestor, em sua maioria na forma líquida, rica em nutrientes, principalmente nitrogênio, fósforo, potássio e material orgânico (húmus), com grande poder de fertilização. Quando aplicada ao solo melhora suas qualidade físicas, químicas e biológicas (COLDEBELLA, 2006).

Sganzerla (1983) cita que o uso excessivo de adubo químico causa a mineralização do solo, ressecando-o, endurecendo-o e dificultando a entrada de água e ar, o que provoca e facilita a ocorrência de erosão. Além disso, os sais, muito solúveis, podem destruir as bactérias do solo, deixando propenso a invasão de fungos, insetos, nematoides e vírus, que causam danos as plantas. Nesse momento o agricultor utiliza defensivos agrícolas que podem poluir o solo, eliminar predadores naturais das pragas, gerando a aplicação de novos defensivos, que inicia um ciclo vicioso.

A alta capacidade de fixação do biofertilizante evita a solubilidade excessiva e lixiviação dos sais, mantendo-os sob formas aproveitáveis pelas plantas. Ao contrário dos fertilizantes químicos, o biofertilizante melhora a estrutura do solo, facilitando a penetração de raízes, que conseguem absorver melhor a umidade do solo, podendo resistir mais facilmente a longos períodos de estiagem (COLDEBELLA, 2006).

O biofertilizante possui partículas coloidais negativas com poder de fixação dos sais maior que o das argilas e é responsável direto pela maior parte da nutrição das plantas (COLDEBELLA, 2006).

Outra vantagem é que o biofertilizante deixa o solo mais poroso, permitindo a penetração de mais ar na zona explorada pelas raízes. Assim a respiração vegetal é facilitada e o seu desenvolvimento favorecido. O

biofertilizante favorece a multiplicação das bactérias que tem ação simbiote às plantas. Após fermentação completa não apresenta odor nem é poluente (COLDEBELLA, 2006).

2.9 Biodigestão na Suinocultura

O interesse pelos biodigestores no país teve início com a crise resultante do segundo choque de preços do petróleo ocorrido em 1979. Entre as medidas adotadas pelo governo para reduzir a dependência deste insumo destacava-se um amplo programa de investimento voltado para substituição e conservação de derivados de petróleo (Programa de Mobilização Energética - PME, iniciado em 1980). No período entre 1980-1984, foram utilizadas diversas formas de estímulo à instalação de biodigestores. Assim foram concedidos estímulos materiais, seja através de financiamentos ou mesmo de doações dos recursos necessários à instalação. Em avaliação realizada pela Emater (1984), confirmou-se a hipótese de que os proprietários que receberam os biodigestores a fundo perdido demonstraram menos empenho em mantê-los em boas condições de funcionamento do que aqueles que se utilizaram de recursos próprios ou de empréstimos.

No sítio da Agência Ambiente Brasil (2007), é informado que a tecnologia de biodigestores já tem pelo menos duas décadas no Brasil. Iniciou-se com modelos provenientes da China e Índia. No entanto, o Brasil teve algumas dificuldades na sua implementação, fazendo com que esta tecnologia caísse no descrédito no meio rural.

Palhares *et al.* (2003), partindo da hipótese de que a tecnologia de biodigestão anaeróbia não era amplamente utilizada no meio rural, avaliaram o perfil produtivo, social e ambiental de produtores e de propriedades que receberam a tecnologia no início da década de 1980 a fim de detectar possíveis falhas na sua transferência. Dentre as propriedades visitadas haviam aquelas que ainda mantinham o biodigestor em operação e outras onde estes haviam sido desativados. Dos produtores entrevistados, 61,5% haviam feito até a quarta série do primeiro grau, 23% tinham somente a terceira série e somente 15,4% dos produtores haviam completado a quinta série.

Considerando que a tecnologia de biodigestão envolve conhecimentos como microbiologia, física e química e que estes não são abordadas no ciclo escolar até a quinta série, o reduzido nível de escolaridade pode ser considerado como uma desvantagem que estes produtores possuíam a fim de utilizar esta tecnologia. Uma forma de suprir esta deficiência seria pela proposição de treinamentos e/ou pelo oferecimento de uma assistência técnica periódica a estes produtores.

Um suinocultor de Toledo-PR que teve seu biodigestor implantado em 1999 atestou: “na década de 80, muitos produtores investiram na instalação de biodigestores, sistema que ficou popular no Brasil, mas aos poucos esse sistema foi sendo desacreditado. Agora, principalmente depois da crise energética, o biodigestor está ressuscitando. Eu acredito que o fator principal do biogás ficar desacreditado é a não utilização do biogás. Existia o biodigestor, existia a produção de gás, mas não existia onde consumir o gás.” (GASPAR, 2003).

O Plano Nacional de Energia 2030 conclui que: as energias denominadas como Outras (que incluem os resíduos agrícolas, industriais e urbanos) representaram em 2005 2% do consumo energético do país, sendo que em 2030 representarão 3%; o consumo energético do setor agropecuário que em 2005 representou 5% do total do país irá ter a mesma representatividade em 2030; as fontes primárias (excetuando-se a cana-de-açúcar) terão um crescimento de 4% na matriz energética entre 2005-2030; o Brasil conseguirá manter um grau relativamente baixo de dependência externa de energia, custos competitivos de produção de energia e níveis de emissões de gases (um dos mais baixos do mundo) praticamente inalterados (MME, 2007).

A declaração dada a Gaspar (2003), por um integrante da cadeia produtiva de suínos, atesta que as mesmas dificuldades de operação, identificadas no passado, continuam a acontecer no presente. “A tecnologia que se divulga é muito diferente da realidade que o produtor vai enfrentar no dia-a-dia de sua atividade. Um biodigestor é um dispositivo complexo, que requer atenção diária e que quando manejado sem a devida atenção simplesmente entra em colapso. A necessidade de fazer ajustes, adaptações de equipamentos e manutenções em canos e mangueiras é constante. Em

geral, a expectativa do produtor é de que o biodigestor irá resolver todos os seus problemas ambientais e energéticos. Como isso não ocorre, coloca a culpa no técnico e abandona o biodigestor.”

Deve-se destacar que os biodigestores também apresentam uma dependência de disponibilidade de solo, se a opção for pela utilização do biofertilizante como adubo. Palhares *et al.* (2003), quando perguntaram à produtores que haviam participado do programa de implantação de biodigestores no início da década de 1980 se estes tinham demanda agrícola para o biofertilizante produzido, 92,3% dos produtores disseram que a sua área comportava 100% do biofertilizante produzido e 7,7% responderam que a área comportava 50% do que era produzido. Mas pelo cálculo da área agrícola que os produtores disseram dispor, do número de suínos e de bovinos que haviam nas propriedades, dos tipos de culturas vegetais cultivadas e com base numa concentração média de nutrientes em biofertilizantes de suínos e bovinos, observou-se que em algumas propriedades a disponibilidade de nutrientes estava além do demandado pelas culturas. O que era preocupante é que todo o biofertilizante estava sendo aplicado na terra, sendo um potencial poluidor do solo, das águas subterrâneas e superficiais e do ar.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e descrição da suinocultura

A suinocultura pertence à família de produtores rurais irmãos Casavechia e fica situada a 60 km do município de Lucas do Rio Verde, 330 km da capital na região Centro-norte do Estado de Mato Grosso.

A estrutura é dividida em dois grandes módulos. O primeiro chama-se UPL, unidade de produção de leitões onde ficam as matrizes (FIGURA 3A), leitões em amamentação (FIGURA 3B) e os que já consomem ração (FIGURA 3C), porém sem tamanho ainda para serem levados a unidade de terminação (UT). A UPL possui cerca de 4.400 matrizes e 13.200 leitões. Do nascimento até a transferência dos animais à UT são 70 dias. São 5 biodigestores e 5 lagoas nesse grande módulo. O outro módulo é a UT onde os suínos ficam por 120 dias até atingirem a idade de abate (FIGURA 3D). São 4 UT's, sendo que cada uma comporta 4.500 animais somando portanto 18.000 suínos. Cada UT tem uma lagoa de tratamento e um biodigestor, então são 4 lagoas e 4 biodigestores nesse grande módulo.



Figura 3: (A) - matrizes gestantes e matriz em trabalho de parto, (B) - maternidade da suinocultura, (C) - creche da suinocultura, (D) - suínos de uma baia na UT.

3.2 Coleta dos dados

Foram feitas visitas nos meses de maio, junho e setembro à suinocultura. Os dados das instalações da suinocultura foram fornecidos por um dos proprietários. Os dados do efluente e gás gerados foram repassados pelo mesmo proprietário através de contato com médico veterinário e engenheira ambiental da empresa responsável pela assistência técnica e compra dos animais.

As lagoas (FIGURA 4) foram dimensionadas de acordo com o número e produção de dejetos dos animais e para armazenar todo o efluente por 120 dias (quantidades já pré-estabelecidas no projeto de construção das instalações).



Figura 4: Lagoa para tratamento dos efluentes ao lado de um biodigestor.

Os biodigestores foram dimensionados para armazenar os excrementos por 30 dias. Todos os dados do gás produzido são coletados por técnicos da empresa responsável pela assistência, através da leitura semanal dos aparelhos (FIGURA 5B) conectados aos queimadores de gás (FIGURA 5A).



Figura 5: (A) - queimador utilizado para combustão do gás metano produzido no biodigestor. (B) - Aparelho que armazena os dados da quantidade de gás queimado.

3.3 Cálculo da demanda energética

Segundo Parchen (1981) para transformar biogás em eletricidade são necessários 0,62 m³/kWh. Para cálculo do potencial energético mensal são somados os valores de produção de biogás dos módulos da suinocultura dividindo-os pelo consumo de biogás necessário para produzir energia elétrica, da seguinte forma:

Pem = Potencial energético mensal.

PUT = Produção de biogás da unidade de terminação em m³.

PUPL = Produção de biogás da unidade de produção de leites em m³.

$$P_{em} = \frac{(PUT + PUPL)}{0,62}$$

Para cálculo do consumo mensal de energia basta dividir o gasto mensal médio com energia de toda a suinocultura pelo valor pago por kWh obtidos através da seguinte fórmula:

DES = Demanda energética suinocultura.

CE = Consumo de energia em kWh.

CKWh = Custo por quilowatt-hora.

$$DES = \frac{CE}{CKWh}$$

3.4 Cálculo do retorno do capital investido

A tabela 2 demonstra os custos totais de implantação dos motogeradores.

Tabela 2: Custos totais dos equipamentos para geração de energia.

Equipamentos	Custo (R\$)
Motogerador	85.000,00
TOTAL	255.000,00

A tabela 3 expõe os valores mensais e anuais que deixarão de serem gastos com energia proveniente da rede de abastecimento.

Tabela 3: Gastos com energia na UPL e UT.

Setores	Custo energia/mês (R\$)	Custo energia/ano (R\$)
UPL	10.000,00	120.000,00
UT	8.800,00	105.600,00
TOTAL	18.800,00	125.600,00

Para um cálculo simples do tempo de retorno do capital investido basta dividir os custos com a implantação do projeto pelo valor que deixará de ser gasto com energia. Assim temos:

TRC = Tempo de retorno do capital investido.

CP = Custo com o projeto.

GE = Gastos com energia

$$TRC = \frac{CP}{GE}$$

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Atual destinação para o biogás

Todo o gás produzido atualmente pela suinocultura é queimado e quem detém dos créditos de carbono gerado é a empresa fornecedora dos biodigestores. Ficou acordado entre produtores e empresa que os biodigestores seriam gratuitos e, para isso, a empresa ficaria com o lucro gerado pela queima do metano.

4.2 Quantidade de efluentes produzidos

O volume de dejetos produzidos diariamente na maternidade e gestação é de 45 litros (Tabela 4), abaixo dos 70-85 litros por animal descritos por Santos (2000).

Tabela 4: Quantidade de cabeças, volume de dejetos por animal ao dia, volume total ao dia, período de retenção, volume total de efluentes por ciclo e volume das lagoas da maternidade e gestação (MG), creche e Unidade de Terminação (UT).

Setor	Nº de cabeças	Volume de dejetos/animais/dia (litros)	Volume total/dia (m ³)	Período de retenção (dias)	Volume total/ciclo (m ³)	Volume /lagoa (m ³)
MG	4.400	45	198	120	23.780	7.920
Creche	13.200	5	66	120	7.920	3.960
UT	18.000	12	215,6	120	25.872	6.648

O sistema moderno de produção não utiliza mais a lavagem diária ou a passagem contínua de filetes d'água na porção mais baixa da baia. Na criação atual os animais ficam sobre grelhas (Figura 6A), sendo que os excrementos caem nos canais que estão sob o piso das instalações, e a água é utilizada (Figura 6B) somente a cada dois ou três dias para levar esses excrementos ao(s) biodigestor(es).



Figura 6: (A) - grelhas: responsáveis pela passagem dos excrementos das baias para os canais abaixo do piso, (B) - registros acionados a cada 2-3 dias para levar os excrementos ao biodigestor.

A tabela 4 também mostra que o mesmo ocorre para os animais em engorda (12 litros/animal/dia), sendo a quantidade de efluentes produzidos menor que os 60 litros por animal descritos por Santos (2000). Santos (2000) não descreve a produção de dejetos de leitões em creche, porém mesmo somados essas quantidades (5 litros/animal/dia) a qualquer outra categoria, os valores ainda se mostrarão menores.

4.3 Quantidade de gás produzido

Os valores de produção média de biogás (0,274 m³/animal/dia) da Tabela 5 obtidos em toda a unidade de produção de leitões se mostraram abaixo dos descritos por Santos (2000) que é de 0,866 a 0,933m³ por animal ao dia.

Tabela 5: Quantidade de biogás produzido por animal/dia/mês na UPL durante os meses de janeiro, fevereiro, março e abril de 2012.

Mês	m ³ /animal/dia	m ³ /animal/mês	Total (m ³)
Janeiro	0,405	12,140	54.631,800
Fevereiro	0,185	5,535	24.908,700
Março	0,192	5,757	25.905,000
Abril	0,314	9,430	42.434,500
MÉDIA	0,274	8,216	36.970,000

A Tabela 6 explana que o mesmo ocorre para os animais da unidade de terminação, sendo a produção (0,030m³/animal/dia) expressivamente menor que os 0,799m³ por animal ao dia descrito por Santos (2000).

Tabela 6: Quantidade de biogás produzido por animal/dia/mês na UT durante os meses de janeiro, fevereiro, março e abril de 2012.

Mês	m³/animal/dia	m³/animal/mês	Total (m³)
Janeiro	0,033	1,001	40.533,900
Fevereiro	0,026	0,782	31.658,500
Março	0,028	0,838	33.922,800
Abril	0,033	0,998	40.422,100
MÉDIA	0,030	0,905	36.634,325

Para ambos os setores os números menores de produção de biogás podem ser explicados pela melhora constante na nutrição animal, ou seja, melhor aproveitamento dos nutrientes pelos animais que reduz a carga orgânica dos dejetos e tem consequente redução na produção de biogás.

Para a unidade de terminação (Tabela 6) pode ser citado o sistema utilizado para movimentação dos efluentes dentro do biodigestor (tem função de aumentar a eficiência de digestão anaeróbica). O princípio consiste em uma motobomba movida a biogás e é acionado manualmente, o que deixa o sistema propenso a erro humano, além dos motores trazerem dificuldades no seu funcionamento e manutenção. O mesmo não ocorre para os biodigestores da unidade de produção de leitões, pois todos os motores são elétricos e acionados automaticamente.

4.4 Potencial de produção e demanda energética

Há uma produção mensal de biogás em toda a UPL na ordem de 36.970m³ e nas UT's de 36.634,325m³. O potencial de produção de energia da suinocultura é de 118.716,65 kWh/mês,

Os gastos com energia giram em torno de R\$ 10.000,00 na UPL e R\$ 2.200,00 para cada UT (4 unidades), somando assim R\$ 18.800,00 mensais de consumo somente em energia elétrica para toda a suinocultura. Considerando o valor pago por kWh de R\$ 0,2744 obtém-se o gasto mensal em kWh. Assim temos 61.513,12 kWh consumidos em um mês.

4.5 Retorno econômico do capital investido

O retorno do investimento é obtido após 2 anos, valor próximo ao de Esperancini *et al.* (2007) que ao avaliarem o uso do biogás gerado pelos dejetos de suínos na substituição de fontes de energia num assentamento rural, concluíram que a recuperação do investimento ocorreu em 2,5 anos

Já se comparados à bovinocultura há uma grande vantagem, pois Stokes *et al.* (2008) avaliaram a geração a partir da biodigestão de dejetos de bovinos no Estado da Pensilvânia, nos Estados Unidos, e concluíram que a viabilidade depende de subsídios.

Os resultados obtidos vão de acordo com os de Cervi *et al.* (2010) que concluiu em seu trabalho que são gerados excedentes de biogás e de energia elétrica, que não são aproveitados no sistema biointegrado. Assim, é necessário analisar as alternativas para a utilização deste excedente bem como sua viabilidade técnica e econômica. Este estudo demonstrou que o sistema de produção de biogás é potencialmente viável do ponto de vista econômico, mas depende diretamente do dimensionamento técnico da demanda de energia elétrica para as diversas atividades da propriedade frente à oferta de energia do grupo gerador.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O prazo de retorno do capital investido é bastante atraente, todo o custo com a implantação do sistema de geração de energia tem um retorno em apenas dois anos considerando a economia com energia elétrica. Se considerados ainda a redução com adubação química ou então o incremento de produtividade com a distribuição do biofertilizante nas culturas do entorno, com certeza o tempo de retorno será menor ainda.

O gás também poderia ser utilizado para mover as motobombas do sistema de distribuição dos efluentes o que daria uma destinação ao excedente produzido. Com a quantidade de gás produzido nos biodigestores poderiam ser gerados ganhos econômicos através da venda de energia à rede de abastecimento caso a propriedade fosse detentora dos créditos de carbono.

6. REFERÊNCIAS

Anuário Da Pecuária Brasileira - ANUALPEC 2005. São Paulo: FNP Consultoria & Comércio, 2005. 340 p.

AVELLAR, L. H. N.; COELHO, S. T.; ALVES, J. W. **Geração de eletricidade com biogás de esgoto:** uma realidade. Biotecnologia, Ciência e Desenvolvimento. Disponível em: <<http://www.biotecnologia.com.br/revista/bio29/geracao.pdf>> Acesso em: 16 out. 2012.

BADRA, R.J. **Treinamento Prático Especializado em Microbiologia da Digestão Anaeróbia.** S.l.: s.n., 1992.

BAPTISTA, M. Tempos Rosados. **Revista Produtor Rural.** Cuiabá. Ed 138. 53 p., 2004.

CAVALCANTI, S. S. **Produção de Suínos.** Instituto Campineiro de Ensino Agrícola. Campinas, SP, 1984, 453p.

CERVI, R. G.; ESPERANCINI, M.S.T.; BUENO, O. de C. Viabilidade econômica da utilização do biogás produzido em granja suínica para geração de energia elétrica. **Revista de Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v.30, n.5, p.831-844, set./out. 2010.

COLDEBELLA, A. **Viabilidade do Uso do Biogás da Bovinocultura e Suinocultura Para Geração de Energia Elétrica e Irrigação em Propriedades Rurais.** Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE. Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas. Programa de Pós-Graduação em Engenharia agrícola. Cascavel – PR. 2006.

ESPERANCINI, M.S.T.; COLEN, F.; BUENO, O. de C.; PIMENTEL, A.E.B.; SIMON, E.J. Viabilidade técnica e econômica da substituição de fontes convencionais de energia por biogás em assentamento rural do Estado de São Paulo. **Revista de Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, n.1, p.110-118, 2007.

FACCENDA, O.; SOUZA, L. G. **A cogeração como alternativa no equacionamento da demanda de energia elétrica.** Energia na Agricultura, Botucatu - SP, v.12, n.3, p.33-45, 2001.

FARIA, C. **Cogeração.** Info Escola, Navegando e Aprendendo. Disponível em: <<http://www.infoescola.com/energia/cogerao/>> Acesso em: 2 nov. 2012.

GADANHA, C. D.; MOLIN, J. P.; COELHO, J. L. D.; YAHN, C. H.; TOMIMORI, S. A. W. **Máquinas e implementos do Brasil.** São Paulo-SP. Instituto de pesquisas tecnológicas do estado de São Paulo, 1991, 468p.

GASPAR, R. M. 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. 118f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2003.

GIROTTI, A.F. **Cadeia Produtiva da Suinocultura: Perspectivas e Tendências.** In: ZOOTEC 2004, 2004 – Brasília. CD Rom.

KOLLING, E. M., **Análise de um sistema fotovoltaico de bombeamento de água.** Cascavel, 2001. 45 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

KONZEN, E.A. **Manejo e utilização dos dejetos suínos.** Concórdia: EMBRAPA-CNPASA, 1983. 32p.

LORENZO, E. **Electricidad solar.** Ingenieria de los sistemas fotovoltaicos. Sevilla, Espanha: Progensa, 1994. 184p.

Manual de Treinamento em Biodigestão. Disponível em: <<http://wp2.oktiva.com.br/ider/files/2010/01/16.Manual-de-Treinamento-emBiodigestao.pdf>> Acesso em: 1 nov. 2012.

MINISTÉRIO DAS MINAS DE ENERGIA – MME. **Programa de Incentivo as Fontes Alternativas de Energia - PROINFA,** 2005. Disponível em <http://www.mme.gov.br/programas_display.do?chn=904> Acesso em: 10 out. 2012

MME – MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA . **Matriz Energética Nacional 2030.** Brasília, 2007.

MOTTA, F.S. **Produza sua Energia:** biodigestores anaeróbios. Editora S.A.: Recife, 1986. 144p.

NOLASCO, M.A.; BAGGIO, R.B.; GRIEBELER, J. Implicações ambientais e qualidade da água da produção animal intensiva. **Revista Acadêmica,** Curitiba, v.3, n.2, p.19-26, 2005.

NUNES, M. L. A. **Avaliação de procedimentos operacionais na compostagem de dejetos de suínos.** 2003. 117 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina.

OLIVEIRA, P.A.V. de. (Coord.). **Manual de manejo e utilização dos dejetos de suínos.** Concórdia: EMBRAPACNPASA, 1993. 188p.

PALHARES, J. C. P., MASSOTI, Z.; SOUZA, L. D. **Biodigestor modelo indiano: Análise da transferência da tecnologia com base no perfil ambiental, produtivo e social.** Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, Concórdia, n. 3, p. 1-24, 2003.

PARCHEN, C. A. P. **Algumas informações sobre manejo de esterco de bovinos e suínos.** EMATER, 1981. 14 fl.

PIMENTEL, V. S. B.; BELCHIOR, C. P. R **Análise de diesel em geradores operando com óleo de dendê.** In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 4, 2002, São Paulo: NIPE/UNICAMP, Campinas – SP, 2002

SANTOS, P. **Guia técnico de biogás.** Portugal. Centro para a Conservação de Energia, 2000.

SCHULTZ, G. **Boas Práticas Ambientais na Suinocultura.** Porto Alegre: SEBRAE/RS, 2007. 44p.

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

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

STOKES, J.R.; RAJAGOPALAN, R.M.; STEFANOU, S.P. **Investment in a methane digester: An application of capital budgeting and real options.** Review of agricultural economics, Amsterdam,v.30, n.4, p.664-676, 2008.

APÊNDICE A - (A) - matrizes gestantes e matriz em trabalho de parto, (B) - maternidade da suinocultura, (C) - creche da suinocultura, (D) - suínos de uma baia na UT.



APÊNDICE B – Lagoa para tratamento dos efluentes ao lado de um biodigestor.



APÊNDICE C – (A) - queimador utilizado para combustão do gás metano produzido no biodigestor. (B) - Aparelho que armazena os dados da quantidade de gás queimado



APÊNDICE D - Custos totais dos equipamentos para geração de energia

Equipamentos	Custo (R\$)
Motogerador	85.000,00
TOTAL	255.000,00

APÊNDICE E – Gastos com energia na UPL e UT

Setores	Custo energia/mês (R\$)	Custo energia/ano (R\$)
UPL	10.000,00	120.000,00
UT	8.800,00	105.600,00
TOTAL	18.800,00	125.600,00

APÊNDICE F - Quantidade de cabeças, volume de dejetos por animal ao dia, volume total ao dia, período de retenção, volume total de efluentes por ciclo e volume das lagoas da maternidade e gestação (MG), creche e Unidade de Terminação (UT).

Setor	Nº de cabeças	Volume de dejetos/animais/dia (litros)	Volume total/dia (m³)	Período de retenção (dias)	Volume total/ciclo (m³)	Volume /lagoa (m³)
MG	4.400	45	198	120	23.780	7.920
Creche	13.200	5	66	120	7.920	3.960
UT	18.000	12	215,6	120	25.872	6.648

APÊNDICE G - (A) - grelhas: responsáveis pela passagem dos excrementos das baias para os canais abaixo do piso, (B) - registros acionados a cada 2-3 dias para levar os excrementos ao biodigestor.

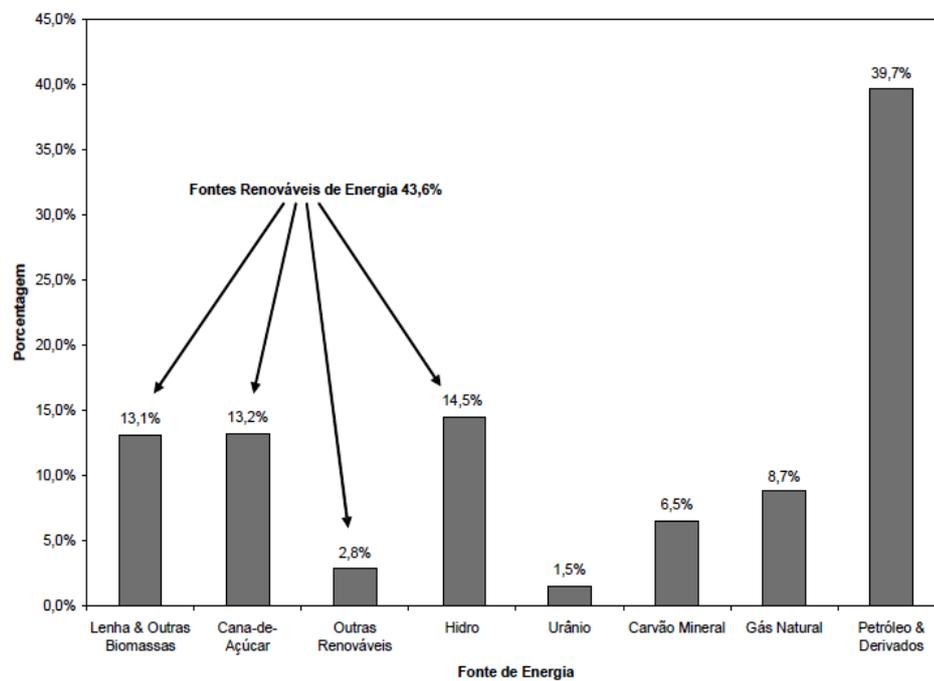


APÊNDICE H Quantidade de biogás produzido por animal/dia/mês na UPL durante os meses de janeiro, fevereiro, março e abril de 2012.

Mês	m³/animal/dia	m³/animal/mês	Total (m³)
Janeiro	0,405	12,140	54.631,800
Fevereiro	0,185	5,535	24.908,700
Março	0,192	5,757	25.905,000
Abril	0,314	9,430	42.434,500
MÉDIA	0,274	8,216	36.970,000

APÊNDICE I - Quantidade de biogás produzido por animal/dia/mês na UT durante os meses de janeiro, fevereiro, março e abril de 2012.

Mês	m³/animal/dia	m³/animal/mês	Total (m³)
Janeiro	0,033	1,001	40.533,900
Fevereiro	0,026	0,782	31.658,500
Março	0,028	0,838	33.922,800
Abril	0,033	0,998	40.422,100
MÉDIA	0,030	0,905	36.634,325

ANEXO A - Fontes renováveis de energia no Brasil

ANEXO B - Composição do biogás.

GÁS	SÍMBOLO	CONCENTRAÇÃO NO BIOGÁS (%)
Metano	CH ₄	50-80
Dióxido de Carbono	CO ₂	20-40
Hidrogênio	H ₂	1-3
Nitrogênio	N ₂	0,5-3
Gás sulfídrico e outros	H ₂ S, CO ₂ , NH ₃	1-5

ANEXO C – Principais opções para utilização/conversão do biogás.