

MARIA ISABEL ALENCAR DIAS

**ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DE
BIODIGESTOR MODELO INDIANO EM GRANJA DE SUÍNOS DE
PEQUENO PORTE**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Ciências Agrárias do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial a obtenção do grau de Mestre em Ciências Agrárias.

Orientador: Prof. Luiz Arnaldo Fernandes

Montes Claros

2012

Dias, Maria Isabel Alencar.

D541v
2012 Estudo da viabilidade econômica da implantação de biodigestor modelo indiano em granja de suínos de pequeno porte / Maria Isabel Alencar Dias. Montes Claros, MG: ICA/UFMG, 2012.

74 f. il.

Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias, área de concentração em Agroecologia) Universidade Federal de Minas Gerais, 2012.

Orientador: Prof. Luiz Arnaldo Fernandes.

Banca examinadora: Osmar de Carvalho Bueno, Anna Christina de Almeida, Fernando Colen, Luiz Arnaldo Fernandes.

Inclui bibliografia: f. 66-74.

1. Biodigestor – Modelo indiano. 2. Viabilidade econômica – Granja suínos. I. Fernandes, Luiz Arnaldo. II. Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Agrárias. III. Título.

CDU: 620.97

MARIA ISABEL ALENCAR DIAS

**ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DE
BIODIGESTOR MODELO INDIANO EM GRANJA DE SUÍNOS DE
PEQUENO PORTE**

Aprovada em 20 de abril de 2012

Prof. Osmar de Carvalho Bueno
(UNESP)

Prof.^a Anna Christina de Almeida
(ICA/UFMG)

Prof. Fernando Colen
Co-orientador (ICA/UFMG)

Prof. Luiz Arnaldo Fernandes
Orientador (ICA/UFMG)

Montes Claros
2012

DEDICO

A meus pais,
À Dona Antônia, pelos seus 90 anos de vida. Obrigada por tudo!

E, em especial, ao meu eterno anjo protetor, "Seu Adão", um exemplo a ser dado e um exemplo a seguir!

A meu grande amor, Paulo, fonte de inspiração e exemplo. Obrigada pelo incentivo, paciência e compreensão.

À minha família, tão maravilhosa quanto seu tamanho. Amo vocês!

A meus amigos. Sem vocês, a vida não teria a mesma graça.

AGRADECIMENTOS

A Deus, ser supremo, fonte de toda luz.

Ao Prof. Luiz Arnaldo Fernandes, o apoio e a orientação.

Ao Prof. Rogério Marcos de Souza, o incentivo e os ensinamentos.

Ao Prof. Fernando Colen, a sabedoria, a disponibilidade, a paciência, a compreensão e a colaboração na elaboração desta pesquisa. Muito obrigada!

Ao Instituto de Ciências Agrárias da UFMG, *Campus Montes Claros*.

Aos colegas de serviço, em especial à Maria Alaíde Vieira de Aquino.

Ao Sr. Antônio Martins, a colaboração na execução dos trabalhos no Setor de Suinocultura do ICA/UFMG.

E a todas as pessoas que contribuíram para a realização desta pesquisa.

Muito obrigada!

LISTA DE TABELAS

CAPITULO 1 – REFERENCIAL TEÓRICO

TABELA 1 – Equivalência energética para 1 m ³ de biogás	21
--	----

CAPÍTULO 2 – VIABILIDADE ECONÔMICA DO USO DO BIOGÁS PROVENIENTE DA SUINOCULTURA, EM SUBSTITUIÇÃO A FONTES EXTERNAS DE ENERGIA

TABELA 1 – Características do biodigestor modelo indiano, construído na FEHAN / UFMG	33
TABELA 2 – Custos do biodigestor modelo indiano – FEHAN/UFMG	34
TABELA 3 – Valor de aquisição dos equipamentos para uso do biogás .	35
TABELA 4 – Consumo de biogás por equipamento	39
TABELA 5 – Custos de depreciação do biodigestor / equipamentos	41
TABELA 6 – Juros sobre o capital inicial investido	42
TABELA 7 – Custos totais para a implantação e a operação do sistema	43
TABELA 8 – Receita decorrente da utilização do biogás	45
TABELA 9 – Valores monetários dos benefícios, custos e indicadores econômico resultantes da implantação do biodigestor modelo indiano ...	46

CAPÍTULO 3 – VIABILIDADE ECONÔMICA DO BIOFERTILIZANTE PRODUZIDO A PARTIR DE DEJETOS DE SUÍNOS EM GRANJA DE PEQUENO PORTE

TABELA 1 – Composição analítica do biofertilizante	58
TABELA 2 – Quantidade de nutrientes produzida anualmente pelo biofertilizante	60
TABELA 3 – Quantidade de nutrientes equivalente em adubo comercial, preço unitário e valor total com a utilização de biofertilizante	61
TABELA 4 – Valores monetários dos benefícios, custos e indicadores econômicos resultantes da implantação do biodigestor modelo indiano ..	62

SUMÁRIO

CAPITULO 1 – REFERENCIAL TEÓRICO	8
1 INTRODUÇÃO	8
2 OBJETIVOS	9
2.1 Objetivo geral	9
2.2 Objetivos específicos	9
3 REVISÃO DE LITERATURA	9
3.1 Panorama energético no Brasil e no mundo	9
3.2 Suinocultura	13
3.3 Biodigestor.....	17
3.3.1 Biogás.....	20
3.3.2 Biofertilizante.....	22
3.4 Métodos de avaliação de investimentos.....	23
CAPÍTULO 2 – VIABILIDADE ECONÔMICA DO USO DO BIOGÁS PROVENIENTE DA SUINOCULTURA, EM SUBSTITUIÇÃO A FONTES EXTERNAS DE ENERGIA	28
RESUMO	28
ABSTRACT	29
1 INTRODUÇÃO	30
2 MATERIAL E MÉTODOS	31
2.1 Produção do biogás.....	31
2.2 Análise dos dados.....	36
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
4 CONCLUSÃO	47
CAPÍTULO 3 – VIABILIDADE ECONÔMICA DO BIOFERTILIZANTE PRODUZIDO A PARTIR DE DEJETOS DE SUÍNOS, EM GRANJA DE PEQUENO PORTE	48
RESUMO	48
ABSTRACT	49
1 INTRODUÇÃO	50

2 MATERIAL E MÉTODOS	52
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	58
4 CONCLUSÃO	64
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	65
REFERÊNCIAS.....	66

CAPÍTULO 1 – REFERENCIAL TEÓRICO

1 INTRODUÇÃO

Um dos grandes desafios da humanidade é o chamado desenvolvimento sustentável, que busca atender às necessidades do presente, sem comprometer, seriamente, as perspectivas de vida no futuro. Para que isso possa ocorrer, é importante que a exploração de recursos naturais e a implantação de tecnologias aconteçam de forma harmônica entre as esferas sociais, ambientais e econômicas.

Nesse contexto, as atividades agropecuárias, de forma especial a suinocultura, se destacam por serem fonte de renda e alimento para uma grande parcela da população mundial. Porém a mesma tem sido responsável pela disposição de grande quantidade de resíduos orgânicos e inorgânicos na natureza, provocando, com isso, contaminação do solo, da água e do ar, gerando grandes preocupações do ponto de vista ambiental.

No entanto, quando tratados e manejados de forma correta, esses resíduos deixam de causar impactos ambientais e passam a configurar como matéria-prima para a produção de biofertilizante e biogás, que é considerado uma importante fonte de energia alternativa.

Assim, a presente pesquisa teve como objetivo realizar uma análise da viabilidade econômica da implantação de um biodigestor modelo indiano em uma granja de suínos de pequeno porte.

O trabalho foi estruturado em três capítulos: o capítulo 1 consiste de uma revisão sobre o assunto abordado e seus objetivos. O capítulo 2 aborda a produção e uso do biogás, com seus respectivos benefícios e o capítulo 3 trata da produção, do uso e dos benefícios do biofertilizante. Ao final do terceiro capítulo, são apresentadas as considerações finais, seguidas das referências utilizadas para o desenvolvimento do trabalho.

2 OBJETIVO

2.1 Objetivo geral

Analisar a viabilidade econômica e financeira da instalação de biodigestor modelo indiano em granja de suínos de pequeno porte.

2.2 Objetivos específicos

- Mensurar os custos e os investimentos do projeto.
- Avaliar o potencial de geração de biogás e a sua aplicabilidade frente ao consumo de energia elétrica e GLP.
- Avaliar o potencial de produção de biofertilizante e a sua aplicabilidade frente ao consumo de fertilizante químico.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Panorama energético no Brasil e no mundo

Petróleo, gás natural e carvão, exemplos de combustíveis fósseis, são considerados os principais insumos energéticos utilizados pelo setor industrial no mundo. De acordo com BRASIL (2007a), esses insumos têm apresentado altas taxas de consumo, em virtude, especialmente, do desempenho das economias emergentes, lideradas pela China e pela Índia. Dessa forma, o crescimento acelerado da demanda, coligado à instabilidade política das regiões produtoras de petróleo e gás natural e às pressões pela diminuição das emissões de gases de efeito estufa (GEE), são motivo de preocupação, quanto à oferta, à qualidade e ao preço da energia no mundo.

De acordo com Vichi e Mansor (2009), o aquecimento global é uma prova irrefutável de que o uso abusivo de combustíveis fósseis tem sido causa evidente de extensos danos ambientais. Prova disso é que a finitude dos recursos fósseis não renováveis, aliada a esses danos ambientais, tem

feito com que a humanidade se empenhe em uma busca cada vez mais acirrada por fontes de energias limpas e renováveis.

Nesse sentido, Andrade e Mattei (2011), consideram que o debate em torno da sustentabilidade dos recursos energéticos abrange três aspectos básicos: alteração do paradigma em relação aos padrões de consumo atual; procura por processos produtivos que contemplem uma maior eficiência energética, e o desenvolvimento e inclusão de tecnologias energéticas limpas.

Comparado ao panorama mundial, o Brasil apresenta larga vantagem, por ter grande parte de sua matriz energética baseada em fontes renováveis. No entanto o crescimento econômico e a descoberta de grandes reservas de petróleo e gás natural têm contribuído para que haja um aumento da participação das fontes não renováveis na matriz energética do Brasil. Porém os efeitos desse aumento deverão ser compensados pelo incremento no uso de fontes renováveis: biocombustíveis, pequenas centrais hidrelétricas (Pechas) e energias solar e eólica, além do investimento em pesquisa e desenvolvimento de fontes renováveis ainda não consolidadas (VICHI; MANSOR, 2009).

No entanto, de acordo com Brasil (2011a), mesmo que se tenha registrado um crescimento de todas as fontes de energia no período de 2009 – 2010, com destaque para o gás natural (139,4%), a proporção de energia renovável na matriz energética brasileira manteve-se alta em 2010, atingindo um percentual de 45,4%. Dessa forma, vale ressaltar que a geração por meio de fontes renováveis apresentou um aumento de 5,0%, sendo que a energia eólica cresceu 50,5%, seguida pela biomassa, 18,1%.

Situado, em sua maior parte, nas faixas tropical e subtropical, o Brasil recebe durante quase todo o ano, uma intensa radiação solar, que é a grande responsável pela produção de bioenergia. Contribuindo com essa característica, apresenta ainda, ampla diversidade de clima e biodiversidade e o equivalente a um quarto da água doce existente na terra. Essas particularidades propiciaram ao Brasil, assumir a liderança mundial, quanto à implantação de uma tecnologia avançada nos campos da agricultura e da agroindústria (BRASIL, 2007b).

Em conformidade com Braga (2006), o Brasil, em busca de novos tempos, tem se posicionado de forma a investir na descoberta e no aproveitamento de fontes energéticas renováveis. Como ilustração, cita-se o aprimoramento de tecnologias para produção e uso do álcool da cana-de-açúcar como combustível veicular, que, além de ser viável em termos de economia, é ambientalmente aceito. Para o autor, o aproveitamento de resíduos agrícolas e florestais e a produção de biodiesel, por meio da extração de óleos vegetais, são ações que proporcionam ao Brasil alcançar posição de destaque em relação ao agronegócio e à agroenergia.

Dados de Brasil (2011a) evidenciam a evolução dos percentuais de participação de fontes renováveis na oferta interna de energia nos últimos anos. De acordo com os valores representados no GRAF. 1, o percentual de participação das energias renováveis se manteve estável na faixa dos 45%, nas três últimas décadas, enquanto que o percentual de participação das energias renováveis na matriz energética mundial obteve valores entre 10 e 13%, no período correspondente.

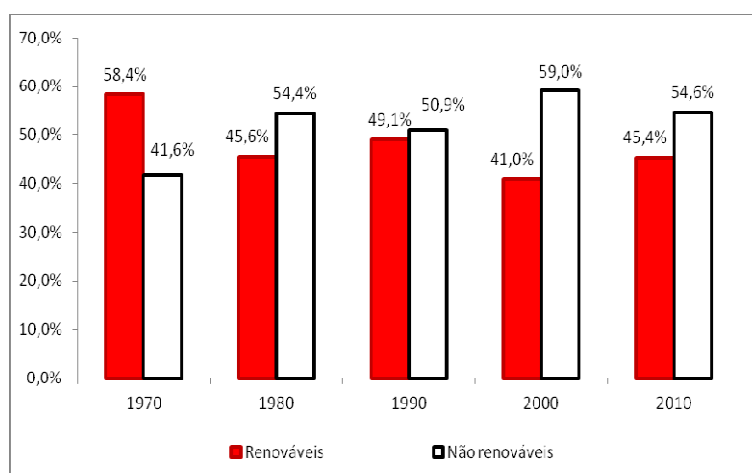


GRÁFICO 1 – Participação de fontes renováveis na oferta interna de energia
Fonte: Adaptado de BRASIL, 2011a.

Ao analisar o GRAF. 1, observa-se uma predominância da participação das fontes de energia não renováveis, frente às fontes renováveis. Esse fato se deve a descobertas recentes de reservas de petróleo e gás natural e à sua eficiência energética. No entanto é possível observar que a participação de fontes renováveis é estável, apresentando ligeiros crescimentos, mostrando a importância da participação de fontes renováveis na matriz energética brasileira.

Goldemberg (2007) sustenta que são necessárias mudanças nos atuais padrões de produção e consumo de energia e que é preciso estimular o uso de energias renováveis. Esse autor assegura que o Brasil, devido às suas características climáticas e topográficas, apresenta condições favoráveis a essas alterações, em comparação ao resto do mundo. Vale ressaltar que as áreas de energia, meio ambiente e economia estão em constante mudança, sendo que, a cada dia, surgem novas ideias, propostas e soluções (VICHI; MANSOR, 2009).

Diante do exposto, observa-se que as energias renováveis representam uma importante alternativa em se tratando da redução das emissões de gases de efeito estufa e dos impactos ambientais relacionados. Essas fontes de energia devem ser aproveitadas de forma sustentável, econômica e ambientalmente, garantindo, assim, o seu emprego de maneira segura e contínua, além de consistirem em uma opção para substituição aos combustíveis fósseis (GUARDABASSI, 2006).

A International Energy Agency (IEA), no documento "World Energy Outlook 2009" chama a atenção para o panorama global, fortemente influenciado pelos problemas ambientais e de segurança energética e faz uma advertência, quanto às implicações das emissões atmosféricas e do consumo de energia no mundo. Segundo a IEA, as tendências de suprimento e consumo de energia são visivelmente insustentáveis, ambiental, econômica e socialmente, enfatizando que o grande desafio mundial é a garantia de uma oferta de energia economicamente suportável e uma rápida mudança para um sistema de baixo carbono, que seja eficiente e ambientalmente correto (LEAL *et al.*, 2010).

Assim, Tolmasquim *et al.* (2007) destacam que a disponibilidade de energia, em quantidade, em qualidade e preços competitivos, é uma das mais importantes condições para o desenvolvimento econômico das nações. De acordo com os autores, a preocupação recente com os impactos ambientais da produção e do uso da energia, em especial as emissões de gases de efeito estufa sobre o clima do planeta, tem alertado a necessidade de regulação e definição de políticas destinadas a assegurar a sustentabilidade do desenvolvimento econômico, a minimização de seus custos e sua sustentabilidade ambiental.

3.2 Suinocultura

A suinocultura brasileira cresceu significativamente nos últimos quatorze anos, ocupando lugar de destaque na matriz produtiva brasileira, de forma especial na agricultura familiar. Esse crescimento é evidenciado por indicadores econômicos e sociais, como volume de exportações, participação no mercado mundial, número de empregos diretos e indiretos, entre outros, demonstrando a importância da suinocultura, que se sobressai como uma atividade econômica e competitiva (GONÇALVES; PALMEIRA, 2006).

Dados de BRASIL (2009) apontam que o fornecimento de 59% da proteína animal presente na alimentação da população brasileira é oriundo da suinocultura praticada pela agricultura familiar. Com área média de 18,37 ha, o número de estabelecimentos familiares no Brasil representam 84,3% e ocupam 24,3% da área agrária total, sendo Minas Gerais o estado que possui o segundo maior número de estabelecimentos familiares no Brasil.

Segundo estimativas, em torno de 730 mil pessoas são diretamente dependentes da suinocultura no Brasil, sendo essa atividade fonte geradora de renda para mais de 2,7 milhões de pessoas. No entanto, para ser possível ocupar esse espaço dentro da matriz produtiva brasileira, a suinocultura submeteu-se a transformações, quanto à gestão e à implantação de tecnologias relacionadas ao manejo e à criação, o que deu origem a altos índices de produtividade e rentabilidade (FONSECA *et al.*, 2009).

Comparado à média mundial, o desempenho da suinocultura brasileira nos últimos 35 anos é significativo. Essa trajetória de sucesso se deve a mudanças organizacionais e ao contínuo incremento tecnológico em genética, em sanidade, em nutrição, em instalações, em manejo e em bem-estar animal, o que tem resultado em ampliação da eficiência técnica, da produtividade e da qualidade dos animais (MIELLE *et al.*, 2011).

A cadeia produtiva de carne suína no Brasil apresenta um dos melhores desempenhos econômicos do cenário internacional, alavancado pelo aumento expressivo nas exportações e comprovado pela estabilidade dos volumes produzidos e forte recuperação da lucratividade. Atualmente, o Brasil é o quarto produtor mundial de carne suína, sendo superado pela China, União Europeia e Estados Unidos, nessa ordem. Ocupa, ainda, a quarta posição no ranking dos exportadores, ficando atrás dos Estados Unidos, União Europeia e Canadá e a quinta posição em consumo por habitante, que tem a China, União Europeia, Estados Unidos e Rússia como maiores consumidores de carne suína, no mundo (ABIPECS, 2011).

De acordo com dados de Brasil (2011c), a exportação brasileira de carne suína em 2011 foi superior ao desempenho obtido no ano de 2010, em faturamento, porém variou de forma negativa em volume. Esse fato se deu devido ao aumento das exportações a outros países, de forma especial à China, que compensou os efeitos do embargo russo à carne suína brasileira. Confirmando esses resultados, o Brasil abateu 34.862 milhões de suínos, em 2011, valor 7,2% superior ao ano de 2010, sendo a região sul do país responsável por 65,9% do abate nacional.

O Brasil apresenta algumas vantagens que lhe permitem ocupar posição de destaque no mercado internacional: a capacidade de produção de grãos, como milho e soja, essenciais na criação de suínos, possível mediante a grande disponibilidade de terra agricultável e a expansão das fronteiras agrícolas do país (TALAMINI; FERREIRA, 2006).

Dados de BRASIL (2011b) evidenciam uma produção de 74,8 milhões de toneladas de soja em 2011, o que significa um crescimento de 9,2% em comparação à safra de 2010, destacando-se um acréscimo de 3,4% na área cultivada e condições climáticas favoráveis nos principais polos

produtores. Já a produção de milho em grão totalizou 56,1 milhões de toneladas em 2011, com uma pequena variação de 0,1% maior que a safra 2010. Ao contrário da soja, na cultura do milho, houve uma redução de 0,5% da área plantada, além da ocorrência de condições climáticas desfavoráveis à produção no referido ano.

Talamini e Ferreira (2006) consideram a grande extensão territorial do Brasil um fator positivo, que possibilita o crescimento do rebanho suíno, sem que ocorra um comprometimento significativo do meio ambiente com a contaminação dos solos e das águas, em razão do grande volume de dejetos originados dessa produção animal. Esse comprometimento do meio ambiente tem sido citado como motivo pelos quais países europeus produtores de suínos estão sendo forçados a não ampliar os seus plantéis ou até mesmo reduzi-los, a exemplo da Áustria, da Grécia, da Holanda, da Alemanha, da Suécia, dentre outros.

De acordo com Kunz *et al.* (2009), a variação na forma produtiva de subsistência para um modelo industrial reduziu os custos de produção, porém deu origem a um maior potencial poluente, evidenciando maiores impactos ambientais. As externalidades negativas, decorrentes da grande quantidade de dejetos, em função da alta concentração de grandes rebanhos suínos colocam em risco a sustentabilidade da atividade em longo prazo. Ao exceder a capacidade de absorção dos ecossistemas locais, os dejetos passam a ser causa potencial de poluição e problemas de saúde relacionados à matéria orgânica, a nutrientes, a patógenos, a odores e a micro-organismos dispostos na natureza (CRUZ *et al.*, 2007; PERREIRA *et al.*, 2008).

No entanto, apesar do regime de confinamento na suinocultura apresentar características positivas sob o aspecto econômico e operacional, é importante haver uma atenção especial para que seus efeitos não se transformem em prejuízos. Temas como biossegurança, conforto animal e meio ambiente representam enfoque de estudos e discussões na atualidade. No entanto esses temas exigem conhecimento específico e demandam investimentos não produtivos, o que os torna de difícil assimilação e adoção, por parte dos produtores, podendo configurar-se como fatores complicadores para a suinocultura (BLEY JÚNIOR, 2001).

Apresentando em sua composição fezes, urina, resíduo de rações, água, desperdiçada da limpeza e dos bebedouros, pelos, poeiras e outros materiais minerais derivados do sistema de criação, os dejetos produzidos variam quanto à quantidade e à qualidade, em virtude da categoria dos animais e das técnicas de criação adotadas pelo produtor e também em relação a condições climáticas, ao tipo de dieta, à raça, à idade, ao tipo de instalação, à quantidade de água utilizada, ao grau de confinamento e às estações do ano (ALVES, 2007).

Diesel *et al.* (2002) sustentam que manejar adequadamente os dejetos é uma exigência de todo sistema produtivo de criação animal e, portanto, é importante que faça parte do planejamento e da construção das instalações. O potencial de poluição, a operacionalidade do sistema, a necessidade de mão de obra, a área disponível, a legislação, os custos e a confiabilidade são itens relevantes, quanto à escolha da técnica de manejo dos dejetos.

Em regiões onde a prática da suinocultura se faz de maneira intensiva, ocorre a saturação do solo, que não apresenta capacidade de suportar a grande quantidade de resíduos produzida. Diante disso, empresas e criadores, juntamente com as agências reguladoras, estão buscando alternativas para o gerenciamento dos resíduos que sejam, ao mesmo tempo, economicamente viáveis e ambientalmente amigáveis. Atualmente, tem-se investido em pesquisas, com a finalidade de apresentar tecnologias alternativas de tratamento de esturmo aos produtores de suínos, que possam aperfeiçoar os processos aumentando a produção e reduzindo os impactos ambientais (KUNZ *et al.*, 2009; GEBREZGABHER *et al.*, 2010).

De acordo com Westerman (2005), a utilização dos resíduos depende de vários fatores, tais como: teor de metais pesados e de nutrientes, valor energético, odor, disponibilidade, custos de transporte, benefícios para a agricultura, dentre outros. Dessa forma, Souza *et al.* (2004) admitem a necessidade de adoção de técnicas voltadas para a conservação ambiental, sendo essencial uma alteração rigorosa na alimentação dos animais e no manejo dos dejetos, de forma a resultar em resíduos com características mais homogêneas e, conseqüentemente, mais fáceis de manipular.

Atualmente, o potencial de impacto dos dejetos sobre o meio ambiente representa um dos maiores desafios da agricultura mundial. A quantidade de estrume produzido, muitas vezes, supera a demanda local para uso como fertilizante do solo. Quando administrado adequadamente, o dejetos pode ser usado como uma fonte de nutrientes para as culturas e para melhorar as propriedades do solo, por meio da adição de matéria orgânica. Por outro lado, usado inadequadamente, pode representar uma ameaça à água, ao solo, à qualidade do ar e à saúde humana e animal (VANOTTI *et al.*, 2009).

De acordo com Diesel *et al.* (2002), planejar e utilizar corretamente os dejetos suínos em um sistema de criação, de forma a obter resolução de problemas específicos, tais como: odores, agentes patogênicos, poluição da água, emissões de gases de efeito estufa e contaminação dos solos por metais pesados e fósforo (VANOTTI *et al.*, 2009), pode originar a implantação de sistemas integrados de produção que vão agregar valor às alternativas produtivas, diversificando as fontes de renda e gerando maior estabilidade econômica e social.

Pesquisas relatam um grande número de técnicas atualmente aplicadas ao tratamento de dejetos animais em todo o mundo. No entanto vários autores recomendam a prática da biodigestão anaeróbia de dejetos, por meio de biodigestores. Essa técnica, além de reduzir problemas ambientais relacionados aos resíduos animais, agrega valor aos resíduos, que passam a ser considerados como matéria-prima na produção de energia e biofertilizante (ANGONESE *et al.*, 2006; COLEN, 2003; ESPERANCINI *et al.*, 2007; HOLM-NIELSEN *et al.*, 2009; KUNZ *et al.*, 2009; PALHARES, 2008).

3.3 Biodigestor

O biodigestor é concebido como uma instalação, protegida do contato com o ar atmosférico, onde ocorre uma reação entre material orgânico e bactérias anaeróbias, na ausência de oxigênio, tendo como resultado a produção de biogás e biofertilizante. Nesse processo podem ser utilizados

esterco bovino, suíno, de aves, dentre outros resíduos orgânicos de origem humana e vegetal (COLEN, 2003).

Esperancini *et al.* (2007) destacam as diversas vantagens da utilização da tecnologia de biodigestão anaeróbia de dejetos animais; dentre elas, a produção de biogás e biofertilizante, produtos de elevado valor agregado, redução de poluição dos recursos hídricos, facilidade de implantação e operação e proteção das matas, por meio da redução do consumo de lenha.

Em conformidade com Kunz *et al.* (2005), a utilização da tecnologia de digestão anaeróbia como sistema de tratamento de dejetos de suínos é, conhecida e empregada há bastante tempo. Com o objetivo de reduzir os custos do equipamento e melhorar a eficiência desse sistema, vários modelos de biodigestores vêm sendo desenvolvidos e adaptados, de acordo com a sua destinação e com o tipo de dejetos a ser utilizado.

A digestão anaeróbia, processo biológico de decomposição de material orgânico por meio da ação de bactérias anaeróbias que atuam na ausência de oxigênio, utilizada nos biodigestores, é considerada uma das mais eficientes técnicas de aproveitamento de resíduos na área da biotecnologia. Essa importância se dá pelo fato de que, por meio da digestão anaeróbia, é possível realizar, com eficiência, a degradação dos resíduos orgânicos produzidos em larga escala nas atuais atividades rurais e industriais (CERVI *et al.*, 2010).

Kunz *et al.* (2004) afirmam ter crescido o interesse pelo biogás entre os suinocultores nas décadas de 1970 e 1980 com o Programa de Mobilização Energética. Esse programa do governo federal foi instituído com a finalidade de incentivar a implantação de biodigestores, focados, de forma especial, na geração de energia para substituição e conservação dos derivados do petróleo, na produção de biofertilizante e na redução dos impactos ambientais. O objetivo maior desse programa era reduzir a dependência das pequenas propriedades rurais, quanto ao uso de energia e à aquisição de adubos químicos.

Porém alguns fatores são considerados por Kunz *et al.* (2004), como responsáveis pela não continuidade desse programa, tais como: carência de

conhecimento tecnológico sobre construção e operação de biodigestores; alto custo de implantação e manutenção; inexistência de equipamentos adaptados para o uso do biogás; ineficiência dos equipamentos adaptados para conversão do biogás em energia e, ainda, o fato do biodigestor não ser considerado um sistema completo de tratamento de dejetos, deixando a desejar, quanto à questão ambiental.

A disponibilidade de novos materiais e de técnicas para a construção de biodigestores, aliada ao aumento da escala de produção e, conseqüentemente, à maior dependência da matriz energética, associados ao relevante aumento dos custos da energia tradicional fizeram com que, passados aproximadamente 30 anos, a implantação de biodigestores ressurgisse com uma alternativa para os produtores (KUNZ *et al.*, 2004).

O biodigestor é um aparelho com a finalidade de conter a biomassa e o biogás. No biodigestor, são criadas condições para que bactérias metanogênicas atuem sobre a biomassa e produzam o biogás. Todos os modelos são constituídos, impreterivelmente, de duas partes: o tanque digestor, que é necessário para conter os materiais orgânicos que vão ser digeridos, e o gasômetro ou campânula, destinado ao armazenamento do biogás (SGANZERLA, 1983).

Ainda segundo Sganzerla (1983), há dois sistemas básicos de abastecimento dos biodigestores. O contínuo, destinado à maioria das biomassas, recebe cargas diárias ou periódicas de material e libera o efluente já fermentado, automaticamente. O intermitente é usado para materiais orgânicos que apresentam decomposição lenta e processo de produção longo. Esse modelo recebe a carga total de uma só vez, a qual fica retida até a sua completa biodigestão, para então ser esvaziado e poder receber nova carga.

De acordo com Cervi *et al.* (2010), dentre os biodigestores de sistema de abastecimento contínuo existentes, os mais utilizados no Brasil são os modelos chinês, indiano e tubular. “O biodigestor, como toda grande ideia, é genial por sua simplicidade”, afirma Barrera (1993, p.11).

Deganutti *et al.* (2002) descrevem o biodigestor modelo indiano como de fácil construção se comparado ao modelo chinês, porém o custo desse

modelo é elevado, em virtude do gasômetro ser de metal. Segundo esses autores, a campânula pode estar mergulhada sobre a biomassa em fermentação ou em um selo d'água externo, sendo recomendável para esse modelo de biodigestor o sistema de abastecimento contínuo, utilizando-se um resíduo que apresente concentração de sólidos totais não superior a 8%, com a finalidade de melhorar a circulação do resíduo no interior da câmara e evitar entupimentos dos canos de entrada e saída de material.

De acordo com Benincasa *et al.* (1986), o biodigestor modelo chinês é composto por uma câmara cilíndrica de alvenaria, construída abaixo do nível do solo, destinada à fermentação do resíduo orgânico e por um teto abobadado, impermeável, utilizado para o armazenamento do biogás. Funcionando de acordo com o princípio da prensa hidráulica, à medida que a pressão do gás no interior do biodigestor aumenta, ocorre deslocamento da biomassa da câmara de fermentação para a caixa de saída e movimento inverso da biomassa, quando ocorre descompressão.

3.3.1 Biogás

O biogás, produto da biodigestão anaeróbia por meio da ação digestiva das bactérias metanogênicas, consiste em uma mistura gasosa, rica em metano, que é o principal componente do gás natural. O seu poder energético é medido, considerando a quantidade de metano. Quanto mais metano, mais rico é o biogás. O tipo de reator e o resíduo orgânico utilizado vão determinar a proporção de cada tipo de gás presente no biogás, sendo constituído por 50 a 75% de metano (CH_4), 25 a 40% de dióxido de carbono (CO_2), e em proporções menores de hidrogênio (H_2), nitrogênio (N_2), monóxido de carbono (CO), oxigênio (O_2) e gás sulfídrico (H_2S) (GUSMÃO, 2008).

O fato de apresentar em sua composição alta concentração de metano faz com que o biogás seja altamente inflamável, podendo ser utilizado em todas as funções termodinâmicas: geração de frio, calor e potência. No meio rural, o biogás apresenta grandes utilidades, tais como: cocção, iluminação, aquecimento, funcionamento de motores a explosão e

para irrigação, refrigeração doméstica e geração de energia elétrica (CORTEZ *et al.*, 2008).

Nogueira (1986) admite que o poder calorífico do biogás está condicionado ao percentual de metano presente em sua composição e também ao seu grau de umidade. Segundo o autor, apesar de possuir baixa densidade, o biogás apresenta boas características, de forma especial se o metano, seu principal constituinte, for isolado, fazendo com que se transforme em um combustível de alto valor.

De acordo com Nogueira (1986) e Sganzerla (1983), o metro cúbico de biogás equivale a uma determinada quantia de outro combustível. A TAB. 1 apresenta os valores equivalentes aos principais combustíveis usualmente utilizados, levando-se em consideração o poder calorífico e a eficiência média de combustão.

TABELA 1

Equivalência energética para 1 m³ de biogás

	Sganzerla (1983)	Nogueira (1986)
GLP (kg)	0,45 kg	1,43 kg
Eletricidade	1,43 kWh	0,74 kWh
Óleo Diesel	0,55 L	0,55 L
Gasolina (L)	0,61 L	0,61 L
Querosene (L)	0,58 L	0,62 L
Carvão Mineral	0,74 kg	0,74 kg
Lenha	1,54 kg	3,5 kg

Fonte: Adaptada de Sganzerla (1983) e Nogueira (1986).

Cabe ressaltar que as diferenças observadas na TAB. 1, quanto aos valores encontrados por Sganzerla (1983) e Nogueira (1986), para os itens GLP, eletricidade e lenha, podem estar relacionadas às variações de composição, pressão e temperatura do biogás utilizado para comparação com os respectivos itens.

Para Gusmão (2008), o biogás é uma fonte de energia renovável; seu processo de produção atua diminuindo o volume de resíduo a ser descartado; dá origem a um combustível de alta qualidade e ecologicamente correto, além de maximizar os benefícios do aproveitamento de resíduos orgânicos, reduzir, significativamente, as emissões de dióxido de carbono (CO₂) e de metano (CH₄), causadores do efeito estufa, para a atmosfera e representar redução de custos ao ser utilizado em substituição à energia e ao GLP.

3.3.2 Biofertilizante

O biofertilizante é um efluente líquido, resultante da biodigestão anaeróbia. Apresenta propriedades superiores ao esterco ou resíduo que lhe deu origem, pelo fato de que a biodigestão degrada a matéria orgânica em compostos mais disponíveis e com nutrientes parcialmente solubilizados, promovendo o restabelecimento do teor de húmus do solo (CORTEZ *et al.*, 2008).

De acordo com Silva *et al.* (2010), o fertilizante contém 1,5% de nitrogênio contra 0,753% do esterco natural, sendo 13% mais efetivo do que os compostos orgânicos usualmente utilizados nas culturas. Além dessas características, há outros benefícios do biofertilizante e o mesmo não apresenta cheiro forte, é despoluído, não permite a aproximação de insetos e não contém micro-organismos, podendo ser aplicado diretamente sobre as culturas ou pastagens.

Experiências evidenciam serem valiosos os resultados da utilização do biofertilizante como substituto eficiente dos adubos e fertilizantes químicos. O aumento da produtividade, da fertilidade e a preservação do solo são considerados como vantagens da utilização do biofertilizante, além da preservação do meio ambiente, ao evitar a poluição das terras e dos rios (BARRERA, 1993).

Durante o processo de biodigestão anaeróbia, ocorre uma grande diminuição do teor de carbono da biomassa e um aumento do teor de nitrogênio e demais nutrientes. Dessa forma, ocorre uma maior fixação do nitrogênio pelos micro-organismos do solo e de outros nutrientes já

solubilizados. Apresentando um pH em torno de 7,5, o biofertilizante, além de dificultar a propagação de fungos patogênicos, funciona ainda como corretor de acidez do solo, eliminando o alumínio e liberando o fósforo dos sais insolúveis (GASPAR, 2003).

Jorge (2004) destaca algumas vantagens do biofertilizante, tais como: aumento da umidade do solo, em virtude da matéria orgânica depositada e conseqüente redução da erosão; eliminação de agentes patógenos e redução de doenças; diminuição das sementes de ervas daninhas e redução dos gastos com capina e manutenção das culturas; eliminação do odor causado por materiais orgânicos em decomposição; economia de adubo químico e insumos agrícolas, além da redução de impactos ao meio ambiente, melhorando, sobremaneira, a qualidade de vida dos produtores e dos consumidores.

3.4 Métodos de avaliação de investimentos

Decisões de investimento, segundo Nogueira (2009), devem ser adotadas com bastante cautela e devem ser antecedidas por procedimentos de análise, dos quais serão obtidas informações importantes pelos administradores, com a finalidade de fornecer subsídios para a tomada de decisões. Muitos são os métodos utilizados em uma avaliação de alternativas de investimento, podendo ser desde a simples sensibilidade do administrador que vai tomar a decisão até o emprego de sofisticado método matemático. Dentre os métodos existentes, os mais utilizados para avaliação de investimento são: Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e *Payback*.

Cônsoli *et al.* (2007) citam a análise financeira como uma etapa que precede um projeto de investimentos e tem como finalidade apoiar as decisões de investimento, utilizando-se estudos econômicos com o objetivo principal de demonstrar a viabilidade e a estruturação de um projeto. "Um projeto de investimento é um conjunto ordenado de pesquisas, suposições e conclusões que permitem avaliar a conveniência ou não de se destinarem

fatores e recursos para o estabelecimento de uma unidade de produção de bens ou serviços” (CÔNSOLI *et al.*, 2007, p.115).

Casarotto Filho e Kopittke (2007) admitem que, ao fazer um novo investimento, torna-se necessário fazer uma análise da viabilidade do mesmo. Considerando os aspectos econômicos do investimento, questiona-se se o mesmo é rentável, e, por meio da aplicação de critérios econômicos, é possível avaliar como aplicar o dinheiro, de forma a obter o maior retorno. De acordo com os autores, ao se decidir pela implantação de um projeto, deve-se levar em consideração os critérios econômicos e a rentabilidade do investimento, os critérios financeiros e a disponibilidade de recursos, bem como os critérios imponderáveis e os fatores não conversíveis em dinheiro.

Assaf Neto (2003) considera a utilização de métodos de avaliação econômica, com o objetivo de constatar os resultados das aplicações de capital, como sendo uma fase das decisões de investimento em longo prazo. Para esse autor, as decisões de investimento de capital envolvem uma área de estudo ampla e complexa, constituída de inúmeros critérios e métodos de análise. Esses métodos podem ser divididos em dois grandes grupos: os que não levam em consideração o valor do dinheiro no tempo e os que avaliam essa variação utilizando o critério do fluxo de caixa descontado.

De acordo com Assaf Neto (2003), os métodos de Taxa Interna de Retorno e Valor Presente Líquido, que compõem o segundo grupo, são preferencialmente utilizados, em razão do maior rigor conceitual e da importância para as decisões de longo prazo. O método do Tempo de Retorno de Investimento – período de *Payback*, formalmente enquadrado no primeiro grupo, possui grande importância decisória e permite o seu cálculo em termos de valor atualizado, sendo considerado uma exceção.

Para Cônsoli *et al.* (2007, p.125), “o valor presente líquido é obtido pela diferença entre o valor presente dos benefícios líquidos de caixa, previstos para cada período no horizonte de duração do projeto, e o valor presente do investimento”. Nesse caso, faz-se uso de uma taxa de desconto para trazer o fluxo de caixa para o valor presente.

Assaf Neto (2003) destaca que a utilização do método do Valor Presente Líquido (VPL) exige a definição prévia da taxa de desconto a ser

utilizada nos vários fluxos de caixa. De acordo com o autor, o VPL não expressa, diretamente, a rentabilidade do projeto. Ao descontar todos os fluxos de entrada e saída de caixa de um investimento por uma taxa de desconto mínima, o VPL expressa, em última análise, o resultado econômico atualizado.

De acordo com Nogueira (2009), a aceitação do investimento está condicionada ao valor do VPL, ou seja, se o VPL for maior que zero, o investimento deve ser aceito. Em caso do VPL ser negativo, entende-se que o retorno do investimento é inferior ao mínimo esperado, sendo que o projeto deve ser recusado. No caso do VPL ser igual a zero, conclui-se que o retorno do projeto é igual à Taxa Mínima Atrativa de Retorno (TMAR), ou seja, igual ao custo de capital da empresa, o que não faz com que o projeto seja atrativo.

Groppelli e Nikbakht (2006) destacam três importantes vantagens do método do Valor Presente Líquido. Primeira, o VPL usa os fluxos de caixa, em lugar dos lucros líquidos, onde o fluxo de caixa é igual a lucros líquidos, mais a depreciação. Segunda, o método do VPL reconhece o valor do dinheiro no tempo, ou seja, quanto maior o tempo, maior o desconto. Nesse caso, o valor do dinheiro no tempo para um determinado projeto está refletido na taxa de desconto. Terceira, aceitando somente projetos com VPL positivos, o investidor também aumentará o seu valor.

Groppelli e Nikbakht (2006), também ressaltam algumas limitações do VPL. O método sugere que o investidor seja capaz de prever os fluxos de caixas dos anos futuros. Nesse caso, quanto maior o período, mais difícil a estimativa dos fluxos de caixa futuros, uma vez que esses são influenciados pelas vendas futuras, pelo custo de mão de obra e dos materiais, pelas taxas de juros, pela política governamental, etc.

A Taxa Interna de Retorno (TIR) é definida como a taxa de juros que torna recebimentos e desembolsos equivalentes na data presente. Em termos matemáticos, a TIR é a taxa que iguala o Valor Presente Líquido a zero (NOGUEIRA, 2009).

O método da taxa interna de retorno, de acordo com Warren *et al.*(2008, p.363), “utiliza os conceitos de valor presente para calcular a taxa

de retorno dos fluxos de caixa líquidos esperados das propostas de investimento inicial”. Esse método inicia com os fluxos de caixa líquidos e, de certo modo, trabalha inversamente para identificar a taxa de retorno esperada pela proposta.

De acordo com Assaf Neto (2003), o método da Taxa Interna de Retorno representa a taxa de desconto que iguala, em determinado momento, comumente a data de início do projeto, as entradas com as saídas previstas de caixa. Segundo o autor, para o cálculo da TIR, em uma avaliação de propostas de investimento, é necessário se conhecer o montante de dispêndio de capital e dos fluxos de caixa gerados pelo projeto. Levando-se em consideração que esses valores ocorrem em diferentes momentos, pode-se afirmar que o cálculo da TIR considera o valor do dinheiro no tempo, representando, assim, a rentabilidade do projeto.

Assaf Neto (2003) sustenta que, ao utilizar o método da TIR, a aceitação ou rejeição de determinada proposta de investimento é avaliada, em função da comparação entre a taxa interna de retorno obtida e a rentabilidade mínima almejada pelo investidor. Assim, se a TIR exceder o percentual mínimo desejado, o investimento é considerado atraente, devendo ser aceito. Caso contrário, tecnicamente, sugere-se a sua rejeição.

Groppelli e Nikbakht (2006) salientam que, levando em conta que os dois métodos usam os fluxos de caixa e reconhecem o valor do dinheiro no tempo, em virtude da facilidade de cálculo da TIR, esse método tem sido mais utilizado do que o método do VPL. Para os autores, o principal problema com o método da TIR é o fato de que, não raro, o seu uso dá origem a taxas de retorno não realistas ou mesmo taxas de retorno diferentes para um mesmo projeto de investimento.

De acordo com Warren *et al.* (2008), o método do período de retorno de caixa do investimento – *payback*, é amplamente utilizado na avaliação das propostas de investimento. Quanto menor o período de retorno, mais desejável, ou seja, quanto mais rápido o caixa for recuperado, maior a possibilidade de outros investimentos. Aliado a isso, quando o período de retorno é curto, menor são os riscos com perdas decorrentes de condições econômicas, ativos obsoletos, dentre outros.

Nogueira (2009) considera o *payback* um dos métodos mais simples, quanto à análise de investimentos. Esse método consiste, basicamente, em determinar o número de períodos, expresso normalmente em anos necessários para recuperar o capital investido. De acordo com o autor, de posse dessa avaliação, a administração, levando em consideração os padrões de tempo de recuperação do investimento, tempo de vida esperado do ativo e riscos associados, decide pela aceitação ou rejeição do investimento.

Há dois principais métodos de apuração do *payback*, que são: *payback* efetivo que leva em consideração as entradas periódicas no fluxo de caixa, que podem ser anuais, até que seja completado o valor do investimento e *payback* descontado, que, apesar de ter a mesma definição do *payback* efetivo, considera o valor do dinheiro no tempo, onde os fluxos de caixa são descontados a uma determinada taxa (CÔNSOLI *et al.*, 2007).

O método do *payback*, embora simples e de vasta utilização, oferece algumas restrições, tais como: não considera o valor do dinheiro no tempo, somente soma valores que se apresentam em datas diferentes; ignora as variações do fluxo de caixa após o período de recuperação do investimento e possui uma ênfase no curto prazo. Diante dessas restrições, torna-se recomendável que o *payback* não seja utilizado como método principal, e sim ferramenta auxiliar na tomada de decisão (NOGUEIRA, 2009).

CAPÍTULO 2 – VIABILIDADE ECONÔMICA DO USO DO BIOGÁS PROVENIENTE DA SUINOCULTURA, EM SUBSTITUIÇÃO A FONTES EXTERNAS DE ENERGIA

RESUMO

A suinocultura é uma atividade potencialmente geradora de dejetos, com elevada carga orgânica altamente poluente, sendo responsável pela disseminação de patógenos, pela contaminação de rios, de lençóis subterrâneos e de solos, além de produzir odores desagradáveis e emitir gases de efeito estufa. No entanto, o elevado valor de matéria orgânica, que expressa a carga poluidora, reflete o potencial energético desses dejetos, utilizados como matéria-prima na geração de biogás, por meio da tecnologia dos biodigestores, que, quando bem empregada, proporciona a produção de energia limpa e promove a conservação do meio ambiente. Por meio do valor dos investimentos iniciais de implantação de um biodigestor, dos custos de manutenção, da depreciação, dos juros e receitas oriundas do sistema, e, conhecendo a quantidade de biogás produzida diariamente e o consumo médio de biogás pelos aparelhos mais comumente utilizados, como geladeira, fogão, aquecedor de água e grupo gerador de energia elétrica, verificou-se a viabilidade econômica da implantação de um biodigestor modelo indiano em uma granja de suínos de pequeno porte. Para um cenário de 10 anos, os resultados dos indicadores econômicos VPL R\$ 57.598,95, TIR 48,38%, Payback Simples 2,06 anos e Payback Descontado 2,3 anos evidenciaram um panorama favorável à utilização dessa tecnologia, com possibilidades de gerar benefícios econômicos, sociais e ambientais.

Palavras-chave: Biodigestor. Sustentabilidade. Energia alternativa. Potencial energético.

CHAPTER 2 - ECONOMIC FEASIBILITY OF THE USE OF BIOGAS COMING FROM SWINE CULTURE IN REPLACEMENT TO EXTERNAL SOURCES OF ENERGY

ABSTRACT

The swine culture is an activity potentially generating waste with high organic load highly polluting, being responsible for the spread of pathogens, contamination of rivers, groundwater and soils, besides produce foul odors and emit greenhouse gases. However, the high amount of organic matter, which expresses the pollutant load, reflects the energetic potential of these wastes used as raw material in biogas generation through technology of digesters, which when well used provides the production of clean energy and promotes the conservation of the environment. Through the value from initial investments of deployment, maintenance costs, depreciation, interest and revenues arising from the system, and, knowing the amount of biogas produced daily and the average consumption of biogas by the most common used devices such as refrigerator, stove, water heater and generator group of electricity, we verify the economic feasibility of the implantation of an Indian model digester on a swine farm small. For a backdrop of 10 years, the results of economic indicators NPV R \$ 57,598.95, IRR of 48.38%, Simple Payback of 2.06 years, and Discounted Payback of 2.3 years, demonstrated a favorable outlook for the use of this technology, with possibilities to generate economic, social and environmental benefits.

Keywords: Biodigester. Sustainability. Alternative energy. Energetic potential.

1 INTRODUÇÃO

O homem por meio do uso excessivo do petróleo nos últimos 150 anos, transformou, de forma radical, o seu estilo de vida e de consumo, dando origem a um enorme desperdício de energia e consideráveis alterações climáticas e ambientais (SACHS, 2007).

Nesse cenário, a demanda global de energia cresce rapidamente, em detrimento do crescimento populacional, somado ao desenvolvimento e à modernização das atividades agrícolas e industriais (SEIXAS *et al.*, 2002).

A tendência de aumento da demanda de energia é de duas ou três vezes durante esse século, situação preocupante, posto que os combustíveis fósseis representam em torno de 88% dessa demanda e que as mais relevantes fontes de petróleo e gás estão concentradas em regiões politicamente instáveis (WEILAND, 2006).

Em se falando de desenvolvimento e modernização das atividades agrícolas, a suinocultura se destaca por seu significativo potencial poluidor, onde a geração de dejetos corresponde a quatro vezes o equivalente populacional humano. Os dejetos suínos possuem altas concentrações de matéria orgânica, nitrogênio, fósforo, além de substâncias patogênicas, cor e odor, que, se não forem corretamente manipulados, podem causar desequilíbrios ambientais, proliferação de vetores e, conseqüentemente, aumento de doenças vinculadas à água e ao solo (SCHULTZ, 2007).

Como alternativa para abrandar tais problemas, o uso de biodigestores na suinocultura tem sido considerado como solução eficiente do ponto de vista econômico, social e ambiental (ESPERANCINI *et al.*, 2007; KUNZ *et al.*, 2004).

Os biodigestores agregam valor aos resíduos da atividade, com a geração de biogás, além de atenderem a uma das estratégias sugeridas pelo Protocolo de Kyoto, quando, por meio da queima do mesmo, libera dióxido de carbono (CRUZ *et al.*, 2007), que apresenta potencial de elevar as temperaturas globais 23 vezes inferior ao gás metano (LAZARUS; RUDSTROM, 2007).

Segundo Cortez *et al.* (2008), a Agência Internacional de Energia (AIE) avalia que, dentro de aproximadamente 20 anos, em torno de 30% da energia total utilizada pela humanidade serão originadas de fontes renováveis. Nesse cenário, o biogás terá papel vital no futuro, pois é considerado uma versátil fonte de energia renovável.

O biogás é constituído por metano, dióxido de carbono, hidrogênio, nitrogênio, gás sulfídrico e outros (COLDEBELLA *et al.*, 2008). Produzido por meio da biodigestão anaeróbia, considerada uma das mais eficientes técnicas de aproveitamento de resíduos na área da biotecnologia (CERVI *et al.*, 2010).

O biogás pode ser utilizado para produção de energia elétrica, térmica ou mecânica em propriedades rurais; gerar receitas e reduzir os custos de produção, ao substituir o gás liquefeito de petróleo (GLP) e energia elétrica, além da possibilidade de comercialização dos créditos de carbono (SOUZA *et al.*, 2004).

Devido ao elevado custo dos processos de tratamento de dejetos potencialmente poluidores do ambiente, faz-se premente buscar alternativas que viabilizem a implantação de projetos dessa natureza (GASPAR; ÓSES, 2007).

Essa técnica propicia uma nova fase da agricultura brasileira, onde os recursos humanos e naturais possam ser trabalhados de forma eficiente, com menor dependência de insumos e combustíveis não renováveis, como fertilizantes químicos, gás natural, carvão e diesel (BERGIER; ALMEIDA, 2010).

Assim, objetivou-se, com esta pesquisa, verificar a viabilidade econômica da construção de biodigestores para fins de produção de biogás, a partir de dejetos suínos, em granjas de pequeno porte.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Produção do biogás

A presente pesquisa foi realizada na Fazenda Experimental Professor Hamilton de Abreu Navarro (FEHAN), do Instituto de Ciências Agrárias (ICA)

da Universidade Federal de Minas Gerais, *Campus* Regional de Montes Claros/MG.

A FEHAN está localizada no município de Montes Claros, ao norte do estado de Minas Gerais, situada a uma latitude Sul de 16° 43' 41" e longitude Oeste de 43° 52' 54". Apresenta altitude média de 646 metros e o clima, segundo classificação de Koppen, é do tipo Aw – tropical de savana, com inverno seco e verão chuvoso e precipitação anual média de 1.049,81 milímetros.

Optou-se pela granja de suíno para a realização da pesquisa, em virtude da grande quantidade de dejetos disposto a céu aberto, causando contaminação do solo e danos ao meio ambiente. Com o intuito de mitigar o problema, foi instalado o biodigestor modelo indiano, destinado ao tratamento desses dejetos, por meio do processo da biodigestão anaeróbia.

O setor de suinocultura do ICA/UFMG conta com um plantel entre 80 e 100 animais. Classificada como granja de pequeno porte, opera com o sistema de produção de ciclo completo, ou seja, realiza todas as etapas de produção, que são: produção de leitões, cria, recria ou crescimento e terminação desses animais. A massa corporal inicial dos leitões na fase creche era, de aproximadamente 6 kg e a dos animais em fase de crescimento e abate compreendida entre 25 e 100 kg, respectivamente, podendo atingir até 120 kg.

Os animais permaneceram alojados em baias, de acordo com a categoria: os reprodutores, em baias individuais e as fêmeas em lactação, instaladas em gaiolas. Contava-se, ainda, com uma estrutura de creche, para receber os leitões após o desmame. As baias possuíam piso de concreto compacto, bebedouros tipo chupeta e comedouros de abastecimento manual.

O biodigestor, objeto desse estudo, é do modelo indiano, de fluxo contínuo, construído em alvenaria, com um gasômetro em chapa de aço, cujas principais características estão apresentadas na TAB. 1 e esquematizadas na FIG.1:

TABELA 1

Características do biodigestor modelo indiano, construído na FEHAN / UFMG

Características	Medidas
Biodigestor	
Volume útil	17,43 m ³
Diâmetro superior (\varnothing_S)	2,90 m
Diâmetro inferior (\varnothing_I)	2,70 m
Altura superior (H_S)	1,32 m
Altura da parede divisória (H_I)	1,68 m
Gasômetro	
Volume do gasômetro (V_G)	8,42 m ³
Diâmetro do gasômetro (\varnothing_G)	2,85 m
Altura do gasômetro (H_G)	1,32 m

Fonte: Dados da pesquisa.

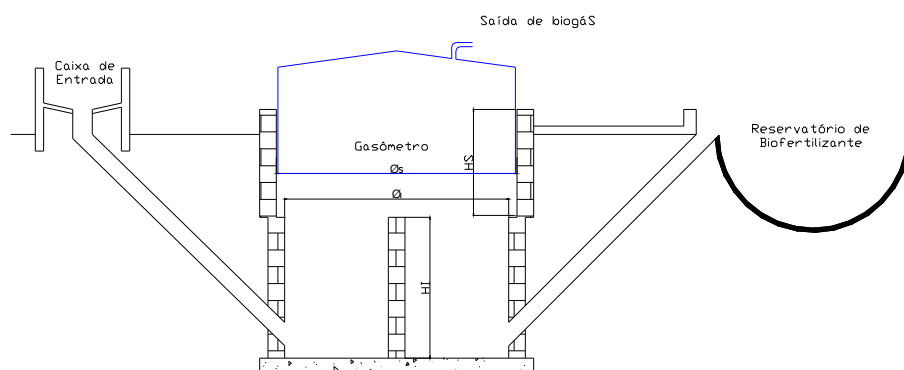


FIGURA 1 – Corte longitudinal do biodigestor utilizado

Fonte: Arquivo pessoal.

Na TAB. 2, são relacionados os materiais utilizados na construção do biodigestor, assim como os gastos com máquinas e mão de obra e seus respectivos custos.

TABELA 2

Custos do biodigestor modelo indiano - FEHAN / UFMG

Material	Unidade	Quantidade	Preço (R\$)	Total (R\$)
TOTAL GERAL				11.834,20
Tijolo maciço	Milheiro	5,8	250,00	1450,00
Cimento	Saca	65	16,00	1.040,00
Areia média	m ³	5,00	45,00	225,00
Brita 1	m ³	2,50	40,00	100,00
Brita 2	m ³	1,00	40,00	40,00
Imperm. Vedacit (18L)	Lata	02	89,00	178,00
Tubo PVCE 150mm (6m)	Barra	06	95,00	570,00
Registros de PVC 50mm	Unidade	03	20,00	60,00
Gasômetro em chapa de aço	Peça	01	5.120,00	5.120,00
Mangueira cristal 3/4"	M	08	3,80	30,40
Aço p/ const. 3/8" (12m)	Barra	10	22,00	220,00
Tubo de PVCA 50 mm (6 m)	Barra	12	35,00	420,00
Veda rosca (20m)	Unidade	3	5,00	15,00
Adesivo plástico (75g)	Unidade	2	5,30	10,60
Brocas (1mm)	Unidade	10	2,50	25,00
Adaptadores	Unidade	08	5,65	45,20
Curvas 90 ⁰ de PVCA 50mm	Unidade	06	7,50	45,00
Luvas de PVCA 50mm	Unidade	05	3,00	15,00
TOTAL MATERIAL				9.609,20
Escavação (máquina)	Hora	05	95	475,00
Mão de obra (pedreiro)	Diária	20	50	1.000,00
Mão de obra (servente)	Diária	25	30	750,00
TOTAL MÃO DE OBRA / SERVIÇOS				2.225,00

Fonte: Dados da pesquisa.

Os dejetos foram recolhidos diariamente, por meio de raspagem do piso das baias, pesados e realizadas as análises de sólidos totais, voláteis e fixos, as quais apresentaram os resultados médios de 24,00%, 79,53% e 20,47%, respectivamente. Esses dejetos eram, então, depositados em uma caixa para homogeneização e diluídos em água, numa proporção de 2:1, água: dejetos, até atingir uma mistura de aproximadamente 8% de sólidos totais, que era encaminhada diretamente à caixa de entrada e, daí, ao biodigestor. O tempo de detenção hidráulica (TDH) aplicado ao processo foi de 40 dias.

A capacidade de carga do biodigestor equivale a 145,28 kg de esterco suíno, diluídos em 290,4 L de água, com produção média de 38,33 m³dia⁻¹ de biogás. Além da produção de biogás, conta-se com a produção de, aproximadamente, 435,6 L dia⁻¹ de biofertilizante.

O biogás produzido foi canalizado diretamente para o Laboratório de Biodigestão Anaeróbia e utilizado nos seguintes equipamentos: geladeira a gás, fogão, aquecedor de água a gás e um grupo gerador portátil Toyama Ciclo Otto, adaptado para o uso do biogás.

Na TAB. 3, são relacionados os equipamentos utilizados e seus respectivos custos.

TABELA 3

Valor de aquisição dos equipamentos para uso do biogás

Equipamento	Quantidade	Valor (R\$)
TOTAL		4.019,79
Geladeira a gás Consul	01	1.999,00
Grupo Gerador a gasolina Toyama Power – TG2800MX	01	1.275,25
Aquecedor de água a gás – Lorenzetti LZ-900	01	480,00
Fogão a gás de 4 bocas – Esmaltec	01	259,00
Ducha Tigre branca – Ø 4”	01	6,54

Fonte: Dados da pesquisa (outubro 2011).

O biofertilizante, após passar pela caixa de saída, ficou armazenado em reservatório próprio, de onde foi utilizado em culturas e experimentos no Instituto de Ciências Agrárias da UFMG.

2.2 Análise dos dados

Para determinar o valor do investimento inicial, foram levantados os custos de implantação do biodigestor, tais como despesas com materiais de construção, horas de escavação e mão de obra. O capital utilizado para a aquisição dos equipamentos destinados ao uso do biogás também foi considerado no cálculo do valor do investimento inicial.

Conhecendo os valores acima citados, foi possível calcular o investimento inicial, dado pela Equação 01 (CERVI, 2009):

$$II = CM + MO \quad (01)$$

Onde:

II – Investimento inicial (R\$);

CM – Custos com materiais e equipamentos (R\$);

MO – Custos com mão de obra/serviços (R\$).

A fim de se conhecer o tempo de retorno do capital investido na implantação do biodigestor e na aquisição dos equipamentos para a utilização do biogás, foram calculados os custos anuais com depreciação, juros sobre o capital fixo e custos de manutenção e operação.

A depreciação foi calculada, utilizando-se o método linear, conforme Equação 02, que considera a depreciação como uma função linear do bem, variando uniformemente ao longo da vida útil (BRASIL, 2010):

$$D = \frac{Ci - Cf}{Vu} \quad (02)$$

Onde:

D – Depreciação anual (R\$ano⁻¹);

C_i – Custos de materiais depreciáveis (R\$);

C_f – Valor final do ativo (R\$);

V_u – Vida útil (anos).

De acordo com a Instrução Normativa SRF nº 162, de 31 de dezembro de 1998, o prazo de vida útil para motores e utensílios domésticos é de 10 anos; edificações, 25 anos e recipiente de aço para gases, 5 anos, com taxa anual de depreciação igual a 10, 4 e 20%, respectivamente.

A remuneração do capital investido, como componente dos custos anuais do conjunto, é calculada em relação ao capital médio, durante a vida útil dos bens a uma taxa de juros de 6,8% ao ano, correspondente à taxa real de juros da economia brasileira, em setembro de 2011. A equação descrita por Esperancini *et al.* (2007), para cálculo dos juros, é a seguinte:

$$Vk = \frac{V_i + V_f}{2} r \quad (03)$$

Onde:

V_k – Custo de oportunidade do capital (R\$ ano⁻¹);

V_i – Valor total do investimento (R\$);

V_f – Valor final do ativo (R\$);

r – Taxa de juro anuais (%ano⁻¹).

Consideram-se os custos anuais com manutenção a mão de obra necessária à permanência do biodigestor em funcionamento, tais como, limpeza e manejo dos dejetos. Esse cálculo baseou-se no tempo diário de operação e no salário praticado pelas agroindústrias da região, conforme a Equação 04 (CERVI, 2009).

$$GMO = TOXGS \quad (04)$$

Onde:

GMO – Gasto com mão de obra (R\$);

TO – Tempo de operação exigido (horas ano⁻¹);

GS – Gastos com salário (R\$ hora⁻¹).

A primeira etapa consistiu em acompanhar a coleta, a pesagem dos dejetos e o abastecimento do biodigestor. Foi utilizada uma planilha, para melhor visualizar a produção de biogás, em função da quantidade de dejetos produzidos diariamente e do número de animais em suas respectivas categorias.

A produção do biogás foi avaliada no mês de maio de 2011. Nesse processo, inicialmente, foi quantificada a relação entre produção de dejetos e a geração de biogás. A quantidade máxima de dejetos produzidos no período foi de 145,28 kg dia⁻¹, para uma produção média de biogás de 38,33 m³ dia⁻¹, corrigidos para uma temperatura de 293,15 K (20°C) e pressão de 760 mmHg (1 atm), conforme Caetano (1991), Colen (2003) e Queiroz (2003).

O volume de biogás produzido diariamente foi calculado, multiplicando-se o valor, previamente conhecido, da área do gasômetro pelo seu deslocamento vertical, que foi determinado utilizando-se régua graduada em cm e nível, com a finalidade de atingir o equilíbrio necessário à realização das medidas. Mediu-se a temperatura do biogás com uso de um termômetro digital, em °C, com precisão de uma casa decimal. A pressão foi calculada, mediante o uso de um manômetro em “U” (AIRES, 2009; COLEN, 2003).

Em seguida, procedeu-se o esvaziamento do gasômetro, por meio da queima total do biogás armazenado. Repetiu-se o processo, de acordo com a produção de biogás, com a finalidade de se determinar a produção total diária.

A segunda etapa desse processo consistiu em medir a quantidade de biogás consumido para cada aparelho, em um determinado tempo. A metodologia utilizada baseou-se nos mesmos recursos empregados para calcular a produção diária de biogás, ou seja, tomavam-se as medidas da altura, pressão e temperatura do gasômetro, antes e logo após colocar os aparelhos para funcionar.

O consumo médio de biogás pela geladeira, fogão, aquecedor de água e conjunto motor gerador de eletricidade foi determinado, cronometrando-se o tempo de funcionamento de cada aparelho, em função da quantidade de biogás consumido. Foram realizadas nove repetições entre

os dias 05 e 27 de maio de 2011, observando-se as mesmas condições de tempo e horário. Dessas, três foram consideradas para o cálculo da média e desvio padrão, conforme TAB. 4 a seguir.

TABELA 4

Consumo de biogás por equipamento

Equipamento	Média (m ³ h ⁻¹)	Desvio Padrão	CV (%)
Queimador fogão 2,5"	0,10	0,006	6,45
Aquecedor de água	0,88	0,049	5,59
Geladeira	0,127	0,004	3,15
Conjunto moto gerador	2,60	0,15	5,77

Fonte: Dados da Pesquisa.

De posse dos valores de produção diária de biogás e do consumo para cada aparelho, mensuraram-se a produção e o volume anual de biogás necessário para suprir a demanda de energia elétrica e GLP para os equipamentos utilizados, por meio dos dispêndios com iluminação, cocção, aquecimento de água para banho e refrigeração por adsorção.

O benefício gerado com a produção de biogás foi calculado, por meio do valor monetário que deixou de ser transferido para a concessionária de energia elétrica e/ou para as revendas de GLP.

De posse dos dados referentes aos custos e aos benefícios originados com a implantação do biodigestor, procedeu-se a análise da viabilidade econômica do sistema, por meio de indicadores de análise de investimentos, que, segundo Nogueira (2009) são: Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e Período de Recuperação do Capital (*Payback*).

De acordo com Assaf Neto (2003), o Valor Presente Líquido expressa o resultado econômico atualizado do investimento e pode ser calculado, usando-se a seguinte expressão:

$$VPL = \sum_{t=0}^n \frac{B_t - C_t}{(1 + r)^t} \quad (05)$$

Onde:

B_t = Benefício do projeto (R\$ ano⁻¹);

C_t = Custo do projeto (R\$ ano⁻¹);

r = Taxa de desconto (%);

t = Contador de tempo (ano⁻¹);

n = Período de vida útil do investimento (ano⁻¹).

O VPL significa, em valores monetários atuais, a diferença entre os recebimentos e os pagamentos de todo o projeto. De acordo com Nogueira (2009), a aceitação do investimento está condicionada ao valor do VPL, ou seja, se o VPL for maior que zero, sinaliza que o investimento deve ser aceito.

A Taxa Interna de Retorno (TIR) é definida como a taxa de juros que torna recebimentos e desembolsos equivalentes na data presente. Em termos matemáticos, a TIR é a taxa que iguala o Valor Presente Líquido a zero, podendo ser determinada pela Equação (06) (ASSAF NETO, 2003):

$$\sum_{t=0}^n \frac{B_t - C_t}{(1 + r)^t} = 0 \quad (06)$$

Onde:

B_t = Benefício do projeto (R\$ ano⁻¹);

C_t = Custo do projeto (R\$ ano⁻¹);

r = Taxa de desconto (%);

t = Contador de tempo (ano⁻¹);

n = Período de vida útil do investimento (ano⁻¹).

O *Payback* ou período de retorno do investimento pode ser calculado de duas formas: *Payback* simples, onde se calcula o número de períodos necessários para se recuperar o investimento inicial, sem levar em conta o fluxo de caixa e o valor do dinheiro no tempo, e o *Payback* descontado, que calcula o número de períodos necessários para recuperar o investimento, considerando-se o valor do dinheiro no tempo e ajustando-se os fluxos de caixa a uma taxa de desconto (CASAROTTO FILHO; KOPITKE, 2007).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O investimento para a construção do biodigestor, a aquisição e a instalação de equipamentos para aproveitamento do biogás foi de R\$ 15.853,99 (TAB. 2 e 3). Já o investimento somente no biodigestor e nos equipamentos foi de R\$ 13.628,99 (TAB. 4). A partir desse valor foram calculados os custos de depreciação (TAB. 5) e os juros sobre o capital inicial investido (TAB. 6).

TABELA 5

Custos de depreciação do biodigestor / equipamentos

Bens	Valor inicial (R\$)	%	Vida útil (anos)	Taxa de depreciação (% ano ⁻¹)	Depreciação (R\$ ano ⁻¹)
TOTAL 1 **					1.605,54
TOTAL 2 ***					581,54
Biodigestor (Alvenaria)	4.489,20	32,94	25	04	179,57
Biodigestor (Gasômetro)	5.120,00	37,57	05	20	1.024,00
Grupo Gerador	1.275,25	9,36	10	10	127,52
Geladeira a gás	1.999,00	14,67	10	10	199,90
Fogão a gás	259,00	1,90	10	10	25,90
Aquecedor de água a gás	480,00	3,52	10	10	48,00

Ducha	6,54	0,04	10	10	0,65
-------	------	------	----	----	------

Fonte: Dados da pesquisa.

Notas: * Valor final dos materiais e equipamentos foi considerado nulo.

** Valor da depreciação do 1º ao 5º ano.

*** Valor da depreciação do 6º ao 10º ano - Gasômetro totalmente depreciado.

TABELA 6

Juros sobre o capital inicial investido

Bens	Valor inicial (R\$)	Valor final* (R\$)	Taxa de juros (% ano ⁻¹)	Juros (R\$ ano ⁻¹)
TOTAL				539,03
Biodigestor (Alvenaria)	4.489,20	-	6,8	152,63
Biodigestor (Gasômetro)	5.120,00	-	6,8	174,08
Biodigestor (Mão de obra/Serviços)	2.225,00	-	6,8	75,65
Equipamentos	4.019,79	-	6,8	136,67

Fonte: Dados da pesquisa.

Nota: * Valor final dos materiais e equipamentos foi considerado nulo.

Os custos referentes à mão de obra responsável pela coleta, transporte, abastecimento, retirada do biofertilizante e limpeza do biodigestor, além do uso do biogás, foram de R\$ 693,64 correspondendo a 280 h ano⁻¹.

Esse valor é inferior ao encontrado por Esperancini *et al.* (2007), que observaram a necessidade de 365 h ano⁻¹, para um sistema semelhante, enquanto Cervi *et al.* (2010), em estudo sobre a viabilidade econômica de biodigestores modelo tubular, estimaram um total de 200 h ano⁻¹ para a operação e a manutenção do biodigestor e do grupo gerador.

As despesas anuais com depreciação, juros sobre capital inicial investido, manutenção e operação do biodigestor e equipamentos compõem os custos totais de implantação e estão ilustradas na TAB. 7.

TABELA 7

Custos totais para a implantação e a operação do sistema

Itens	R\$ ano ⁻¹
TOTAL 1 *	2.838,21
TOTAL 2**	1.814,21
Depreciação (1º ao 5º ano)	1.605,54
Depreciação (6º ao 10º ano)	581,54
Juros	539,03
Mão de obra para a operação e a manutenção do sistema	693,64

Fonte: Dados da pesquisa.

Notas: * Custo total do 1º ao 5º ano.

** Custo total do 6º ao 10º ano - Gasômetro totalmente depreciado.

O biodigestor em estudo, ao operar com sua capacidade máxima de receber 145,2 kg de dejetos por dia, diluídos para um percentual de 8% de sólidos totais, produziu, em média, 38,33 m³dia⁻¹ de biogás.

Em condições ideais de operação e manutenção, o biodigestor tem capacidade para funcionar os 365 dias do ano. Nesse caso, a produção anual de biogás será de 13.990,45 m³ano⁻¹, que servirá como alternativa para obtenção de renda e economia, por meio da cogeração de energia e da substituição do GLP.

O conjunto moto gerador existente na propriedade, com 6,5 HP de potência, apresenta capacidade para gerar 2,5 kWh (220V), consumindo 2,6 m³ h⁻¹ de biogás. Visto que é necessário descontar o tempo de geração e

armazenamento de biogás no gasômetro, optou-se por um tempo de funcionamento do conjunto moto gerador igual a 10 h dia⁻¹.

Funcionando 10 h dia⁻¹, o conjunto moto gerador produziu 25 kW, consumindo 26 do 38,33 m³ de biogás produzidos diariamente. Nesse contexto, o potencial energético de 1 m³ de biogás equivale a 0,96 kWh, valor inferior ao encontrado por Sganzerla (1983) e Nogueira (1986), em que o potencial energético de 1 m³ de biogás equivale a 1,43 kWh, ao que seria possível obter 37,18 kWh dia⁻¹ consumindo os mesmos 26 m³ de biogás.

O valor da tarifa de energia elétrica praticada pelas Centrais Elétricas de Minas Gerais (CEMIG), responsável pelo fornecimento de eletricidade na região, no mês 08/2011, foi de R\$0,4149 o kWh, em consonância com a Resolução nº 1127, de 05/04/11 da Aneel.

Ao usar os 25 kW de energia elétrica produzidos diariamente pelo conjunto moto gerador nas dependências da granja, em substituição parcial à energia elétrica fornecida pela concessionária, obteve-se, em um ano, a receita de R\$ 3.785,96 referente, aos valores que deixaram de ser repassados à CEMIG.

Dos 38,33 m³ de biogás produzidos diariamente, 12,33 m³ substituíram o GLP utilizado para cocção, aquecimento de água para banho e refrigeração por absorção. O benefício com a substituição do GLP foi calculado tomando como base Sganzerla (1983), para o qual 1 m³ de biogás equivale a 0,45 kg de GLP. Assim, 12,33 m³ de biogás equivalem a 5,55 kg de GLP.

O botijão usualmente comercializado contém 13 kg de GLP, vendido a R\$ 43,00, valor vigente em agosto de 2011. Nesse caso, o valor que deixou de ser repassado para as revendas locais foi igual a R\$ 6.748,85 ano⁻¹ referente a 0,43 botijão dia⁻¹ com valor igual a R\$ 18,49.

Caso fosse utilizado como base Nogueira (1986), para o qual 1 m³ de biogás equivale a 1,43 kg de GLP, R\$ 21.345,20 ano⁻¹ seriam o benefício monetário, 3,16 vezes superior ao valor praticado nesta pesquisa, o que comprova, ainda mais, a viabilidade da biodigestão anaeróbia.

Esperancini *et al.* (2007), em trabalho semelhante, avaliaram o uso do biogás proveniente da suinocultura, em substituição ao GLP e à energia

elétrica, considerados fontes externas de energia, em assentamento rural no interior do estado de São Paulo. O referido estudo evidenciou resultados amplamente favoráveis à implantação de biodigestores na suinocultura, demonstrados nos benefícios financeiros e no tempo de recuperação do investimento, resultados semelhantes aos encontrados na presente pesquisa.

Os benefícios da utilização do biogás, por meio da cogeração de energia elétrica e da substituição do GLP, somam R\$ 10.534,81 por ano nas condições supracitadas, conforme TAB. 8.

TABELA 8

Receita decorrente da utilização do biogás

Cenário	Receita	Quantidade (dia ⁻¹)	Valor unitário (R\$)	Valor anual (R\$)
TOTAL				10.534,81
Cogeração	Energia elétrica (kWh)	25	0,4149	3.785,96
GLP	GLP (botijão)	0,43	43,00	6.748,85

Fonte: Dados da Pesquisa.

Nota: Valores referentes a 09/2011.

Para o cálculo da viabilidade econômica, por meio do VPL, TIR e *Payback*, foi considerado um cenário de 10 anos, tempo médio de duração de um projeto dessa natureza, baseado na vida útil das instalações e dos equipamentos.

Para um investimento inicial de R\$ 15.853,99, foram calculados custos anuais de manutenção e fluxo de caixa do 1º ao 5º ano e depois do 6º ao 10º ano, em função do tempo de vida útil do gasômetro, 05 anos, e da alvenaria, 25 anos, que são responsáveis por 43,26% e 56,74%, respectivamente, do valor total do biodigestor.

Dessa forma, para efeito de cálculo de viabilidade econômica, nos últimos cinco anos do projeto, considerou-se o gasômetro totalmente depreciado. Esses valores estão relacionados na TAB. 9, juntamente com os indicadores econômicos.

TABELA 9

Valores monetários dos benefícios, custos e indicadores econômicos resultantes da implantação do biodigestor modelo indiano

Itens	Valores
Benefício (R\$ ano ⁻¹)	10.534,81
Custo 1 – 1º ao 5º ano (R\$ ano ⁻¹)	2.838,21
Custo 2 – 6º ao 10º ano (R\$ ano ⁻¹)	1.814,21
Fluxo de caixa 1 – 1º ao 5º ano (R\$)	7.696,60
Fluxo de caixa 2 – 6º ao 10º ano (R\$)	8.720,60
VLP (R\$)	57.598,95
TIR (%)	48,38
Payback simples (ano)	2,06
Payback descontado (ano)	2,30

Fonte: Dados da pesquisa.

Cervi *et al.* (2010), em estudo sobre viabilidade econômica de um biodigestor modelo tubular contínuo em uma granja de suínos de grande porte, com investimento inicial para implantação de R\$ 51.537,17, concluíram que, para um sistema de produção de biogás ser considerado viável do ponto de vista econômico, é necessário que se tenha um consumo de energia elétrica em torno de 35 kWh dia⁻¹, apresentando, nessas condições, um VPL igual a R\$ 9.494,90 e uma TIR de 9,34% ao ano.

Brown *et al.* (2007), trabalhando com diversos cenários de produção, demonstraram, por meio de análises econômicas, que a energia elétrica

gerada a base do biogás não é economicamente viável para todos os tamanhos de propriedades agrícolas estudadas, enfatizando que, em propriedades de médio e grande porte, o benefício gerado é maior. No entanto, os resultados apresentados pelos indicadores econômicos nesta pesquisa, contradizem os achados de Brown et al., ao constatar que a implantação de biodigestores em propriedades de pequeno porte é perfeitamente viável.

Com relação à produção de energia e à capacidade de funcionamento de um conjunto moto gerador, Coldebella *et al.* (2006), em estudo sobre a viabilidade da cogeração de energia elétrica com biogás proveniente da bovinocultura de leite, afirmaram que os custos da energia elétrica, gerada via biogás, estavam relacionados aos tempos de recuperação do investimento e de operação do sistema, traduzidos em quantidade de energia produzida e valor da tarifa praticada pela concessionária local.

Outro aspecto importante, porém não contemplado nesta pesquisa, refere-se aos benefícios ambientais da utilização do biogás como fonte geradora de energia elétrica. Metha (2002) classificou os benefícios da produção de biogás, por meio da biodigestão anaeróbia, em benefícios monetários e ambientais.

Goodrich *et al.* (2005) também admitiram que, para uma completa avaliação da viabilidade econômica do biogás, é importante relacionar não só os benefícios financeiros, mas também os ambientais, além de alguns custos operacionais que podem ser evitados com a produção e a utilização do biogás.

Ao estudar a viabilidade econômica da geração de energia elétrica, por meio de biodigestores utilizando dejetos bovinos em pequenas explorações leiteiras nos EUA, Metha (2002) afirmou que a tecnologia da biodigestão ainda está em fase inicial e que são muitos os modelos existentes em virtude da diversidade de tamanho das propriedades, localização, gestão, necessidade de energia, clima, bem como os demais ganhos potenciais oriundos dessa tecnologia.

4 CONCLUSÃO

Os valores resultantes da análise da viabilidade econômica são favoráveis à construção de biodigestores em granjas de pequeno porte, com a finalidade de produzir biogás via biodigestão anaeróbia de dejetos suínos.

CAPÍTULO 3 – VIABILIDADE ECONÔMICA DO BIOFERTILIZANTE PRODUZIDO A PARTIR DE DEJETOS DE SUÍNOS, EM GRANJA DE PEQUENO PORTE

RESUMO

Configurando como uma das principais fontes de renda para milhões de famílias em todo o planeta, a atividade agropecuária se destaca por ser geradora de ampla quantidade de biomassa, de resíduos animais e agrícolas, considerados de extrema relevância nos processos biotecnológicos de geração de energias alternativas e fertilizantes orgânicos. Com vistas a promover desenvolvimento sustentável e redução de custos operacionais nos sistemas de produção animal, a biodigestão anaeróbia desponta com destaque na produção de biogás e biofertilizante. Como parte integrante do estudo da viabilidade econômica da implantação de um biodigestor modelo indiano em uma granja de suínos de pequeno porte, verificou-se que é produzido um fertilizante orgânico, rico em N, P_2O_5 e K_2O , dentre outros nutrientes, essenciais ao desenvolvimento vegetal. Para um benefício de R\$ 4.897,65, referente à produção de biofertilizante, foram verificados: um VPL de R\$ 21.455,66, TIR de 20,66%, Payback simples de 4,55 anos e Payback descontado de 5,46 anos. Esses resultados são considerados positivos, principalmente se for levado em consideração que o biofertilizante é apenas um dos subprodutos da biodigestão anaeróbia, além dos benefícios sociais e

ambientais que podem se tornar realidade a partir da prática dessa tecnologia.

Palavras-chave: Biodigestão anaeróbia. Fertilizante orgânico. Nutrientes. Biotecnologia. Resíduos animais.

CHAPTER 3 - ECONOMICAL FEASIBILITY OF BIOFERTILIZER PREPARED FROM SWINE WASTES ON A SWINE FARM SMALL

ABSTRACT

Setting up as one of the major sources of income for millions of families around the world, agricultural activity stands out because it generates large amounts of biomass, animal waste and agricultural, considered extremely important in biotechnological processes for generating alternative energy and organic fertilizer. With a view to promoting sustainable development and reducing operating costs in the animal production systems, the anaerobic biodigestion stands out with prominently in the production of biogas and biofertilizer. As integrant part of the study of economic feasibility of the implantation of an Indian model digester on a swine farm small, it was found that is produced an organic fertilizer rich in N, P_2O_5 and K_2O , among other nutrients essential for plant development. For a benefit of R\$ 4,897.65, referred on production of biofertilizer, were found: a NPV of R\$ 21,455.66, IRR of 20.66%, Simple Payback of 4.55 years and Discounted Payback of 5.46 years. These results are considered positive, especially if it is taken into account that the biofertilizer is just one of the byproducts of anaerobic biodigestion, besides the social and environmental benefits that can become a reality from the practice of this technology.

Keywords: Anaerobic biodigestion. Organic fertilizer. Nutrients. Biotechnology. Animal waste.

1 INTRODUÇÃO

O aumento da produção de alimentos e matérias-primas e a intensificação da utilização de insumos se devem ao desenvolvimento da agricultura no Brasil e no mundo. Esse desenvolvimento provocou elevação dos custos de produção e intensificou a utilização de recursos energéticos não renováveis, promovendo debates relacionados aos desafios ambientais, econômicos e sociais decorrentes das práticas agropecuárias (ROMERO *et al.*, 2008).

Dados da Associação Brasileira da Indústria Produtora e Exportadora de Carne Suína e da Associação Brasileira de Criadores de Suínos evidenciam o Brasil como quarto maior produtor, quarto maior exportador e quinto maior consumidor no ranking mundial, superando a meta estabelecida pelo Projeto Nacional de Desenvolvimento da suinocultura (PNDS) para 2011 e reafirmando a suinocultura como responsável pelo desenvolvimento econômico e social de um grande número de municípios brasileiros (ABCS, 2011; ABIPECS, 2011a; ABIPECS, 2012;).

Por outro lado, os problemas ambientais decorrentes da atividade suinícola, que é reconhecida pela larga produção de dejetos, geralmente na forma líquida, com grande potencial poluidor, em virtude da elevada carga de matéria orgânica, nutrientes e metais pesados, não são novidade, visto que ações, projetos, tecnologias e políticas são regularmente propostos com o

intuito de mitigar os efeitos da disposição inadequada desses resíduos (PALHARES, 2008; STEINMETZ *et al.*, 2009).

De acordo com Pereira *et al.* (2008), em função da alta concentração de grandes rebanhos na produção de suínos, pode ocorrer saturação dos ecossistemas locais, que não possuem capacidade de absorver todo o dejetos produzido. Assim, por mais privilegiado que seja o dejetos suíno, por seu potencial fertilizante, o mesmo não deixa de ser um resíduo, um esgoto poluente, que, disposto na natureza, sem os devidos cuidados, causará impactos significativos ao solo, ao ar, às águas superficiais e subterrâneas, bem como a toda forma de vida que habite esse ecossistema.

No entanto essa relevante fonte de degradação ambiental pode também assumir um papel de destaque, em virtude do grande potencial de uso como fertilizante em culturas agrícolas, de forma especial, se forem submetidos a tratamento em reatores anaeróbios (SOARES *et al.*, 2010).

Nogueira (1986) admite que a quantidade de nutrientes presentes em esterco animais varia de acordo com o tipo de animal, com a dieta alimentar e com o manejo adotado. O conteúdo percentual de nutrientes para o esterco verde é bastante diferenciado, com destaque para o esterco suíno, que apresenta composição em torno de 0,50% de N, 0,35% de P_2O_5 e 0,40% de K_2O . O esterco avícola é o que contém maior percentual desses nutrientes em sua composição, porém é produzido em menor quantidade em relação às demais criações.

O biofertilizante tratado em biodigestores anaeróbios é um efluente líquido, resultante da fermentação realizada por bactérias metanogênicas no interior do equipamento, cujas características são passíveis de alterar benéficamente as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, melhorando a capacidade de retenção de água, além de possuir macronutrientes, como nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) (NASCIMENTO, 2010).

Além de não reduzir a capacidade fertilizante dos resíduos e não degradar os nutrientes, a biodigestão aumenta a disponibilidade do nitrogênio em materiais orgânicos, da mesma forma como mantém a disponibilidade do potássio e do fósforo (NOGUEIRA, 1986).

Para Nogueira (1986), o biofertilizante possui outras vantagens, inerentes aos adubos orgânicos: é mais rico em húmus e possui granulação mais fina, o que facilita a mistura e a adequação ao solo. Além disso, o seu pH em torno de 7,5 funciona como corretivo de acidez do solo.

O uso de fertilizantes químicos representa cerca de 40% dos custos da produção agrícola. Essa realidade colabora com os estudos e experiências quanto à utilização do biofertilizante de origem suína, em substituição aos fertilizantes químicos, onde se busca comprovar se esse uso é viável em termos de aumento da produtividade e da redução de custos (SEIDEL *et al.*, 2010).

Assim, o objetivo desta pesquisa foi analisar a viabilidade econômica da substituição dos fertilizantes químicos por biofertilizante orgânico produzido em biodigestores anaeróbios.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A presente pesquisa foi realizada na Fazenda Experimental Professor Hamilton de Abreu Navarro (FEHAN), do Instituto de Ciências Agrárias (ICA) da Universidade Federal de Minas Gerais. *Campus* Regional de Montes Claros/MG. Situada a uma latitude Sul de 16° 43' 41" e longitude Oeste de 43° 52' 54", apresenta altitude média de 646 metros e o clima, segundo classificação de Koppen, é do tipo Aw – tropical de savana, com inverno seco e verão chuvoso e precipitação anual média de 1.049,81 milímetros.

A suinocultura utilizada para realização da pesquisa é classificada como granja de pequeno porte, em virtude do número de animais, que varia entre 80 e 100 cabeças. Opera com o sistema de produção de ciclo completo, ou seja, realiza todas as etapas de produção que são: produção de leitões, cria, recria ou crescimento e terminação desses animais. Os animais permaneceram alojados em baias, de acordo com a categoria: os reprodutores, em baias individuais e as fêmeas em lactação, instaladas em gaiolas. Contou-se, ainda, com uma estrutura de creche para receber os leitões após o desmame. As baias possuem piso de concreto compacto, bebedouros tipo chupeta e comedouros de abastecimento manual.

O biodigestor, objeto desta pesquisa, modelo indiano, de fluxo contínuo, construído em alvenaria, com um gasômetro em chapa de aço emborcado sobre a mistura de dejetos e água, cujas principais características são: volume útil de $17,43 \text{ m}^3$, diâmetro superior (Ø_s) 2,90 m e inferior (Ø_i) 2,70 m. O gasômetro possui volume de $8,42 \text{ m}^3$, diâmetro 2,85 m e altura (H_g) 1,32 m, conforme ilustra a FIG. 1:

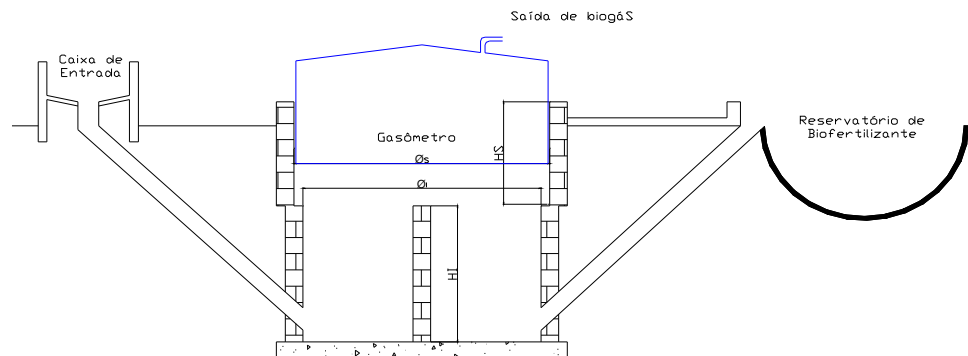


FIGURA 1 – Corte longitudinal do biodigestor utilizado
Fonte: Arquivo pessoal.

Os dejetos foram recolhidos diariamente, por meio de raspagem do piso das baias, e pesados. Foram realizadas análises de sólidos totais, voláteis e fixos, as quais apresentaram resultados médios de 24,00%, 79,53% e 20,47%, respectivamente. Esses dejetos eram então depositados em uma caixa para homogeneização, diluídos em água, numa proporção de 2:1, água: dejetos, até atingir uma mistura de aproximadamente 8% de sólidos totais, que era encaminhada diretamente à caixa de entrada e, daí, ao biodigestor. O tempo de detenção hidráulica (TDH) aplicado ao processo foi de 40 dias.

A capacidade de carga do biodigestor equivale a 145,28 kg de esterco suíno, diluídos em 290,56 L de água, com produção de aproximadamente $435,84 \text{ L dia}^{-1}$ de biofertilizante. O biofertilizante produzido

diariamente foi armazenado em reservatório, para ser utilizado em culturas e em experimentos.

Com a finalidade de se determinar a qualidade, conferida pelo percentual de macro e microelementos em sua composição e a condutividade elétrica, dentre outros, foi realizada a análise de três amostras do biofertilizante produzido na FEHAN, em dias alternados: segunda, quarta e sexta-feira da última semana do mês de abril/2011, de acordo com metodologias e procedimentos analíticos definidos pela Instrução Normativa Nº 28, de 27 de julho de 2007 e Instrução Normativa Nº 24, de 20 de julho de 2007 da Secretaria de Defesa Agropecuária do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

De posse dos valores de produção diária de biofertilizante e do valor médio praticado pelo mercado, para os principais nutrientes usualmente adquiridos pelos produtores, foi possível calcular o benefício gerado com a produção e uso do biofertilizante, por meio do valor monetário, que deixa de ser transferido para as revendas, com a aquisição de fertilizantes químicos.

O cálculo do benefício anual com a produção de fertilizante foi realizado de acordo com Cervi (2009), utilizando-se a Equação 01:

$$BPB = QN \times PNM \quad (01)$$

Onde:

BPB – Benefício com a produção de biofertilizante (R\$ ano⁻¹);

QN – Quantidade de nutrientes presentes no biofertilizante (kg ano⁻¹);

PNM – Preço dos nutrientes praticados no mercado (R\$ kg⁻¹).

Para determinar o valor do investimento inicial, foram calculados os custos de implantação do biodigestor, tais como: despesas com material de construção e mão de obra / serviços.

Conhecendo os valores acima citados, foi possível calcular o investimento inicial, dado pela Equação 02 (CERVI, 2009):

$$II = CM + MO \quad (02)$$

Onde:

II – Investimento inicial (R\$);

CM – Custos com equipamentos (R\$);

MO – Custos com mão de obra/serviços (R\$).

O tempo de retorno do capital investido na implantação do biodigestor foi calculado, levando-se em consideração os custos anuais com depreciação, juros sobre o capital fixo e custos de manutenção e operação.

A depreciação foi calculada, utilizando-se o método linear, conforme a Equação 03, que considera a depreciação como uma função linear do bem, variando uniformemente ao longo da vida útil (BRASIL, 2010).

$$D = \frac{Ci - Cf}{Vu} \quad (03)$$

Onde:

D – Depreciação anual (R\$ ano⁻¹);

Ci – Custos de materiais depreciáveis (R\$);

Cf – Valor final do ativo (R\$);

Vu – Vida útil (anos).

A Instrução Normativa SRF nº 162, de 31 de dezembro de 1998, estabelece o prazo de vida útil para edificações de 25 anos e recipiente de aço para gases, 5 anos, com taxa anual de depreciação igual a 4 e 20% respectivamente (BRASIL, 1998).

A remuneração do capital investido, como componente dos custos anuais do conjunto, é calculada em relação ao capital médio, durante a vida útil dos bens a uma taxa de juros de 6,8% ao ano, correspondente à taxa real de juros da economia brasileira em setembro de 2011. A Equação 04 descrita por Esperancini *et al.* (2007), para cálculo dos juros, é a seguinte:

$$Vk = \frac{Vi + Vf}{2} r \quad (04)$$

Onde:

Vk – Custo de oportunidade do capital (R\$ ano⁻¹);

Vi – Valor total do investimento (R\$);

Vf – Valor final do ativo (R\$);

r – Taxa de juro anual (% ano⁻¹).

São considerados custos anuais com manutenção: a mão de obra necessária para o funcionamento do biodigestor, como: limpeza, manejo dos dejetos e manuseio do biofertilizante. Esse cálculo baseou-se no tempo diário de operação e no salário praticado pelas agroindústrias da região, conforme a Equação 05 (CERVI, 2009):

$$GMO = TOXGS \quad (05)$$

Onde:

GMO – Gasto com mão de obra (R\$);

TO – Tempo de operação exigido (horas ano⁻¹);

GS – Gastos com salário (R\$ hora⁻¹).

De posse dos dados referentes aos custos e aos benefícios originados com a implantação do biodigestor, procedeu-se à análise da viabilidade econômica do sistema, por meio de indicadores de análise de investimentos, que, segundo Nogueira (2009), são: Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e Período de Recuperação do Capital (*Payback*).

De acordo com Assaf Neto (2003), o Valor Presente Líquido expressa o resultado econômico atualizado do investimento e pode ser calculado usando-se a Equação 06:

$$VPL = \sum_{t=0}^n \frac{B_t - C_t}{(1 + r)^t} \quad (06)$$

Onde:

B_t = Benefício do projeto (R\$ ano⁻¹);

C_t = Custo do projeto (R\$ ano⁻¹);

r = Taxa de desconto (%);

t = Contador de tempo (ano⁻¹);

n = Período de vida útil do investimento (ano^{-1}).

O VPL significa, em valores monetários atuais, a diferença entre os recebimentos e os pagamentos de todo o projeto. De acordo com Nogueira (2009), a aceitação do investimento está condicionada ao valor do VPL, ou seja, se o VPL for maior que zero, sinaliza que o investimento deve ser aceito.

A Taxa Interna de Retorno (TIR) é definida como a taxa de juros que torna recebimentos e desembolsos equivalentes na data presente. Em termos matemáticos, a TIR é a taxa que iguala o Valor Presente Líquido a zero e pode ser determinada pela Equação 07 (ASSAF NETO, 2003):

$$\sum_{t=0}^n \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t} = 0 \quad (07)$$

Onde:

B_t = Benefício do projeto ($\text{R\$ ano}^{-1}$);

C_t = Custo do projeto ($\text{R\$ ano}^{-1}$);

r = Taxa de desconto (%);

t = Contador de tempo (ano^{-1});

n = Período de vida útil do investimento (ano^{-1}).

O *Payback* ou período de retorno do investimento pode ser calculado de duas formas: *Payback* simples, onde se calcula o número de períodos necessários para se recuperar o investimento inicial, sem levar em conta o fluxo de caixa e o valor do dinheiro no tempo, e o *Payback* descontado, que calcula o número de períodos necessários para recuperar o investimento, considerando-se o valor do dinheiro no tempo e ajustando os fluxos de caixa a uma taxa de desconto (CASAROTTO FILHO; KOPITCKE, 2007).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios da composição de macro e micronutrientes do biofertilizante produzido na FEHAN, conforme resultado das análises, estão representados na TAB. 1:

TABELA 1

Composição analítica do biofertilizante

Parâmetro	Valor	Desvio padrão
Ph	7,20	0,00
Condutividade elétrica (dS m ⁻¹)	14,74	21,21
N (g L ⁻¹)	4,25	0,52
P ₂ O ₅ (g L ⁻¹)	3,18	0,13
K ₂ O (g L ⁻¹)	1,31	0,01
Ca (g L ⁻¹)	1,95	0,09
Mg (g L ⁻¹)	0,52	0,03
S (g L ⁻¹)	0,08	0,10
B (g L ⁻¹)	0,001	0,00
Zn (g L ⁻¹)	0,0655	0,00
Fe (g L ⁻¹)	0,348	0,02
Mn (g L ⁻¹)	0,026	0,00
Cu (g L ⁻¹)	0,0365	0,00

Fonte: Dados da pesquisa (Junho/2011).

Almeida *et al.* (2008), em estudo sobre a viabilidade técnica, econômica e ambiental de utilização de biodigestores, constataram que, a partir de análises realizadas, o biofertilizante apresentou as seguintes

concentrações de macronutrientes: nitrogênio $1,60 \text{ g L}^{-1}$, fósforo $0,52 \text{ g L}^{-1}$ e potássio $0,45 \text{ g L}^{-1}$. Mediante essas concentrações, esses autores verificaram um ganho adicional de R\$ 2.217,00, equivalente à redução de custos provenientes da substituição de fertilizantes químicos pelo biofertilizante.

Cervi (2009), em trabalho semelhante, avaliou o benefício com a produção de biofertilizante, em granjas de suínos de grande porte, de acordo com a quantidade de macronutrientes, que, segundo análise, apresentou as seguintes concentrações: nitrogênio $0,91 \text{ g L}^{-1}$, fósforo $0,33 \text{ g L}^{-1}$ e potássio $0,30 \text{ g L}^{-1}$. Em função dos preços médios praticados pelo mercado, constatou-se um benefício anual de R\$14.882,24 com a produção de biofertilizante.

Oliveira *et al.* (2011), em estudos sobre a geração de bioenergia e biofertilizante em uma propriedade rural sustentável, relatam que o resultado da análise do biofertilizante produzido na fazenda apresenta a seguinte concentração de nutrientes: 0,5 a 4,0 % de nitrogênio, 0,5 a 5,0 % de fósforo e de 0,5 a 3,0 % de potássio. Esses autores constataram que, na utilização em culturas de café e milho, o biofertilizante supre 40% da demanda total de fertilizantes consumido na fazenda, contribuindo, dessa forma, para comprovar os benefícios da biodigestão anaeróbia e a sustentabilidade do sistema.

Silva *et al.* (2010), ao avaliarem a qualidade de biofertilizantes oriundos da biodigestão anaeróbia de esterco de caprinos e bovinos, submetidos a diferentes sistemas de manejo alimentar, observaram que os teores de N e P_2O_5 do biofertilizante bovino são semelhantes aos do biofertilizante suíno produzido na mesma área experimental, o mesmo não acontecendo com o biofertilizante caprino, que apresenta menor quantidade desses nutrientes em sua composição. No entanto o estudo revela que o percentual de K_2O no biofertilizante caprino é superior aos demais biofertilizantes. Fato similar foi constatado para o nesta pesquisa, onde os valores de potássio foram inferiores aos encontrados por Silva *et al.* (2010).

Moreira *et al.* (2011), em experimento realizado na mesma área experimental, analisaram os efeitos da aplicação de diferentes doses de biofertilizante suíno, em função do teor de P_2O_5 , em comparação com a

aplicação de fertilizantes químicos, formulação 4-14-8, em uma cultura de milho. O referido estudo evidenciou, por meio da resposta das plantas, a eficiência do biofertilizante, quanto ao fornecimento de nutrientes, comprovado com o desenvolvimento da cultura nos aspectos avaliados na pesquisa.

Massé *et al.* (2011) destacaram benefícios agrônômicos da biodigestão anaeróbia dos dejetos suínos: aumento da relação N/P de 3,9 no esterco verde para 5,2 no biofertilizante; redução em até 80% nas concentrações de sólidos voláteis, diminuindo a viscosidade e melhorando a homogeneidade, permitindo uma aplicação mais uniforme do biofertilizante; diminuição da viabilidade de sementes de ervas daninhas e, conseqüentemente, baixa necessidade de aplicar herbicidas nas culturas.

Outro aspecto importante relatado por Kvasauskas e Baltrenas (2009) é que o biofertilizante suíno, concordando com os resultados das análises expostas nesta pesquisa, apresenta pH entre 7,0 – 8,0, considerado mais apropriado para fertilizar solos ácidos. Além disso, os autores compararam a produtividade do milho e constataram que a produção de matéria seca, produção de grãos e teor de proteínas apresentaram valores semelhantes aos de culturas adubadas tanto com biofertilizante quanto com fertilizante mineral.

Conhecendo a composição média do biofertilizante, foi possível calcular a produção anual de N, P₂O₅ e K₂O, com base na produção anual de biofertilizante. Esse cálculo levou em consideração que o biodigestor funcionou durante os 365 dias do ano, operando em sua capacidade total, isto é, produção de 159,08 m³ano⁻¹. A produção anual dos principais nutrientes está representada na TAB. 02.

TABELA 02

Quantidade de nutrientes produzido anualmente pelo biofertilizante

Nutriente	Biofertilizante (m ³ ano ⁻¹)	Concentração nutriente (g L ⁻¹)	Quantidade nutriente (kg ano ⁻¹)
N	159,08	4,25	676,09

P ₂ O ₅	159,08	3,18	505,87
K ₂ O	159,08	1,31	208,39

Fonte: Dados da pesquisa.

Com base na quantidade de nutrientes (kg ano⁻¹), foi possível calcular o equivalente em adubo químico (kg ano⁻¹) que foi substituído pelo biofertilizante suíno e que, conseqüentemente, deixou de ser adquirido, gerando benefícios financeiros.

Para o cálculo desse benefício financeiro, foram utilizados os valores correspondentes aos custos dos principais fertilizantes químicos, praticados de janeiro a julho de 2011, conforme dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), expressos na TAB. 3.

TABELA 3

Quantidade de nutrientes equivalente em adubo comercial, preço unitário e valor total com a utilização de biofertilizante

Fertilizante comercial	Quantidade de nutrientes (kg ano ⁻¹)	Equivalente em adubo comercial (kg ano ⁻¹)	Preço unitário (R\$/kg)	Valor total (R\$)
Super Simples (20% de P ₂ O ₅)	505,87	2.529,35	0,69	1.745,25
Cloreto de Potássio (60% de K ₂ O)	208,39	347,32	1,29	448,04
Sulfato de amônio (20% de N)	676,09	3.380,45	0,80	2.704,36
Total				4.897,65

Fonte: Dados da Pesquisa.

O capital inicial investido foi calculado, somando-se os custos do biodigestor, divididos em materiais (R\$ 9.609,20) e mão de obra / serviços (R\$ 2.225,00), perfazendo um total de R\$ 11.834,20.

A despesa anual com a depreciação do biodigestor durante os cinco primeiros anos foi de R\$ 1.203,57. Após esse período, considerou-se o

gasômetro totalmente depreciado. O valor da depreciação passou a ser somente sobre a construção em alvenaria, com um valor igual a R\$ 179,57.

Os juros anuais sobre o capital inicial investido foram de R\$ 402,36 e as despesas com manutenção e operação do biodigestor e equipamentos, R\$ 693,64. Os custos totais e o fluxo de caixa foram calculados de acordo com o valor da depreciação, ou seja, do primeiro ao quinto ano e, depois, do sexto ao décimo ano.

Esses valores, dispostos na TAB. 4, compõem o cálculo da viabilidade econômica por meio do VPL, TIR e *Payback*, que foi calculada considerando-se um prazo de 10 anos de durabilidade do projeto.

TABELA 4

Valores monetários dos benefícios, custos e indicadores econômicos, resultantes da implantação do biodigestor modelo indiano

Itens	Valores
Benefício (R\$ ano ⁻¹)	4.897,65
Custo 1 (1º - 5º ano) (R\$ ano ⁻¹)	2.299,57
Custo 2 (6º - 10º ano) (R\$ ano ⁻¹)	1.275,57
Fluxo de Caixa 1 (1º - 5º ano) (R\$)	2.598,08
Fluxo de Caixa 2 (6º - 10º ano) (R\$)	3.622,08
VLP (R\$)	21.455,66
TIR (%)	20,66%
Payback Simples (ano)	4,55
Payback Descontado (ano)	5,46

Fonte: Dados da pesquisa.

Os meios de distribuição do biofertilizante e os custos referentes a esse procedimento não foram contabilizados no cálculo da viabilidade econômica. Caberá a cada produtor, diante dos recursos disponíveis na propriedade, definir a melhor forma de executá-lo.

Os valores do benefício, dos custos anuais, dos fluxos de caixa, do VPL, da TIR e do Payback estão expostos na TAB. 4, de acordo com os

valores encontrados por Esperancini *et al.* (2007), em estudo sobre a viabilidade técnica e econômica da substituição de fontes convencionais de energia. Esses autores constataram ganho real com a implantação de biodigestores em assentamentos rurais, traduzidos em benefícios financeiros, sociais e ambientais.

Assim, é importante ressaltar que o benefício econômico verificado pela presente pesquisa se refere unicamente à produção e ao uso de biofertilizante, uma vez que o processo de biodigestão anaeróbia produz também o biogás, uma fonte de energia alternativa, além de benefícios ambientais, como o saneamento dos dejetos, dentre outras externalidades positivas desse processo.

4 CONCLUSÃO

Diante dos resultados da análise de viabilidade econômica, conclui-se que a implantação de um biodigestor em granja de suínos de pequeno porte para produção de biofertilizante, por meio do processo de biodigestão anaeróbia, agrega valor à atividade, evidenciado pelo benefício financeiro gerado com a substituição do fertilizante químico, pelo tempo de retorno do investimento, além dos benefícios ambientais promovidos pelo adequado tratamento dos dejetos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados encontrados na presente pesquisa indicam a viabilidade econômica da implantação de biodigestores em pequenas granjas produtoras de suínos.

Separadamente, os valores dos indicadores econômicos retratam a importância do uso da energia fornecida pelo biogás como alternativa à substituição total ou parcial das fontes convencionais de energia e, da mesma forma, o uso do biofertilizante, em detrimento dos principais adubos químicos adquiridos no mercado.

Mesmo apresentando fluxos menores em relação ao uso do biogás, o uso do biofertilizante se mostrou viável, atendendo às perspectivas propostas, principalmente se considerar que o biogás é potencialmente mais rentável e que, em virtude disso, apresenta um tempo de retorno do investimento menor, se comparado ao biofertilizante.

Vale ressaltar que a presente pesquisa não contemplou uma análise de viabilidade do uso conjunto do biogás e fertilizante, o que, com certeza apresentaria valores bem mais promissores que os encontrados.

Importante também considerar que a estrutura necessária para a implantação do biodigestor não necessita de alterações significativas em caso do uso somente do biogás ou do uso do biogás e biofertilizante.

Pertinente, ainda, recomendar a realização de trabalhos que contribuam para a implantação de projetos no âmbito do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), com a finalidade de amenizar os impactos causados pela suinocultura e promover a disseminação dos benefícios econômicos, sociais e ambientais do uso de tecnologias para o tratamento de dejetos provenientes dos sistemas de criação animal, alterando, dessa forma, padrões comportamentais e culturais.

REFERÊNCIAS

ABCS. Associação Brasileira de Criadores de Suínos. Mercado Interno. Associação Brasileira de Criadores de Suínos, **Revista da Suinocultura**, Brasília, DF, n. 4, p. 16-17, 2011. Disponível em: <http://issuu.com/revistaabccs/docs/revista_da_suinocultura_4_edicao?mode=window&pageNumber=1>. Acesso em: 18 maio 2012.

ABIPECS. Associação Brasileira da Indústria Produtora e Exportadores de Carne Suína. **Relatório 2010/2011**. Associação Brasileira da Indústria Produtora e Exportadores de Carne Suína, São Paulo, 2011. Disponível em: <http://www.abipecs.org.br/uploads/relatorios/relatorios-associados/ABIPECS_relatorio_2010_pt.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2012.

ABIPECS. Associação Brasileira da Indústria Produtora e Exportadores de Carne Suína. **Relatório 2011/2012**. Associação Brasileira da Indústria Produtora e Exportadores de Carne Suína, São Paulo, 2012. Disponível em: <http://www.abipecs.org.br/uploads/relatorios/relatorios-associados/ABIPECS_relatorio_2011_pt.pdf>. Acesso em: 18 maio 2012.

AIRES, A. M. **Biodigestão anaeróbia da cama de frangos de corte com ou sem separação das frações sólida e líquida**. 2009. 134 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2009.

ALMEIDA, S. C. A. de; FRANÇA, V. C. de; MAURO JUNIOR, L. Estudo de viabilidade técnica, econômica e ambiental de utilização de biodigestores em uma fazenda no Recreio dos Bandeirantes, Rio de Janeiro. *In: CONGRESSO INTERNACIONAL SOBRE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA E ENERGIA NO MEIO RURAL*, 7, Fortaleza, 2008.

ALVES, R. G. C. de M. **Tratamento e valorização de dejetos da suinocultura através de processos anaeróbios – Operação e avaliação de diversos reatores em escala real**. 2007. 148 f. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, 2007.

ANDRADE, A. L. C. de; MATTEI, L. A (in) sustentabilidade da matriz energética brasileira. IX Encontro da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica – **Políticas Públicas e a Perspectiva da Economia Ecológica**. Brasília, DF, 2011.

ANGONESE, A. R.; CAMPOS, A.T.; ZACARKIM, C.E.; MATSUO, M. S.; CUNHA, F. Eficiência energética de sistema de produção de suínos com tratamento de resíduos em biodigestor. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.10, n.3, p.745-750, 2006.

ASSAF NETO, A.. **Finanças corporativas e valor**. São Paulo: Atlas, 2003. 609 p.

BARREIRA, P. **Biodigestores**: energia, fertilidade e saneamento para a zona rural. São Paulo: Ícone, 1993. 106 p.

BENINCASA, M.; ORTOLANI, A. F.; LUCAS JÚNIOR, J. **Biodigestores convencionais**. Jaboticabal, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 1986. 25 p.

BERGIER, I.; ALMEIDA, J. A. R. de. Agrosuinocultura: solução sustentável brasileira. **Revista CFMV**, Brasília, DF, ano XVI, n. 50, 2010.

BLEY JÚNIOR, C. A suinocultura e o meio ambiente. Encontros Técnicos ABRAVES SC, 2000. **Memórias 2000**. Concórdia, SC: Embrapa Suínos e Aves, 2001.p.79-87.

BRAGA, V. C. **Análise da viabilidade na implantação de biodigestores para tratamento e valoração de dejetos suínos na Granja Brasil – AGROCERES PIC**. 2006. 93 f. Monografia (Graduação em Administração) - Faculdade de Ciências Administrativas de Patos de Minas, Patos de Minas, 2006.

BRASIL. Laboratório Nacional de Referência Vegetal. **Análise de corretivos, fertilizantes e inoculantes; métodos oficiais**. Ministério da Agricultura. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária, Brasília, DF, 1983. 104 p.

BRASIL. Secretaria da Receita Federal. Instrução Normativa SRF nº 162 de 31 de dezembro de 1998. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 07 de janeiro de 1999. Seção 1, p. 5.

BRASIL. Confederação Nacional da Indústria. **Matriz energética**: cenários, oportunidades e desafios CNI. Confederação Nacional da Indústria, Brasília, DF, 2007a. 82 p.

BRASIL. Empresa de Pesquisa Energética. Balanço Energético Nacional 2007: ano base 2006. Empresa de Pesquisa Energética – EPE, Rio de Janeiro, 2007b. 192p. Disponível em: <<https://www.ben.epe.gov.br/downloads/BEN2007VersaoCompleta.pdf>>. Acesso em: 03 maio 2010.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Agrário. **Agricultura familiar no Brasil e o censo agropecuário 2006**. Ministério do Desenvolvimento Agrário, Brasília, DF, 2009.

BRASIL. Companhia Nacional de Abastecimento. **Custos de produção agrícola**: a metodologia da Conab. Companhia Nacional de Abastecimento – Conab, Brasília, DF, 2010. 60 p.

BRASIL. Empresa de Pesquisa Energética. **Balanço Energético Nacional 2011**: Ano base 2010. Empresa de Pesquisa Energética – EPE, Rio de Janeiro, 2011a. 266 p. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2011.pdf>. Acesso em 30 mar 2012.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Estatísticas da Produção Agrícola – Dezembro 2011. **Indicadores IBGE**, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, 2011b. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/estProdAgr_201112.pdf>. Acesso em: 28 mar. 2012.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Estatísticas da Produção Agrícola – Dezembro 2011. **Indicadores IBGE**, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, 2011c. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/producaoagropecuaria/abate-leite-couro-ovos_201104_publ_completa.pdf>. Acesso em: 28 mar. 2012.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL. Resolução Homologatória nº 1.127 de 05 de abril de 2011. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 08 de abril de 2011d. Seção 1, p. 62.

BROWN, B. B., YRIDOE, E. K.; GORDON, R. Impact of single versus multiple policy options on the economic feasibility of biogas energy production: Swine and dairy operations in Nova Scotia. **Energy Policy**, n. 35, p. 4597-4610, Nova Scotia, Canada, 2007.

CAETANO, L. **Metodologia para estimativa da produção contínua de biogás em biodigestores modelo indiano**. 1991. 112f. Tese (Doutorado em Agronomia - Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1991.

CASAROTTO FILHO, N.; KOPITKE, B. H. **Análise de investimentos: matemática financeira, engenharia econômica, tomada de decisão, estratégia empresarial**. 10. ed. São Paulo: Atlas, 2007. 468 p.

CERVI, R. G. **Avaliação econômica do aproveitamento do biogás e biofertilizante produzido por biodigestão anaeróbia: estudo de caso em unidade biointegrada**. 2009. 67 f. Dissertação (Mestrado – Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2009.

CERVI, R. G.; ESPERANCINI, M. S. T.; BUENO, O. de C. Viabilidade econômica da utilização do biogás produzido em granja suinícola para geração de energia elétrica. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 5, p. 831-844, 2010.

COLDEBELLA, A.; SOUZA, S. N. M. de; SOUZA, J. ; KOHELER, A. C. Viabilidade da cogeração de energia elétrica com biogás da bovinocultura de leite. In: CONGRESSO INTERNACIONAL SOBRE GERAÇÃO DISTRIBUIÇÃO E ENERGIA NO MEIO RURAL, 6., 2006, Campinas, SP. **Anais...** Campinas: 2006. p. 9.

COLDEBELLA, A.; SOUZA, S. N. M. de; FERRI, P.; KOLLING, E. M. Viabilidade da geração de energia elétrica através de um motor gerador utilizando biogás da suinocultura. **Informe Gepec**, v. 12, n. 2, jul./dez. 2008.

COLEN, F. **Potencial energético do caldo de cana-de-açúcar como substrato em reator UASB**. 2003. 90 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2003.

COLEN, F.; PASQUAL, A. Potencial energético do caldo de cana de açúcar (*Saccharum sp*) como substrato em reator UASB. **Energia na Agricultura**, Jaboticabal, v. 18, n. 4, 2003.

CÔNSOLI, M. A.; LOPES, F. F.; NEVES, M. F. **Análise financeira de projetos em sistemas de alimentos e bioenergia**. In: NEVES, M. F. (Coord.). Agronegócio e desenvolvimento sustentável: uma agenda para

liderança mundial na produção de alimentos e bioenergia. São Paulo, SP: Atlas, 2007. 166 p.

CORTEZ, L. A. B.; SILVA, A. da; LUCAS JÚNIOR, J. de; JORDAN, R. A.; CASTRO, L. R. de. Biodigestão anaeróbia. *In*: CORTEZ, L. A. B.; LORA, E. E. S.; OLIVARES, E. (Orgs.). **Biomassa para energia**. Campinas: Editora da UNICAMP, 2008. p. 493-530.

CRUZ, A. F.; WANDER, A.; SOUZA, A. G. de. Viabilidade econômica do uso do biodigestor na suinocultura. *In*: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 45., Londrina. **Anais...** Londrina: SOBER, 2007.

DEGANUTTI, R., PALHACI, M. do C. J. P., ROSSI, Marco. Biodigestores rurais: modelo indiano, chinês e batelada. *In*: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 4., Campinas. [**Anais eletrônicos...**] Campinas, 2002. 5 p.

DIESEL, R.; MIRANDA, C. R.; PERDOMO, C. C. Coletânea de tecnologias sobre dejetos de suínos. **Embrapa Suínos e Aves**. Concórdia, SC, 2002. 31p. Disponível em: <<http://docsagencia.cnptia.embrapa.br/suino/bipers/bipers14.pdf>>. Acesso em: 01 maio 2010.

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.

FONSECA, F. S. de T.; ARAUJO, A. R. A. de; HENDGES, T. L. Análise de viabilidade econômica de biodigestores na atividade suinícola na cidade de Balsas – MA: um estudo de caso. *In*: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 47., Porto Alegre, RS. **Anais...** Porto Alegre, RS: SOBER, 2009. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/13/687.pdf>>. Acesso em: 13 abr. 2010.

GONÇALVES, R. G.; PALMEIRA, E. M. Suinocultura Brasileira. Observatorio de La Economía Latino-americana, **Revista Académica de Economía**, n. 71, 2006. Disponível em:<<http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/br>>. Acesso em: 27 mar. 2012.

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**. 2003. 105p. Dissertação (Mestrado –

Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

GASPAR, R. M. B. L.; OSÉS, J. E. R. Avaliação do perfil do pequeno e médio investidor adequado à modalidade de fundo de investimento financeiro, em longo prazo, com agregador de valor. **Ciências Sociais em Perspectiva**, Cascavel, v. 10, n. 6, p.149-162, 2007.

GEBREZGABHER, S. A.; MEUWISSEN, M. P. M.; PRINS, B. A. M. e LANSINK, A. G. J. M.O. Economic analysis of anaerobic digestion – A case of Green Power biogas plant in the Netherlands. **NJAS – Wageningen Journal of Life Sciences**, v. 57, p. 109 – 115, 2010.

GOLDEMBERG, J.; LUCON, O. Energia e meio ambiente no Brasil. **Estudos avançados**. 2007, v.21, n.59. São Paulo, SP: USP, 2007. Disponível em: <http://www.fcmc.es.gov.br/download/Energia_meioambiente.pdf>. Acesso em: 23 abr. 2010.

GOODRICH, P. R.; SCHMIDT, D.; HAUBENSCHILD, D. Anaerobic digestion for energy and pollution control. **Agricultural Engineering International: E. Journal**, v. 7, 2005.

GROPPELLI, A. A.; NIKBAKHT, E. **Administração Financeira**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2006. 496 p.

GUARDABASSI, P. M. **Sustentabilidade da biomassa como fonte de energia: perspectivas para países em desenvolvimento**. 2006. 126 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

GUSMÃO, M. M. F. e C. de C. **Produção de biogás em diferentes sistemas de criação de suínos em Santa Catarina**. 2008. 170 f. Dissertação (Mestrado – Engenharia Ambiental) -Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, 2008.

HOLM-NIELSEN, J. B.; AL SEADI, T.; OLESKOWICZ-POPIEEL, P. The future of anaerobic digestion and biogas utilization. **Bioresource Technology**, v. 100, p. 5478–5484, 2009.

JORGE, L. C. **Estudo da viabilidade da implantação de biodigestores anaeróbicos no município de Paty do Alferes – RJ, uma contribuição para minimizar a degradação ambiental na área rural**. 2004. 76 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Ambiental) - Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2004.

KUNZ, A.; PERDOMO, C. C.; OLIVEIRA, P. A. V. O. Biodigestores: avanços e retrocessos. **Suinocultura Industrial**, Porto Feliz, n.178, p.14-16, 2004.

KUNZ, A.; MIELE, M.; STEINMETZ, R. L. R. Advanced swine manure treatment and utilization in Brazil. **Bioresource Technology**, v.100, n. 22, p. 5485-5489, 2009.

KUNZ, A.; HIGARASHIS, M. M.; OLIVEIRA, P. A. Tecnologias de manejo e tratamento de dejetos de suínos estudadas no Brasil. **Caderno de Ciência e Tecnologia**, v. 22, n. 3, p. 652-665, 2005. Disponível em: <<http://www.nucleovet.com.br/nucleovet/pdfs/ac/acsui5.pdf>>. Acesso em: 05 maio 2010.

KVASAUSKAS, M.; BALTRENAS, P. Research on anaerobically treated organic waste suitability for soil fertilization. **J. Environ. Eng. Landsc. Manag.**, v.17 , p. 205–211, 2009.

LAZARUS, W. F.; RUDSTROM M. The economics of anaerobic digester operation on a Minnesota dairy farm. **Review of Agricultural Economics**, v. 29, n. 2, p. 349-364, Minnesota, 2007.

LEAL, M. R. L. V.; BEZERRA, M. A. de; CRAVEIRO, P. M. A. Energias Renováveis. In: **Química Verde no Brasil: 2010-2030**. Brasília, DF: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2010. Cap. 9, p. 375-432. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/884418>> Acesso em: 28 mar. 2012.

MASSÉ, D. I.; TALBOT, G.; GILBERT, Y. On farm biogas production: a method to reduce GHG emissions and develop more sustainable livestock operations. **Animal Feed Science and Technology**, p. 436 – 445, 2011.

METHA, A. The economics and feasibility of electricity generation using manure digesters on small and mid-size dairy farms. **Department of Agricultural and Applied Economics**. University of Wisconsin, Madison, USA, 2002.

MIELE, M.; SANTOS FILHO, J. I. dos; MARTINS, F. M.; SANDI, A. J. O desenvolvimento da suinocultura brasileira nos últimos 35 anos. In: SOUZA, J. C. P. V. B.; TALAMINI, D. J. D.; SCHEUERMANN, G. N.; SCHMIDT, G. S. (Eds.). **Sonho, desafio e tecnologia: 35 anos de contribuições da Embrapa Suínos e Aves**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2011. Capítulo 3, p. 85-102.

MOREIRA, E. D. S.; FERNANDES, L. A.; COLEN, F.; CRUZ, L. R. da; DINIZ, M. F.; MOREIRA, I. T. S. Características morfológicas do milho adubado com biofertilizante suíno e fertilizante químico. **Cadernos de Agroecologia**, v. 6, n. 2, Fortaleza, 2011.

NASCIMENTO, R. C. do. O uso do biofertilizante em solos agrícolas do cerrado da Região do Alto Paranaíba (MG). **Boletim Goiano de Geografia**,

Instituto de Estudos Socioambientais – IESA, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, v. 10, n. 2, p. 55-66, 2010.

NOGUEIRA, E. **Análise de Investimentos**. In. BATALHA, M. O. (Coord.). Gestão Agroindustrial: GEPAL: Grupo de estudos e pesquisas agroindustriais. 5. ed. São Paulo, SP: Atlas, 2009. 419 p.

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

OLIVEIRA, S. V. W. B. de; LEONETI, A. B.; CALDO, G. M. M.; OLIVEIRA, M. M. B. de. Generation of bioenergy and biofertilizer on a sustainable rural property. **Biomass e Bionergy**, v. 35, n.7, p. 2608 – 2618, 2011.

PALHARES, J. C. P. Biodigestão anaeróbia de dejetos de suínos: aprendendo com o passado para entender o presente e garantir o futuro. 2008. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2008_1/Biodigestao/index.htm>. Acesso em: 29 nov. 2011.

PEREIRA, B. D.; MAIA, J. C. S.; CAMILOT, R. Eficiência técnica na suinocultura: efeito dos gastos com o meio ambiente e da renúncia fiscal. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.12, n.2, p.200-204, 2008.

QUEIROZ, S. de C. **Modelagem da produção acumulada de biogás em biodigestores tipo batelada segundo a porcentagem de inoculo adicionada utilizando os modelos de regressão não linear de Gompertz e exponencial**. 2003. 102f. Tese (Doutorado em Agronomia - Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2003.

ROMERO, M. G. C.; BUENO, O. de C.; ESPERANCINI, M. S. T. Eficiência energética e econômica em sistemas familiares de produção de algodão. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 38, n.1, 2008.

SACHS, I. A revolução energética do século XXI. **Estudos avançados**. 2007, vol.21, n.59. São Paulo, SP: USP, 2007.

SCHULTZ, G. **Boas práticas ambientais na suinocultura**. Porto Alegre: SEBRAE, 2007. 44p.

SEIDEL, E. P.; GONÇALVES, A. C. J.; VANIN, J. P.; STREY, L.; SCHWANTES, D.; NACKE, H. Aplicação de dejetos de suínos na cultura do milho cultivado em sistema de plantio direto. **Acta Scientiarum Technology**. Maringá, v. 32, n. 2, p. 113-117, 2010.

SEIXAS, F. J. M. de, PASCHOARELI JR., D.; FARIA JR., M. J. A. Impacto da utilização de inversores em sistemas de geração distribuída sobre

equipamentos rurais. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 4., Campinas. **Anais...** Campinas: 2002.

SGANZERLA, E. **Biodigestor**: uma solução. Porto Alegre, Agropecuária, 1983. 88 p.

SILVA, N. A. da. **Manual de biodigestor**: modelo chinês. 2. ed. Brasília: EMBRATER, 1981. 76 p.

SILVA, G. B. M. dos S.; DUTRA, E. D.; MENEZES, R. S. C.; SANTOS, D. C. dos e RODRIGUES, T. R. Qualidade de biofertilizantes oriundos da biodigestão anaeróbia de esterco de animais no semiárido. JORNADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 10., 2010, Recife. **Anais...** Recife: Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2010.

SOARES, M. T. S.; GALVANIL, F.; FERNANDES, A. H. B. M.; FERNANDES, F. A.; OLIVIERI, F. L.; LIMA, I. B. B. T. de; CRISPIM, S. M. A.; FRANCO, E.; RIEGER, K. L. Caracterização físico-química de efluentes líquidos de granjas suínas tratados em biodigestor. In: SIMPÓSIO SOBRE RECURSOS NATURAIS E SOCIOECONÔMICOS DO PANTANAL, 5., 2010, Corumbá, MS. **Anais...** Corumbá, MS: 2010.

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

STEINMETZ, R. L. R.; KUNZ, A.; DRESSLER, F. E. M. M.; MARTINS, A. F. Study of metal distribution in raw end screened swine manure. **CLEAN – Soil, Air, Water**, v.37, n.3, p.239-244, 2009.

TALAMINI, E.; FERREIRA, G. M. V. **Mercado Internacional da carne suína: variáveis que influenciam no número de países exportadores**. Texto para discussão nº 03/2006. Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2006.

TOLMASQUIM, M. T.; GUERREIRO, A.; GORINI, R. Matriz energética brasileira: uma prospectiva. **Novos Estudos** – CEBRAP, p. 47-69, 2007.

VANOTTI, M.; SZOGI, A.; BERNAL, M. P. Livestock waste treatment systems of the future: A challenge to environmental quality, food safety, and sustainability. **Bioresource Technology**, v.10, p. 5371-5373, 2009.

VICHI, F. M.; MANSOR, M. T. C. Energia, meio ambiente e economia: o Brasil no contexto mundial. **Química Nova**, v. 32, n.3, p. 757-767, 2009.

WARREN, C. S.; REEVE, J. M.; FESS, P. E. **Contabilidade gerencial**. 2. ed. São Paulo, SP: Thomson Learning, 2008. 587 p.

WEILAND, P. Biomass digestion in agriculture: a successful pathway for the energy production and waste treatment in Germany. **Engineering in life sciences**, v.6, p. 302–309, 2006.

WESTERMAN, P. W.; BICUDO, J. R. Management considerations for organic waste use in agriculture. **Bioresource Tecnologia**, v. 96, p. 215-221, 2005.