



**Universidade Federal de Santa Maria – UFSM
Educação a Distância da UFSM – EAD
Universidade Aberta do Brasil – UAB**

**Curso de Pós-Graduação em Eficiência Energética Aplicada aos
Processos Produtivos**

Polo: Quaraí

**AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA GERAÇÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DO BIOGÁS PROVENIENTE DA
BIODIGESTÃO DE DEJETOS SUÍNOS**

SCARPETTA, Aline¹

HOFFMANN, Ronaldo²

MAYER, Flávio³

RESUMO

O crescimento populacional contínuo e o conseqüente consumo de energia e alimentos, propicia o desenvolvimento da agroenergia, elevando o potencial das propensões locais. Em sua produção, o setor agropecuário gera resíduos sem valor de mercado agregado. A biomassa resultante do confinamento de animais, que no caso da suinocultura possui elevada carga orgânica, quando disposta na natureza

¹ Engenheira Ambiental pela UDC e Acadêmica de Eficiência Energética Aplicada aos Processos Produtivos pela Universidade de Santa Maria, Santa Maria, RS.

² Departamento de Engenharia Química. Professor Orientador. Universidade de Santa Maria, Santa Maria, RS.

³ Dr. Eng^o Químico. Coorientador. Universidade de Santa Maria, Santa Maria, RS.

sem o devido tratamento sanitário culmina em forte passivo ambiental. A biodigestão desta biomassa com a consequente produção de biogás por meio do tratamento adequado dos dejetos, pode propiciar o auto-suprimento de energia de propriedades rurais. Via de regra, isso ocorre de forma econômica, social e ambientalmente sustentável. A conversão da biomassa em energia, também agrega valor ao digestato (biofertilizante), e, por conseguinte, produz renda ao produtor rural, ou seja, transforma um passivo ambiental em um ativo econômico, atendendo as expectativas do desenvolvimento sustentável com foco na eficiência e na segurança energética. Este estudo foi desenvolvido em uma Fazenda no estado do Mato Grosso do Sul. Sua atividade está voltada a suinocultura, com um plantel de 100 mil suínos distribuídos em 10 granjas, que produz em média 184.645,40 m³/ano de dejetos, representando um potencial de produção de biogás de 2.921.066,37 m³/ano, que convertido em energia elétrica representa 4.089.492,92 kWh/ano. O estudo apresenta a análise de viabilidade econômica e financeira para aproveitamento energético do biogás em moto geradores para geração de energia elétrica e do biofertilizante produzido em suas dependências para fertirrigação, considerando seus respectivos usos e benefícios. A geração da energia elétrica produzida atende as atividades internas da propriedade, o que demonstra uma possibilidade concreta em tornar a propriedade rural energeticamente sustentável, reduzindo sua dependência por fontes convencionais de energia. Dessa forma, é possível concluir que há um potencial de produção de biogás para a geração de energia elétrica suficiente para suprir 90% da energia consumida na Fazenda e com um custo evitado na ordem de 78%, que representa R\$ 873.823,27/ano. Além disso, nesse cenário é possível agregar valor ao coproduto do sistema de biodigestão, o biofertilizante, que representou uma receita econômica de R\$ 1.031.816,22 ao ano na compra de fertilizantes e adubos químicos, além de evitar externalidades negativas pela disposição inadequada dos resíduos.

Palavras-chave: biogás, energia elétrica, viabilidade econômica, eficiência energética.

ABSTRACT:

The world stage is faced with a continuous growth of population and consequently the consumption of energy and food, promotes the development of agro-energy, that raise the potential of local propensities. In its production, the agricultural sector generates non value-added market waste. Biomass resulting from the confinement of pig farming has high organic load, when released in nature without proper health treatment, culminates in strong environmental liabilities. The biodigestion of this biomass generate biogas through the proper handling of waste that can provide self-supply at rural properties. As a rule, this is economically, socially and environmentally sustainable. The conversion of biomass into energy, also adds value to digestato (biofertilizer), and, therefore, generates income to the rural producer, i.e. transforms a passive in an active economic environment, meeting the expectations of sustainable development with a focus on efficiency and on energy security. This study was developed in a farm in the Mato Grosso do Sul State. The activity of this farm is targeting the swine farms and produces an average of 184.645,40 m³/year of waste, which represents a biogas production potential of around 2,921,066.37 m³/year, which converted into electrical energy is equivalent to 4,089,492.92 kWh/year. The study presents an analysis of economic and financial feasibility for energy use of biogas in electricity generation and biofertilizer produced in its dependencies, considering their respective uses and benefits. The generation of electric power is for the inner property activities, which shows a concrete possibility to make the rural property energetically sustainable, in order to reduce their dependence from conventional sources of energy. So, it is possible to conclude that there is a potential for production of biogas for power generation enough to supply 90% of the energy consumed on the farm and reducing 78% the production costs, which represents R\$ 873.823,27/year. In addition, in this scenario it is possible to add value to the second product of the biodigestion process, that is the biofertilizer, which represented an economic income of R\$ 1,031,816.22 per year on the purchase of fertilizers and chemical fertilizers, and avoiding negative externalities by improper waste disposal.

Key words: biogas, electric energy, economic viability, energy efficiency.

1 INTRODUÇÃO

A energia elétrica é um fator determinante para o desenvolvimento mundial, em que as projeções de crescimento dos países em termos tecnológicos e econômicos, bem como, o crescimento populacional são dependentes dessa fonte de energia.

O cenário mundial se depara com um crescimento contínuo no consumo de energia elétrica, apresentando-se necessidades estratégicas de aumentar sua produção, por meio de processos mais eficientes e diversificação da matriz energética existente.

Nesse cenário o Brasil tem buscado suprir sua demanda energética mediante utilização de processos mais sustentáveis e eficientes, abrindo espaço para o desenvolvimento da chamada agroenergia por meio do potencial das propensões locais, apresentando características para o crescimento das energias renováveis.

A elevação dos preços dos combustíveis e a relativa fragilidade do setor energético, principalmente por questões climáticas, conduz ao uso racional da energia elétrica, também no âmbito da agropecuária. Desde então, a chamada “conservação de energia” tem sido considerada como um recurso energético adicional.

Desta forma a geração de energia elétrica é um dos elementos mais importantes no desenvolvimento do Brasil, emergindo daí a geração distribuída ou, não centralizada, com aproveitamento da biomassa residual.

O aspecto energia é cada vez mais evidenciado pela interferência no custo final da produção, em que as oscilações de preço da eletricidade e a indisponibilidade por biomassa florestal para fins de utilização como energia térmica, podem dificultar sobremaneira a competitividade do setor.

A fazenda em estudo, localizada no estado do Mato Grosso do Sul, atua na produção agrícola e animal voltada à suinocultura e à bovinocultura extensiva e intensiva, tendo como prática o confinamento. Conta também com 2 fábricas de rações, sendo uma para atender a suinocultura e a outra para atender a bovinocultura no período de confinamento. Cerca de 100 mil suínos encontram-se distribuídos em 10 granjas. O setor suinícola se caracteriza pela alto consumo

energético sub-divididos em térmico (lenha), elétrico (convencional) e combustível veicular (diesel).

Perspectivas da agropecuária demonstram que, em curto prazo, haverá diminuição do número de criadores de animais, aumento da escalabilidade e da eficiência reprodutiva, redução da idade de abate mediante o emprego de novas tecnologias, o que provoca uma pressão sobre os recursos naturais, aumentando a demanda por água e a emissão de dejetos e gases poluentes no meio ambiente.

A produção agropecuária gera resíduos sem valor agregado, como os dejetos animais. A atividade de suinocultura da fazenda em estudo produz 606,04 m³/dia de efluentes com alta carga orgânica e toda a espécie de poluentes químicos e biológicos que quando disposto inadequadamente culminam em passivos ambiental que inclui a contaminação do solo e dos recursos hídricos.

O tratamento adequado dos resíduos pode proporcionar, por meio da instalação de sistemas de biodigestão, o aproveitamento da biomassa para se produzir o biogás e, conseqüentemente, e suprir energeticamente as atividades inerentes da unidade agropecuária em estudo. Nesse contexto, a oportunidade de utilização do biogás para obtenção de energia elétrica, transforma um passivo ambiental em um ativo econômico que atende diversas expectativas do desenvolvimento sustentável com foco na eficiência e na segurança energética.

A eficiência ocorre com a aproximação da fonte geradora ao consumidor, evitando perdas em linhas de transmissão e em transformadores. Ainda no Modelo 6 do PROPEE, que tem por objetivo estabelecer diretrizes para projetos de eficiência energética de geração proveniente de fonte incentivada de energia elétrica, como a biomassa, considera o ponto de vista do consumidor, ou seja, os benefícios energéticos (energia economizada e demanda na ponta evitada).

É importante destacar o agravante de se desperdiçar diariamente estes dejetos e todo esse potencial energético. Além do uso do biogás, o biofertilizante, gerado no mesmo biodigestor, reduz a necessidade da aplicação dos adubos químicos nas culturas agrícolas.

Este estudo apresenta a análise de viabilidade econômica para aproveitamento energético do biogás na geração de energia elétrica e do biofertilizante em uma fazenda, considerando seus respectivos usos e benefícios.

Assim, tem-se uma motivação fundamentada nos princípios da política

energética, ou seja, possibilitando a transformação de resíduos agropecuários, potencial fonte de poluição, em produtos rentáveis, como biogás e biofertilizante, o que vem a contribuir para a redução de impactos ambientais, com benefícios econômicos decorrentes de custos evitados com a substituição de fontes convencionais de energia pela energia do biogás e sociais, além de se estimular a criação de uma cadeia voltada ao mercado do biogás, oportunizando assim, a eficiência e a segurança energética com a contribuição para se diversificar nossa matriz energética nacional.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Matriz energética

A perspectiva para as próximas décadas é de crise do setor energético, devido ao crescimento populacional e a incompatibilidade de oferta para acompanhar o ritmo de expansão do Produto Interno Bruto (PIB) mundial (AVACI *et al.*, 2013).

De acordo com o Ministério de Minas e Energia (MME), para sustentar o Produto Interno Bruto (PIB) com crescimento anual de 3,5%, será necessário aumentar 4,5% ao ano a produção de energia elétrica para evitar racionamento, e o Brasil cresceu nas últimas quatro décadas 3% ao ano no consumo final de energia, apresentando importantes alterações estruturais (MME, 2010).

A restrição de espaço e o aumento da demanda por energia, água potável e alimento tem colocado alguns paradigmas a serem vencidos, relacionados principalmente à qualidade ambiental e à distribuição, disponibilidade e custos com energia e alimentos (LUCAS JR. e SANTOS, 2000). Bronzatti e Larozinski Neto (2008) relatam que o Brasil encontra-se em um período de desenvolvimento com processo de mudanças na estrutura econômica e de produção de energia.

Segundo Deublein (2008) e Avaci *et al.* (2013), a busca por fontes alternativas de energias renováveis tem a aumentar devido à elevação dos custos dos recursos provenientes de combustíveis convencionais e a crescente preocupação com a segurança energética. Desta forma, as fontes renováveis de energia ganharam destaque, colocando o potencial energético da biomassa residual em evidência.

Nesse mesmo contexto, Bley Jr. (2014) relata que o aproveitamento do biogás existente no país será uma das alternativas disponíveis para o aumento da oferta e do equilíbrio da matriz energética.

De acordo com Lucio (2013) o aumento da demanda energética para atender a população, associada à escassez dos recursos naturais, ocasionaram mudanças nos processos de produção, em especial na produção de proteína animal. Desta forma Oliveira e Nunes (2002) afirmam que os resíduos gerados durante esse processo produtivo é considerado um fator preocupante, visto que o descarte final inadequado culminam em passivos que ocasionam danos ambientais e redução dos lucros das unidades produtoras.

Encontrar a nova vocação rural para produzir energia e reduzir os impactos provocados pela má destinação da biomassa residual, sempre foi um desafio, visto que, para produzir, o setor agrícola gera sub-produtos que não possuem valor de mercado (BLEY JR., 2014).

2.2 Biomassa Residual

De acordo com Schuch (2012), todos os materiais que se decompõem por meio de ações biológicas, isto é, pela ação de diferentes bactérias, são considerados biomassas. A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), considera a biomassa todo recurso natural oriundo de matéria orgânica que pode ser utilizada na produção de energia (ANEEL, 2008).

O Brasil detém o terceiro maior rebanho mundial de suínos, com aproximadamente 42 milhões de cabeças, sendo superado apenas pelos Estados Unidos, e pela China (ANUALPEC, 2012). O desenvolvimento da suinocultura intensiva promoveu a produção de grandes quantidades de biomassa residual, muitas vezes disposta de maneira inadequada, contaminando o solo e os recursos hídricos, que podem ocasionar sérios riscos à saúde humana e de animais (FERNANDES, 2012). A cadeia produtiva de suínos tem se destacado no cenário agroindustrial brasileiro, fato decorrente aos avanços na escala de produção e aos investimentos tecnológicos do setor (PROJETO GERAÇÃO DISTRIBUÍDA, 2009a).

De um lado, existe a pressão pela concentração de animais em pequenas áreas de produção e pelo aumento da produtividade e, do outro lado, que esse aumento não afete o meio ambiente (KUNZ, HIGARASHI e OLIVEIRA, 2005).

O manejo dos dejetos deve ser considerado parte integrante de qualquer sistema produtivo de criação de animais (DIESEL, MIRANDA e PERDOMO, 2002).

Segundo Schultz (2007), a geração de dejetos é constituída por esterco, urina, resíduos de ração e água. Entretanto sua composição está associada ao sistema de manejo adotado. Conforme citado por Tobias (2002), a composição do dejetos suíno varia em função da quantidade de água usada nas instalações, do tipo de alimento e categoria dos animais, onde a composição mais completa de resíduos líquidos está na fase de crescimento e terminação.

Para o processo de produção devem-se considerar as entradas de insumos (água, energia, ração, medicamentos, sanitizantes), instalações, tipo e categoria da produção, formas de manejo e gerenciamento dos resíduos, visto que o desempenho da produção está vinculado a harmonia entre estes componentes (FERNANDES, 2011).

2.3 Biodigestores e Biogás

Segundo Santos e Lucas Júnior (2004), todo processo de produção tem como resultado a geração de resíduos e todo tipo de resíduo possui energia armazenada. Com isso, os sistemas de produção podem reverter esse resíduo em energia, baratear seu custo de produção e funcionar de forma energeticamente equilibrada.

Existem diversas alternativas tecnológicas de aproveitamento da biomassa para geração de energia. Uma das alternativas que vem despertando grande interesse é a tecnologia de biodigestão anaeróbia de resíduos animais, pela implantação de biodigestores (KUNZ, HIGARASHI e OLIVEIRA, 2005). O biogás é produzido através da decomposição dos resíduos orgânicos depositados em biodigestores (CATAPAN, CATAPAN e CATAPAN, 2011). Este sistema oferece como subprodutos o biogás e o biofertilizante, o que permite a muitos suinocultores um incremento do valor de seus sistemas produtivos, bem como adequar tais resíduos para que atendam aos aspectos da legislação ambiental nacional como forma de sanear o ambiente (FERNANDES, 2011).

De acordo com Catapan, Catapan e Catapan (2011), os biodigestores destacam-se como uma das opções de tecnologias para o reaproveitamento dos dejetos suínos, minimizando os impactos ambientais causados pela suinocultura e

permitindo a geração distribuída de energia elétrica, através da produção de biogás. Além disto, possibilita uma nova opção de receita à propriedade.

Segundo Kunz, *et al.* (2004) a biodigestão anaeróbia é um processo conhecido há muito tempo e sua utilização na produção de biogás para a conversão de energia, cujo sucesso da digestão depende do balanceamento entre as bactérias que produzem gás metano. O processo inicial de formação do biogás ocorre pela ação decompositora das bactérias anaeróbias dentro dos biodigestores. Antes do processo de aproveitamento, o biogás deve passar por tratamento específico para a remoção de gás sulfídrico a fim de evitar a corrosão dos equipamentos geradores de energia elétrica (BLEY JUNIOR *et al.*, 2010).

Os biodigestores destacam-se como uma das opções de tecnologias para o reaproveitamento da biomassa residual, minimizando os impactos ambientais causados pela suinocultura e permitindo a geração distribuída de energia elétrica, através da produção de biogás (CATAPAN, CATAPAN e CATAPAN, 2011). Orrico Junior *et al.* (2011) relatam que o uso de biodigestores é visto como uma ferramenta importante, pois promovem o tratamento do resíduo e permite o aproveitamento de parte da energia que seria perdida.

Para propriedades com produção de suínos ou bovinos que necessitem de um biodigestor com mais de 100 m³, o modelo preconizado é o biodigestor horizontal, tipo lagoa, coberta com manta em lona de PEAD (Polietileno de Alta Densidade) ou PVC (Cloro de Polivinila). O recomendado é que a largura inferior (base) seja 3 vezes maior do que a superior, em média.

O biodigestor modelo Canadense, também denominado de biodigestor de fluxo tubular, é um modelo de tipo horizontal, construído em alvenaria e com largura maior que a profundidade, contendo uma grande área de exposição ao sol, contribuindo para produção de biogás em regiões quentes (CASTANHO & ARRUDA, 2008). Durante a produção de biogás, a cúpula de material plástico maleável infla, acumulando o biogás, o qual pode ser encaminhado a um gasômetro separado para se obter um maior controle (JUNQUEIRA, 2014).

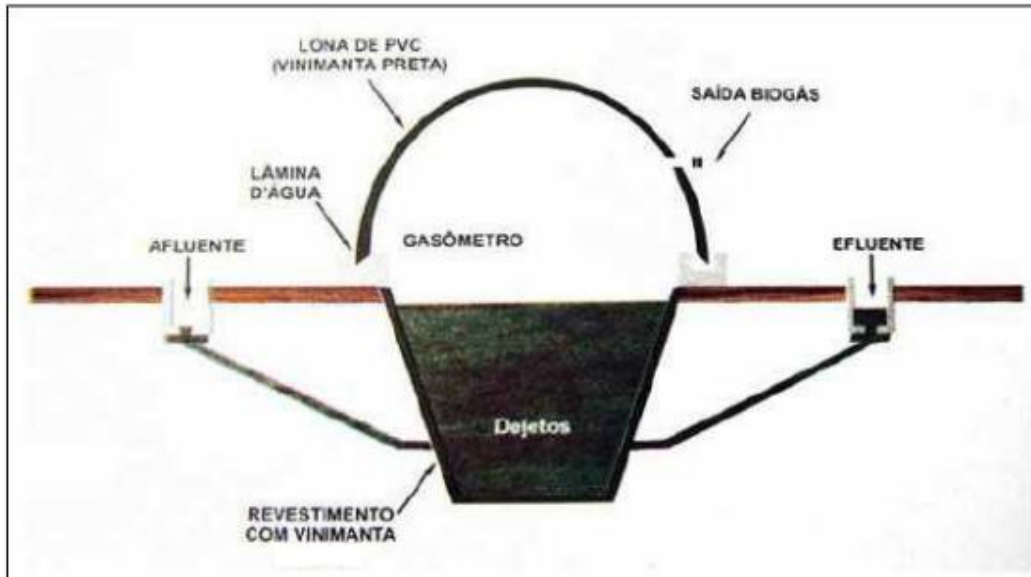


Figura 1 - - Biodigestor modelo canadense.
Fonte: Manual de treinamento em biodigestão, 2008.

2.4 Potencial Energético do Biogás

O biogás é o produto gasoso resultante da decomposição anaeróbia de compostos orgânicos, formado principalmente de metano (50% - 75% em volume) e dióxido de carbono (25% - 50% em volume). O biogás contém ainda pequenas quantidades de hidrogênio, sulfeto de hidrogênio, amônia e traço de outros gases. Devido a estas características ele se torna um insumo energético de baixo custo e ambientalmente correto (LUCIO, 2013). Entretanto, é difícil definir sua composição, pois depende do material orgânico e do tratamento utilizado. Em geral o biogás é uma mistura gasosa composta basicamente por metano, dióxido de carbono, hidrogênio, gás sulfídrico, oxigênio, amoníaco e nitrogênio (CETESB, 2014).

Segundo Bley Jr *et al.*, (2010), a energia da biomassa residual pode ser armazenada na forma de biogás e transformada em energia elétrica, térmica e veicular. Para Souza *et al.* (2005), a biomassa residual, pode ser transformada em um ativo gerador de renda, se analisada sob enfoque de matéria prima de geração de energias renováveis, como o biogás.

De acordo com Lucas Jr. e Santos (2000) o biogás é um combustível energético que pode ser aproveitado para aquecimento, refrigeração, iluminação, incubadores, misturadores de ração, geradores de energia elétrica, dentre outros. Por ser um combustível gasoso, o biogás pode substituir o uso de diversas fontes de

energia como lenha, gasolina, diesel, álcool e eletricidade (GASPAR, 2003).

De maneira geral, deve-se avaliar a disponibilidade de gás em relação a demanda de energia, como forma de identificar o melhor aproveitamento possível. A escolha do processo para conversão em energia dependerá da finalidade do uso, da faixa de temperatura necessária, quantidade de energia substituída e do rendimento esperado. O fator de conversão ou rendimento desse sistema tem sua variação em função da qualidade do gás, regime de operação, combustível substituído e método de queima. (CIBIOGÁS, 2014).

De acordo com o Projeto Geração Distribuída (2011), a produção de energia a partir da biomassa, poderá contribuir no suprimento da demanda futura de energia. Bley Jr. (2014) afirma que no dia em que o Brasil tiver conhecimento pleno do potencial da microgeração distribuída de energia, estará em processo uma revolução energética, capaz de transformar o país em liderança mundial.

Segundo o Centro Nacional de Referência em Biomassa (CENBIO) o biogás é considerado como uma fonte de energia renovável e, portanto, sua recuperação e seu aproveitamento energético apresentam vantagens ambientais, sociais, estratégicas e tecnológicas significativas (CENBIO, 2001). Barcelos (2009) relata que o aproveitamento energético do metano proveniente da degradação biológica dos resíduos pode mitigar o efeito estufa e tornar sustentável a matriz energética.

Bley Jr. (2014) relata que a biomassa residual pode resultar em produção de energia elétrica a partir do biogás, capaz de suprir todas as necessidades de energia elétrica de uma pequena propriedade agrícola e ainda ser distribuída (e vendida) na rede. O sistema de biodigestão anaeróbica atua também tratamento sanitário da biomassa residual, evita a contaminação do solo e dos recursos hídricos.

A qualidade e a quantidade de biogás produzido dependem diretamente das características da matéria-prima utilizada e do manejo. Sua qualidade é proporcional às características de manejo e da degradação da biomassa. Já a quantidade é definida principalmente pela quantidade de sólidos voláteis presentes na matéria-prima (CIBiogás, 2014). De acordo com CETESB (2006) o metano é o gás mais importante produzido no tratamento de resíduos, que pode ser transformado em energia.

Segundo Galbiati *et al.*, (2010) muitas são as situações em que não basta saber a quantidade de biogás produzido, pois é imprescindível o conhecimento de

sua qualidade, ou seja, se faz necessário conhecer os processos fermentativos para produção de biogás de modo que se possa conhecer suas características e dispor de sua qualidade e quantidade.

De acordo com Ross *et al.* (1996), o m³ de biogás com 65% de metano equivale a 0,6 m³ de gás natural, 0,882 litros de propano, 0,789 litros de butano, 0,628 litros de gasolina, 0,575 litros de óleo combustível, 0,455 kg de carvão betuminoso ou 1,602 kg de lenha seca. Entretanto, para cada projeto de conversão do biogás se faz necessária a avaliação da qualidade do gás e das características do combustível a ser substituído, como forma de determinar o fator de conversão a ser utilizado.

2.5 Conversão do biogás em energia elétrica

Na geração de eletricidade, a biomassa pode ser utilizada diretamente, transformando a energia térmica em energia elétrica, ou ainda pode ser transformada em gás ou líquido, utilizando posteriormente tecnologias como motores de combustão interna e turbinas a gás para a geração de eletricidade a partir destes combustíveis (BARROS *et al.*, 2004).

Em um estudo realizado por Esperancini *et al.* (2007), avaliaram o uso do biogás gerado pelos dejetos de suínos em substituição de fontes de energia em um assentamento rural. O investimento no sistema de aproveitamento de biogás, utilizado para cocção, aquecimento de água e iluminação, foi recuperado em 2,5 anos, e quando aplicado na conversão em energia elétrica, o investimento foi recuperado em 11 meses.

De acordo com Martins e Oliveira (2011), contataram a viabilidade econômica da geração de energia elétrica a partir do biogás gerado a partir da digestão anaeróbia de dejetos de suínos e que embora seja possível a comercialização, os resultados demonstram o uso desta energia na propriedade rural, substituindo ou reduzindo a aquisição da energia elétrica distribuída pela concessionária é mais viável economicamente.

O custo para gerar 39 kWh, com biogás da suinocultura, foi estudado por SOUZA *et al.* (2004) que concluíram que a viabilidade do sistema depende da tarifa e da demanda. Bleicher (2000), avaliando a geração de energia elétrica utilizando biogás produzido em unidades produtoras de suínos, concluiu que a viabilidade

técnica e econômica nesse tipo de geração de energia.

Ross *et al.* (1996) relatam que as propriedades físicas e químicas do biogás interferem na escolha para purificação do gás e em sua combustão, portanto o conhecimento dessas propriedades são importantes para otimizar a utilização do biogás.

2.6 Geração Distribuída

Segundo Bley Junior *et al.* (2010) geração distribuída é toda geração de energia elétrica conectada com a rede de distribuição, possibilitando a descentralização do sistema, viabilizado por meio de Micro Centrais Termoelétricas. A geração distribuída pode servir para qualquer fonte renovável de energia elétrica, como eólica, solar, hídrica, geotérmica e no caso da geração de biogás, além dos efeitos energéticos, ainda produz benefícios ambientais, econômicos e sociais.

De acordo com o Instituto Nacional de Eficiência Energética (2010) a geração distribuída é uma expressão usada para designar a geração elétrica realizada junto ou próxima dos consumidores independente da potência, tecnologia e fonte de energia.

Santos e Santos (2009) relatam que de acordo com as características, a geração distribuída pode oferecer um custo de produção mais baixo, e qualidade de energia mais elevada do que o consumidor pode obter da rede. Nessa mesma linha de pensamento, Bley Junior *et al.* (2010) relata que esse processo viabiliza a eficiência energética regional a partir da sua renovabilidade, adéqua os custos da energia de atividades economicamente críticas, viabiliza o emprego das fontes renováveis disponíveis, descentraliza a geração viabilizando unidades geradoras de pequeno porte, fornece energia adequada ao tipo de consumo, produz amplos efeitos econômicos locais e regionais. Segundo Itaipu (2010) esse modelo de geração tem como meta estabelecer uma nova dimensão de geração energética, de forma complementar ao modelo de grande escala.

A geração distribuída tem vantagem sobre a geração central, pois economiza investimentos em transmissão e reduz as perdas nestes sistemas, melhorando a estabilidade do serviço de energia elétrica (INEE, 2010).

De acordo com Vanzin (2006) uma das vantagens da produção de biogás para geração de energia elétrica é a redução dos custos com implantação de linhas

de transmissão, devido à proximidade da fonte geradora ao centro consumidor.

2.7 Eficiência Energética

Após dois séculos de consumo excessivo de energia, irrelevância com as consequências ambientais da industrialização, do elevado consumismo e esgotamento de recursos naturais, nas últimas décadas do século 20, percebe-se mudanças nas condutas que se reflete tanto nas políticas públicas quanto no grau de consciência e de exigências da população (MENKES, 2004).

O novo cenário mundial de depara com consumidores mais conscientes e com a crescente preferência por produtos menos agressivos ao meio ambiente, o que impõe um desavio ao setor produtivo. É um indicativo de que a proteção ambiental está deixando de ser considerada responsabilidade exclusiva dos órgãos oficiais de meio ambiente, passando a ser compartilhada por todos os setores da sociedade (MMA).

Grande parte da energia vem embutida nos produtos de consumo, iniciativas que atuam na redução de uso de materiais, incluindo reciclagem ou reutilização, e no consumo de energia, são de relevante importância. Entretanto é importante entender que a eficiência energética não é o racionamento nem a "racionalização forçada" que visam a redução do serviço energético e sim a otimização desses (INEE, 2001).

O relatório da Revolução Energética do Greenpeace (2013) descreve que praticar a eficiência energética significa priorizar as melhores práticas e tecnologias, atuais e futuras, assumindo contínua postura inovadora. Entretanto Menkes (2004) afirma que a quantificação do potencial para aumentar a eficiência energética é inerentemente complexa e sujeita a incertezas devido ao grande número de agentes e de tecnologias envolvidas no processo, custos de transação, restrições financeiras, falta de equipamentos eficientes ou serviços inadequados, além de ter que passar pela análise do potencial "técnico" para a quantificação do mercado econômico e financeiramente viável.

Melhorar a eficiência de um processo significa reduzir o consumo de energia primária necessário para produzir um determinado serviço e essa redução pode acontecer em qualquer etapa da cadeia das transformações, bem como pela substituição de uma forma de energia por outra no uso final (INEE, 2001). De acordo

com US National Policy Development Group (2001) a eficiência energética refere-se a capacidade de utilizar menos energia para produzir a mesma quantidade de iluminação, transporte, aquecimento e outros serviços que utilizam energia.

Os investimentos com eficiência energética contribuem para redução dos impactos negativos e segurança energética atrelados aos setores industriais, residencial, comercial e público.

Investir em eficiência energética contribui para redução dos impactos negativos e segurança energética atrelados aos setores industriais, residenciais, comerciais e públicos, representando também um mercado potencial para geração de empregos, aumento de renda, além de contribuir para a modernização de setores produtivos e de serviços (VALE e GESISKY, 2009). Os principais fatores que incentivam o país a adotarem e estabelecerem programas de eficiência energética são, principalmente, de ordem econômica (diminuição de custos) e energético (segurança no suprimento de energia elétrica) (MENKES, 2004).

Ainda Menkes (2004) relata que o objetivo de toda política energética deve ser contribuir para o desenvolvimento sustentável da sociedade. As ações relacionadas à eficiência energética são instrumentos para redução dos impactos ambientais e nível local, regional e global, bem como a redução de gases do efeito estufa.

O uso racional e consciente da energia é importante para gerenciar os recursos naturais e energéticos. A cada R\$ 1 investido em eficiência energética corresponde a R\$ 40 de economia no setor de geração (VALE e GESISKY, 2009).

2.8 Análise econômica em projetos de biogás

Apesar da geração de energia a partir do biogás agregar vários benefícios ambientais e sociais, não se descarta a avaliação da viabilidade econômica do investimento (VANZIN, 2006). Deste modo, Moura (2000) descreve que para a avaliação de investimento deve-se considerar o valor do investimento no tempo. Investimento é uma atividade básica empresarial, é a fonte de crescimento (HELFERT, 2000).

De acordo com Vanzin (2006) de posse do potencial de produção de biogás e analisado a capacidade de geração de energia elétrica é necessário a análise dos investimentos necessários, a forma de financiamento, formação do fluxo de caixa,

com receitas e despesas, por fim a análise de viabilidade técnica-econômica do investimento.

Bruni e Fama (2007) afirmam que a análise econômico financeira de investimentos tem justamente a preocupação de verificar se os benefícios gerados com o investimento compensam os gastos realizados. Segundo Moreira, David e Rocha (2003) por razões estratégicas, valores incertos e intangíveis devem ser considerados na quantificação econômica de um projeto.

Avaliando a implantação de microturbinas, Wottrich (2010), constatou que essa tecnologia, movida a biogás proveniente da suinocultura, apresentou potencial de excelente viabilidade técnica e econômica.

2.8.1 Fluxo de Caixa

De acordo com Zimmermann e Gobbo (2011) fluxo de caixa é uma ferramenta que possibilita o planejamento e controle dos recursos, é a origem de todo dinheiro que entrou e a aplicação de todo dinheiro que saiu durante certo período, de maneira geral refere-se aos valores recebidos menos as despesas pagas.

Deste modo, Vanolli (2010) relata que o fluxo de caixa auxilia no controle e na previsão das movimentações financeiras, identificando sobras e faltas de caixa, indicando o desempenho no período em análise.

2.8.2 Payback

O Payback é o período de tempo necessário para recuperar o investimento inicial de um projeto, ou seja, quantos anos serão necessários para recuperar o capital inicial, estimado por meio da entrada de fluxo de caixa projetado (GROPPELLI; NIKBAKHT, 2010).

Gitman (2010) afirma que quanto maior o tempo de retorno do investimento inicial, maior a possibilidade de correr imprevistos, assim como, quanto maior o período de payback, maior a exposição de risco. Relata ainda que uma fragilidade do método é não levar plenamente em consideração o valor dinheiro no tempo.

Segundo Vanolli (2010) quanto maior o payback, maior o tempo necessário para que o investimento se pague, desta forma, maior será o risco envolvido devido as incertezas do futuro. Esse método é dividida em payback simples, o qual não

considera o custo de capital da empresa, e payback composto que considera o custo de capital da empresa.

2.8.3 Valor Presente Líquido – VPL.

O Valor Presente Líquido, refere-se a critérios utilizados para avaliação do investimento (VAZIN, 2006), é considerado uma técnica sofisticada de orçamento de capital. Considera o valor do dinheiro no tempo, ou seja, é o resultado da diferença entre o valor dos fluxos de caixa trazidos ao período inicial e o valor do investimento. Desta forma, o VPL é considerado uma ferramenta de análise de investimento que considera a mudança de valor do dinheiro no tempo (GITMAN, 2002).

O critério de aceitação ou não de um determinado projeto consiste em que para que seja aceito o VPL deve ser zero ou positivo (GROPPELLI; NIKBAKHT, 2010). Segundo Vanolli (2010) quando o valor do VPL for maior que zero, significa que a empresa terá um retorno mínimo exigido, ou seja, o retorno será maior do que o custo de seu capital, caso o VPL seja menor que zero, demonstra que a empresa não terá retorno do capital investido.

Entretanto Groppelli (1998) descreve que uma desvantagem desse método é que o resultado está relacionado com a taxa mínima de atratividade, desta forma ele é escolhida por meio de acompanhamento da evolução das taxas de inflação e juros.

De acordo com Vanolli (2010) o cálculo para o VPL consiste em subtrair o investimento inicial de um projeto do valor presente de suas entradas de caixa, descontadas a uma taxa igual ao custo de capital da empresa.

2.8.4 Taxa Interna de Retorno – TIR

Segundo Groppelli e Nikbakht (2010) a TIR é uma medida muito utilizada em orçamentos de capital, considerada uma medida de rentabilidade, ou seja, refere-se a uma taxa de desconto que padroniza o valor presente dos fluxos de caixa futuro ao investimento inicial, igualando o VPL a zero. Motta e Calôba (2002) concordam e acrescentam que a taxa interna de retorno (TIR) é um índice que mensura a rentabilidade do investimento por unidade de tempo, necessitando que haja receitas e investimentos envolvidos.

De acordo com Rodrigues (2011) essa técnica é calculada por meio de

tentativas e erros, ou seja, testando várias taxas de desconto até encontrar a que se iguale ao valor presente das entradas de caixa do projeto que seja igual ao investimento inicial.

Gitman (2002) afirma que a TIR é possivelmente a técnica mais utilizada para avaliar investimentos. Ela é definida como a taxa de desconto em que o VPL é igualado ao valor presente do somatório das receitas líquidas futuras ao valor do investimento. Para critério de decisão, se o TIR for maior que o custo de capital, aceita-se o projeto, do contrário, rejeita-se.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

O objetivo geral desse estudo é analisar a viabilidade econômica de implantação de um sistema de biodigestão, transporte, filtragem, armazenamento de biogás para geração de energia elétrica em uma Central Geradora de Energia Elétrica em uma fazenda de criação de suínos, para tratamento e aproveitamento energético de dejetos animal, demonstrando a possibilidade em tornar a unidade energeticamente sustentável, reduzindo a dependência de energia convencional na propriedade, além de produzir biofertilizante.

3.2 Objetivo específico

- Analisar o potencial de geração de biogás, energia elétrica e biofertilizante;
- Identificar os principais componentes necessários para produção e aproveitamento do biogás e seus produtos;
- Analisar a viabilidade econômica e financeira da instalação do sistemas de biodigestão e de geração de energia elétrica.

4 METODOLOGIA

Como ponto de partida foi realizado pelo CIBiogás-ER, um diagnóstico situacional, que contemplou a coleta de informações na propriedades rural, referente à localização geográfica, plantel de animais estabulados, consumo energético, situação das instalações, consumo de água utilizada durante o processo produtivo e manejo dos dejetos. Foram também coletadas informações para Gestão Territorial

contemplando dados de hidrografia, situação das estradas, relevo e características de solo.

Após a atividade produtiva ser cadastrada, com base no plantel animal levantado, foi estimada a quantidade de dejetos e realizada a estimativa do potencial de produção de biogás considerando o processo de biodigestão.

Para a estimativa do potencial de produção de biogás foram utilizadas metodologias aplicadas pelo Centro Internacional de Energias Renováveis com Ênfase em Biogás (CIBiogás-ER), específicas do IPCC – Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas, com ajustes nos parâmetros para adequá-los ao nível tecnológico de produção do sul do Brasil. A metodologia utilizada como base foi a AMS-III.D - Methane recovery in animal manure management systems, versão 14. IPCC - Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 4. Capítulo 10: Emissions from Livestock and Manure Management.

A partir dos dados de produção de biogás foi calculado o potencial de geração de energia elétrica. Para estimar a substituição dessa energia pelo biogás, foram analisadas faturas de consumo de energia elétrica referente a dois anos e realizado o dimensionamento do grupo moto gerador para estimar a conversão do biogás em energia elétrica conectada a rede. Na conversão hipotética do biogás para energia elétrica, consideraram-se os monitoramentos realizados nas unidades de demonstrações do CIBiogás-ER, que apresentam geradores em Geração Distribuída, para tanto observou-se a média de 1,4 kWh/m³.

Com o potencial de geração de biogás, energia elétrica e as características das instalações na propriedade, foi dimensionado o sistema de biodigestão, armazenamento, filtragem, transporte; monitoramento, aquisição do moto gerador e coordenação do projeto. Foram realizados orçamentos com fornecedores para estimar o investimento necessário para implantação do projeto.

Por fim foi realizada a análise de viabilidade econômica e financeira, considerando os investimentos necessários para implantação dos sistemas de biodigestão propostos e o aproveitamento energético do biogás, com recomendações para a implantação e a governabilidade do projeto. Esse estudo foi realizado utilizando uma planilha de estudo de viabilidade econômica e financeira desenvolvida pelo CIBiogás-ER.

Foram estudadas linhas de financiamento que condiziam com as

características do cliente e do projeto, também foram utilizados indicadores de retorno financeiro, baseados em simulações feitas de cada linha de financiamento.

Para o estudo dos indicadores de retorno financeiro foram realizadas simulações de financiamento, no sistema PRICE - Sistema Francês de Amortização (prestações fixas) e no sistema SAC (amortização fixa), no site da Superintendência do Desenvolvimento do Centro-Oeste (SUDECO) - (FCO - Fundo Constitucional de Financiamento do Centro-Oeste), sendo considerada a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) de 10,90% a.a. (taxa SELIC - Sistema Especial de Liquidação e de Custódia).

Foi considerada uma taxa de juros de 6% a.a. e prazo de 15 anos, incluído a carência de 5 anos, mediante informações disponibilizadas pela Superintendência do Desenvolvimento do Centro-Oeste.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Identificação dos potenciais de produção de dejetos, biofertilizante, biogás e energia elétrica

Com base nos parâmetros e metodologias de cálculo desenvolvidos pelo CIBiogás-ER, os 100 mil suínos que encontram-se distribuídos em 10 granjas produzem 184.645,40 m³/ano de dejetos.

Considerando o processo de biodigestão, pode-se estimar o potencial de produção de biogás das unidades. Utilizando os parâmetros e metodologias do IPCC com ajustes para adequá-los ao nível tecnológico de produção do Brasil, obteve-se um potencial de produção anual de biogás na ordem de 2.921.066,37 m³/ano.

A Figura 1 representa o mapa com o traçado de gasoduto e as respectivas produções de biogás em cada unidade da fazenda.

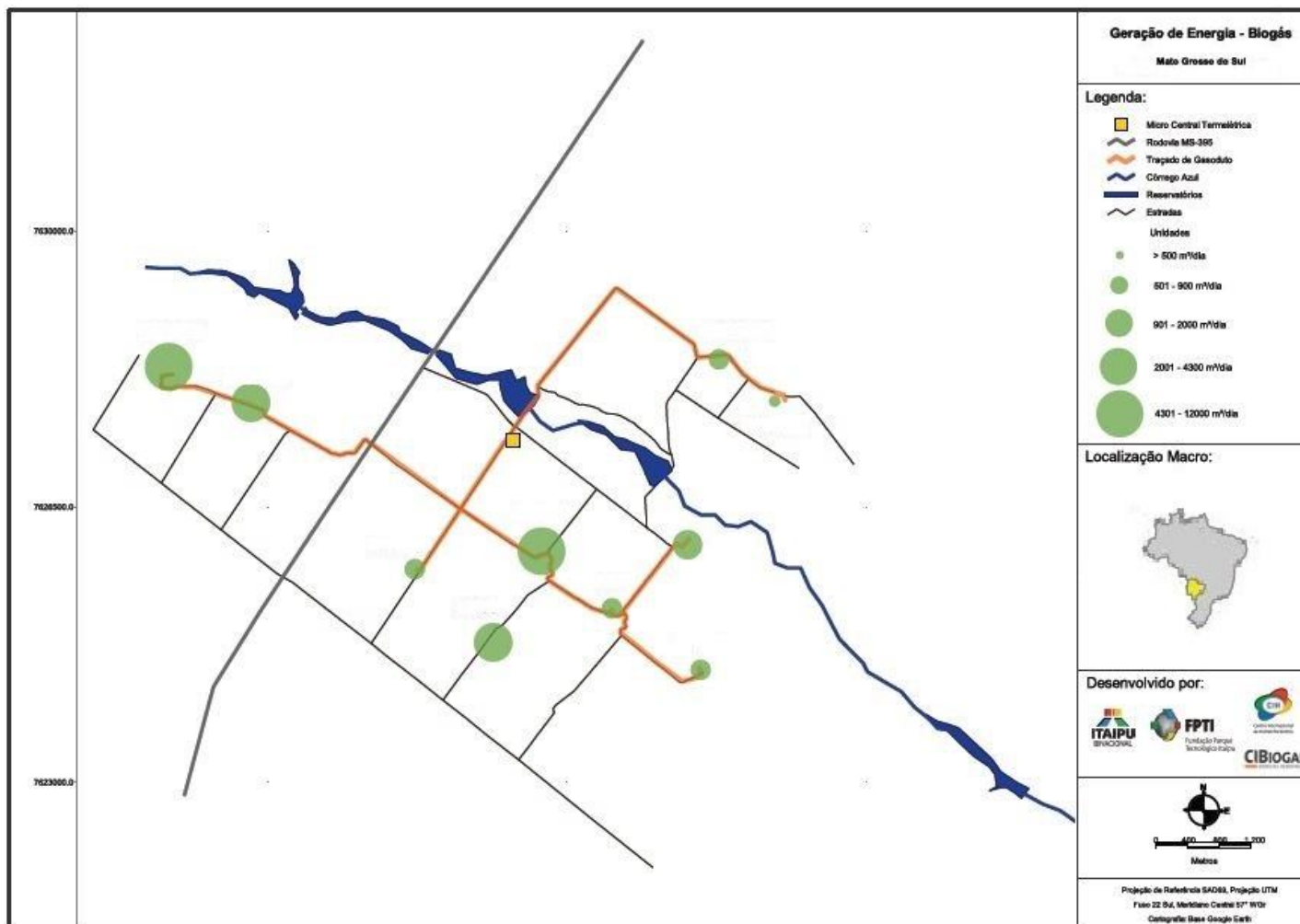


Figura 2 - Mapa de potencial de produção diária de biogás
Fonte: CIH, 2014.

Conforme o potencial de 9.811,42 m³/dia e 2.921.066,37 m³/ano de biogás indicado para o número de animais estabulados na Fazenda pode-se considerar uma produção de energia elétrica estabilizada em torno de 575 kWh/hora. Para os cálculos presentes neste projeto foi utilizado o valor de 1,4 kWh/m³ de biogás.

Com a vazão de 410 m³/hora de biogás, o equivalente de produção de energia elétrica será de 575 kWh por hora de operação, potência instalada de 718 kVA, com potencial de geração anual de energia elétrica na ordem de 4.089.492,92 kWh/ano.

O Consumo médio mensal da Fazenda é de 376.753 kWh, conforme análise de consumo dos anos de 2012 e 2013, sendo assim, conclui-se que existe um potencial de produção de energia elétrica capaz de atender 90% do seu consumo anual.

Para a implantação do Projeto de Geração de Energia a partir do Biogás na Fazenda, serão necessários investimentos como: adequações dos biodigestores existentes (Biodigestor Modelo Canadense), implantação de novos biodigestores (Biodigestor Modelo Canadense), adequação das unidades produtoras de suínos para alimentação do biodigestor, implantação do gasoduto para condução do biogás, de gasômetros, sistema de tratamento do biogás, aquisição de equipamentos para monitoramento, construção e implantação da central geradora de energia.

Estas adequações são necessárias, pois existem duas premissas fundamentais para a produção de biogás: uma é de que a coleta de todo o dejetos animal produzido nas atividades estabuladas deve utilizar o mínimo de água; e outra é a redução da entrada de água pluvial ou de vazamentos no sistema.

O volume de água desnecessariamente infiltrados nos dejetos dos animais, aumentam o volume de efluentes, e assim elevam os custos de armazenamento, tratamento, transporte e distribuição (OLIVEIRA P.A, 2002).

A Tabela 1 apresenta uma síntese de todos os investimentos necessários para o projeto, considerando 100 mil suínos, referente a todo o sistema de biodigestão, armazenamento, filtragem, transporte, monitoramento e aquisição do moto gerador e coordenação do projeto.

Tabela 1 - Investimento total

INVESTIMENTOS	
Descrição do investimento	Valor Total (R\$)
Sistemas de Biodigestão - Biodigestor Modelo Canadense	2.003.040,00
Adequações	51.000,00
Sistema de filtragem	600.000,00
Sistema de armazenamento	80.591,00
Sistema de transporte	1.498.875,68
Mini Central Termoelétrica	1.439.886,40
Monitoramento	69.800,00
Valor de contingência – 3% do valor total de investimentos	170.854,59
Total	5.911.007,67

Fonte: CIBiogás-ER (2014).

Os custos referentes à operação do sistema de biodigestão inclui o custo das análises laboratoriais da biomassa, no montante de R\$ 110.000,00/ano.

Os custos referentes à manutenção incluem gastos com manutenção preventiva de biodigestores, lagoas secundárias e o sistema moto gerador, descritos na Tabela 2.

Tabela 2 - Custo de Manutenção.

MANUTENÇÃO	
Descrição	Valor Total (R\$)
* Manutenção do Sistema de Biodigestão	31.500,00
** Manutenção MCT (Mini central Termelétrica)	111.226,11
***Manutenção Filtro	12.000,00
Total	154.725,11

* Manutenção corretiva e preditiva.

** Manutenção com troca de vela, filtro, inclui mão de obra técnica, possível retifica, entre outros.

*** Manutenção inclui mão de obra técnica, entre outros.

Fonte: CIBiogás-ER (2014).

Considerou-se para fins de estudo de viabilidade econômica, o custo de Operação e Manutenção ao longo do período de 15 anos, os quais foram incluídos no fluxo de caixa.

5.2 Receita (custo evitado)

A receita analisada foi baseada no custo evitado do consumo de energia elétrica gerada pela unidade, ou seja, compensação de energia e o valor adquirido pela economia e uso ou comercialização do biofertilizante.

Foi considerada a geração de energia elétrica constante de 4.089.492,92 kWh/ano a um custo de R\$ 0,21 kWh baseado no histórico das faturas da unidade, descontando alíquota de Imposto sobre Circulação de Mercadorias (ICMS) de 17%, visto que o cliente possui classificação como consumidor rural com inscrição estadual de produtor rural cadastrada, conforme estabelecido pela empresa energética de Mato Grosso do Sul, S.A. (Enersul). Essa relação é demonstrada na Tabela 3.

Tabela 3 - Receita com energia elétrica.

RECEITA ENERGIA ELÉTRICA		
Energia gerada (kWh/ano)	Valor da energia (R\$/kWh)	Custo evitado (R\$/ano)
4.089.492,92	0,21	873.823,27
Total	-	873.823,27

Fonte: CIBiogás-ER (2014).

Para incluir a receita gerada com o biofertilizante levou-se em consideração os resultados obtidos pela consultoria contratada pelo CIBiogás-ER, que realizou uma pesquisa de mercado onde foi determinado o valor de R\$ 8,76/m³ para comercialização do biofertilizante, no qual um dos fatores considerados foi o estudo sobre o valor econômico da substituição do fertilizante mineral (nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K)) pelo biofertilizante.

Sendo assim, o valor de receita com biofertilizante considerou a produção de 117.787,24 m³/ano, a um valor de R\$ 8,76 adquirindo uma receita econômica de R\$ 1.031.816,22 ao ano.

5.3 Viabilidade econômica e financeira

Com base nos valores totais de investimentos, na economia de energia e de biofertilizante que serão gerados, foi possível realizar a análise de viabilidade econômica do projeto, considerando um horizonte de planejamento de 15 anos.

Na Tabela 4 são apresentados os indicadores econômicos para instalação do sistema de produção, transporte, filtragem e armazenamento do biogás e os respectivos componentes para geração de energia elétrica e biofertilizante.

Mediante as características do cliente e do projeto, a fonte de financiamento proposta é o Fundo Constitucional de Financiamento do Centro-Oeste (FCO) – Linha de Financiamento de Infraestrutura Econômica para MGE. Esta financia até 80% dos investimentos, representando um montante de R\$ 4.248.806,14 (80%) passível de financiamento e R\$ 1.062.201,53 (20%) de capital próprio. Visto que o filtro não é creditado ao financiamento, mediante as restrições das fontes estudadas quanto a equipamentos importados, o recurso total proveniente de capital próprio será de R\$ 1.662.201,53.

É importante ressaltar que esta linha de financiamento foi selecionada pois o proprietário da fazenda já realizou operações com a mesma, facilitando os tramites para realização do financiamento deste projeto. Além disso, esta linha apresenta indicadores atrativos.

Tabela 4- Indicadores econômicos da instalação de um sistema de biodigestão.

Indicadores Econômicos	Valor (R\$)
Investimento Total	R\$ 5.911.007,67
TIRM (TMA: 10,9% a.a.)	25,06%
VPL	R\$ 9.090.337,02
* Payback Descontado – Capital próprio	1 anos e 5 meses

* Capital de terceiro será pago em 15 anos conforme o financiamento.

Fonte: CIBiogás-ER (2014).

Constatou-se que esse cenário apresenta indicadores econômicos positivos. O retorno do capital próprio investido ocorrerá em aproximadamente 1 ano e 5 meses, visto o Payback Descontado, que leva em consideração os juros do período.

Ao interpretar o Valor Presente Líquido (VPL) como lucro obtido pela atividade, observa-se um valor R\$ 9.090.337,02, descontados a amortização e a taxa de juros do financiamento (que nesse caso foi de 6% ao ano), a inflação e os investimentos. Portanto, valores positivos indicam que a atividade é

economicamente viável.

Outro indicador importante refere-se a Taxa Interna de Retorno Modificada (TIRM), que nessa análise foi de 25,06%, apresentando-se superior a Taxa Mínima de Atratividade (TMA), demonstrando viabilidade no arranjo.

6 CONCLUSÃO

As informações discutidas neste trabalho apresentam os resultados referentes ao potencial de produção de dejetos, biogás, energia elétrica e biofertilizante gerados na Fazenda.

Como visto, a implantação de um sistema de biodigestão e de uma central geradora de energia elétrica na propriedade em estudo, considerando o tratamento da biomassa residual de 100 mil suínos, permitirá gerar 2.921.066,37 m³/ano de biogás, que convertido em energia elétrica representa 4.089.492,92/ kWh/ano, suficiente para suprir 90% da energia consumida na Fazenda, a qual gera uma economia de custo na ordem de R\$ 873.823,27/ano. Além disso, nesse cenário foi possível agregar valor a outro produto do sistema de biodigestão, o biofertilizante, cujo ao viabilizar sua utilização, possibilita a redução de custos na ordem de R\$ 1.031.816,22/ano na compra de fertilizantes e adubos químicos.

De maneira geral, é possível concluir que há potencial e viabilidade econômica, de geração de energia elétrica para ser utilizada na Fazenda, visando reduzir o consumo pela energia convencional, e conseqüentemente os custos.

REFERÊNCIAL TEORICO

ANEEL: Agência Nacional de Energia Elétrica, 2008. Disponível em: <<http://www2.ana.gov.br/Paginas/default.aspx>>. Acesso em: 29 de mar. 2014.

ANUALPEC – **Anuário Estatístico Agropecuário**. São Paulo: FNP Consultoria, 2002.

AVACI, Angelica B; Souza, Samuel N. M; CHARLES, Luiz I; NOGUEIRA, Carlos E. C; NIEDZIALKOSKI, Rosana. K; SECCO, Deonir. Avaliação econômico-financeira da microgeração de energia elétrica proveniente de biogás da suinocultura. **Rev. Bras. Eng. Agríc. Am.** 2013, vol.17, n.4. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662013000400015>>. Acesso em: 09 de abr. de 2014.

BARCELOS, Beatriz, R. Avaliação de Diferentes Inóculos na Digestão Anaeróbia da Fração Orgânica de Resíduos Sólidos Domésticos. 2009. 90p. Dissertação de

estrado em Tecnologia Ambiental E Recursos Hídricos. **Universidade de Brasília** (Faculdade e Tecnologia Departamento de Engenharia Civil e Ambiental). Distrito Federal, 2009. Disponível em: <<http://vsites.unb.br/ft/enc/recursoshidricos/diss-ptarh/Dissertacao%20119%20-%20Beatriz%20Barcelos.pdf>>. Acesso em: 08 mar. 2012.

BARROS, Robledo. W; ARADAS, Maria. E. C; COBAS, Vladimir. R. M; LORA, Electo. S. Uso de biomassa como combustível para acionamento de motores Stirling. **Enc. Energ. Meio Rural**, 2004. Disponível em: <http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?pid=MSC0000000022004000200060&script=sci_arttext>. Acesso em: 01 de nov. de 2014.

BLEICHER, J. **Do lixo ao luxo: estudo de caso de um sistema de tratamento total de dejetos da suinocultura na Austrália**. Concórdia: EPAGRI, 2000. 12p.

BLEY JR, Cícero. **Biogás: a energia renovável**. CIBiogás. Ed. Abril. Foz do Iguaçu: Itaipu Binacional. 69 p. 2014.

BLEY JR, C., LIBANIO, J. C., GALINKIN, M., OLIVEIRA, M. M. **Agroenergia da biomassa residual: perspectivas Energéticas, Ambientais e socioeconômicas**. 2ª ed. Itaipu Binacional, Organização Nações Unidas para Alimentação e Agricultura / FAO. Editora: TechnoPolitik. 2010.

BRONZATTI, F. L.; IAROSINSKI NETO, A. Matrizes energéticas no Brasil: cenário 2010-2030. In: **XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção**. Rio de Janeiro: Abepro, 2008. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008_TN_STO_077_541_11890.pdf>. Acesso em: 02 de nov. de 2014.

CASTANHO, D S; ARRUDA, H, J. Biodigestores. **VI Semana de Tecnologia em Alimentos**. 2008. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. ISSN: 1981-366X / v. 02 n. 21, 2008. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/chines1_000g7gph0mm02wx5ok0wtedt3q5rn9mk.pdf>. Acesso em: 01 de nov. de 2014.

CATAPAN, Anderson; CATAPAN, Daiane. C; CATAPAN, Edilson. A. **Formas alternativas de geração de energia elétrica a partir do biogás: uma abordagem do custo de geração da energia**. v. 7, n. 1 - Jan/Abr. 2011.

CENBIO: Centro Nacional de Referência em Biomassas. **Geração de energia a partir biogás gerado por resíduos urbanos e rurais**. Florianópolis, Santa Catarina. 2001. Disponível em: <<http://cenbio.iee.usp.br/download/documentos/Nota%20t%E9cnica%20VII%20-%20biog%E1s.pdf>>. Acesso em: 29 de mar. 2014.

CETESB: Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Definição do biogás**. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/mudancas-climaticas/biogas/Biog%C3%A1s/17-Defini%C3%A7%C3%A3o>>. Acesso em: 02 de abril de 2014.

DEUBLEIN, Dieter; STEINHAUSER, Angelika. **Biogas from Waste and Renewable Resources. An Introduction**. 2008. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim. Disponível em: <http://projects.pixel-online.org/chemistry/files/ed_pack/04/further03/Deublein%20D.%20Steinhauser%20A.-Biogas%20from%20Waste%20and>. Acesso em: 28 de out. de 2014.

CIBILOGÁS-ER. Centro Internacional de Energias Renováveis – Biogás.

CIH – Centro Internacional de Hidroinformática. Mapa de potencial de produção diária de biogás. 2014.

DIESEL, R.; MIRANDA, C. R.; PERDOMO, C. C. **Coletânea de Tecnologias Sobre Dejetos Suínos. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves**, n. 14, p. 30, ago. 2002. (Boletim Informativo).

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

FERNANDES, Dangelá. M. Biomassa e Biogás da Suinocultura. Dissertação apresentada à **Universidade Estadual do Oeste do Paraná**, no Programa de Pós-Graduação em Energia na Agricultura. Cascavel, PR: UNIOESTE, 2012. 209 p.

GALBIATI, João. A; CAMELO, Anaira. D; SILVA, Flavia. G; GERARDI, Eliana. A. B; CHICONATO, Denise. **Estudo qualiquantitativo do biogás rodudido por substratos em biodigestores tipo batelada**. In: **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. V.14, n.4, p.432–437, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v14n4/v14n04a13.pdf>. Acesso em: 30 mar. 2014.

GASPAR, R.M.B.L. **Utilização de Biodigestores em Pequenas e Médias Propriedades Rurais com Ênfase na Agregação de Valor: Estudo de Caso na Região de Toledo-PR**. Florianópolis-SC, 2003.

GROPPELLI, A. A; NIKBAKHT, E. **Administração financeira**. Traduzido por André Olimpio Mosselman Du Chenoy Castro. 3º Edição. São Paulo: Saraiva, 1998.

GROPPELLI, A. A; NIKBAKHT, Ehsan. **Administração Financeira**. 3 Ed. São Paulo: Saraiva, 2010.

GITMAN, L. J. **Princípios da Administração Financeira**. 12º Edição. São Paulo: Person, 2010.

GITMAN, Lawrence. J. **Princípios de Administração Financeira**. 7 ed. São Paulo: Harbra, 2002.

INEE – Instituto Nacional de Eficiência Energética. **A Eficiência Energética e o**

Novo Modelo do Setor Energético. 2001. Disponível em: <http://www.inee.org.br/down_loads/escos/EE_Novo%20Modelo.pdf>. Acesso em: 05 de abr. 2014.

INEE: Instituto Nacional de Eficiência Energética. **Geração Distribuída**. 2014. Disponível em: <http://www.inee.org.br/forum_ger_distrib.asp>. Acesso em: 10 de Abril de 2014.

ITAIPU BINACIONAL. **Relatório de Sustentabilidade** 2010. Foz do Iguaçu: Itaipu, 2010.

KUNZ, Airton; HIGARASHI, Martha, M; OLIVEIRA, Paulo. A. **Tecnologias de manejo e tratamento de dejetos de suínos estudadas no Brasil**. Cadernos de Ciência & Tecnologia, Brasília, n. 3, set./dez. 2005.

KUNZ, A.; PERDOMO, C. C.; OLIVEIRA, P. A. V. **Biodigestores: avanços e retrocessos**. Suinocultura Industrial, v.26, n.4, 2004.

LUCAS JR, Jorge; SANTOS, Tânia. M. B. Aproveitamento de resíduos da indústria Avícola para produção de biogás. **Simpósio sobre Resíduos da Produção Avícola**. 2000. Concórdia, SC. Disponível em: <http://docsagencia.cnptia.embrapa.br/suino/anais/anais65_lucas.pdf>. Acesso em: 10 de Abril de 2014.

LUCIO, Luis. T. Segurança para empreendimentos de biogás no meio rural. Projeto de Pesquisa apresentado para obtenção do título de especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho. **Centro Universitário Dinâmica das Cataratas**. 2013. Foz do Iguaçu.

Manual de treinamento em biodigestores. Versão 2.0. Fev. de 2008. Disponível em: <http://www.ieham.org/html/docs/Manual_Biodigestao.pdf>. Acesso em: 12 de Novembro de 2014.

MARTINS, F. M.; OLIVEIRA, P. A. V. Análise econômica da geração de energia elétrica a partir do biogás na suinocultura. **Engenharia Agrícola**. v. 31, n. 3, p. 477-486, maio/jun. 2011.

MOTTA, Regis. R; CALÔBA, Guilherme. M. **Análises de Investimentos: Tomada de Decisão em Projetos Industriais**. São Paulo: Atlas, 2002.

MENKES, Monica. Eficiência energética, Políticas públicas e sustentabilidade. Tese de Doutorado (**Universidade de Brasília** - Centro de Desenvolvimento Sustentável). Brasília. 2004. Disponível em: <http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Arquitetural/efici%EAncia%20energ%E9tica/Pequisa/eficiencia_energetica_politicas_publicas_e_sustentabilidade.pdf>. Acesso em: 05 de abr. 2014.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Manual de Impactos Ambientais: Orientações Básicas sobre Aspectos Ambientais de Atividades Produtivas.** Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_pnla/_arquivos/manual_bnb.pdf>. Acesso em: 04 de abr. 2014.

MOREIRA, Ajax. R. B; DAVID, Pedro; ROCHA, Kátia. **Regulação do Preço da Energia Elétrica e Viabilidade do Investimento em Geração no Brasil.** Rio de Janeiro: IPEA, 2003.

MOURA, Luiz. A. A. **Economia Ambiental: Gestão de Custos e Investimentos.** São Paulo: Juarez de Oliveira Ltda., 2000.

OLIVEIRA, Paulo. A. V; NUNES, Maria. L. A. Sustentabilidade ambiental da suinocultura. In: **Seminário Internacional sobre Produção, Mercado e Qualidade da Carne de Suínos.** 8 e 9 de maio de 2002. Florianópolis/SC. Disponível em: <http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc_publicacoes/publicacao_b3o47o3m.pdf> <http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc_publicacoes/publicacao_b3o47o3m.pdf>. Acesso em: 27 de out. de 2014.

ORRICO JUNIOR, Marco. A. P; ORRICO, Ana; LUCAS JUNIOR, Jorge. **Produção Animal e o Meio Ambiente: Uma Comparação entre Potencial de Emissão de Metano dos Dejetos e a Quantidade de Alimento Produzido.** 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/eagri/v31n2/a20v31n2.pdf>. Acesso em: 29 mar. 2014.

PROPEE – **Procedimentos do Programa de Eficiência Energética.** Superintendente de Pesquisa e Desenvolvimento e Eficiência Energética – SPE/ANEEL.

Relatório Técnico Parcial I: Projeto Geração Distribuída de Energia Elétrica Com Saneamento Ambiental. Foz do Iguaçu: FINEP - ITAI, 2009b.

Relatório Técnico Parcial I: Geração Distribuída de Energia Elétrica a Biogás Com Saneamento Ambiental. Foz do Iguaçu: FINEP - ITAI, 2011.

Revolução Energética cenário brasileiro 2013: A caminho do Desenvolvimento Limpo. **Greenpeace Internacional.** 2013. Disponível em: <http://www.greenpeace.org/brasil/Global/brasil/image/2013/Agosto/Revolucao_Energética.pdf>. Acesso em: 04 de abr. 2014.

RODRIGUES, A. L. T. Estudo da viabilidade econômico-financeira de uma academia para terceira idade em Porto Alegre. Trabalho de Conclusão de Graduação em Administração. **Universidade Federal do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre, 2011.

ROSS, C. C; DRAKE, T. J; WALSH, J. L. **Handbook of biogas utilization.** 2 ed. Atlanta: U.S. Department of Energy, 1996. Disponível em: <<http://infohouse.p2ric.org/ref/22/21262.pdf>>. Acesso em: 12 de out. de 2014.

SANTOS, Fernando. A. C. M; SANTOS, Fernando, M. S. M. Geração Distribuída

versus Centralizada. In: **Instituto Politécnico de Viseu**. Portugal. 2009. Disponível em: <<http://www.ipv.pt/millennium/Millennium35/11.pdf>>. Acesso em: 15 de abr. 2012.

SANTOS, Tania. M. B.; LUCAS JÚNIOR, Jorge. **Balço energético em galpão de frangos de corte**. 2004. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-69162004000100004&script=sci_arttext. Acesso em: 29 de mar. 2014.

SCHUCH, Sergio. L. **Condomínio de Agroenergia: Potencial de Disseminação na Atividade Agropecuária**. Dissertação (Mestrado Energia na Agricultura). Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Cascavel. 2012. Disponível em: <http://projetos.unioeste.br/pos/media/File/energia_agricultura/pdf/Dissertacao_Sergio_Schuch.pdf>. Acesso em: 29 mar. 2014.

SCHULTZ, G. **Boas Práticas Ambientais na Suinocultura**. Porto Alegre: SEBRAE/RS, 2007. 44 p. Disponível em: <[http://bis.sebrae.com.br/GestorRepositorio/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/A4DEFB9FA25C1277832574570050C804/\\$File/NT0003798E.pdf](http://bis.sebrae.com.br/GestorRepositorio/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/A4DEFB9FA25C1277832574570050C804/$File/NT0003798E.pdf)>. Acesso em: 02 de nov. 2011.

Small-scale Methodology: AMS-III.D: **Methane recovery in animal manure management systems. Version 19.0**. Disponível em: <https://cdm.unfccc.int/filestorage/7/f/XD589AQQFEC4JUWPBM7TSOILKYR62V.pdf/eb70_repan31.pdf?t=V2t8bmZwOTAxzDAzlgXrlu437MH-9TUuQ613>. Acesso em: 06 de abr. 2014.

SOUZA, C. F. Biodigestão anaeróbia de dejetos de suínos: obtenção de dados e aplicação no desenvolvimento de um modelo dinâmico de simulação da produção de biogás. 2001. 140 p. Tese (Doutorado em Zootecnia - Produção Animal) – **Universidade Estadual Paulista**, Jaboticabal, 2001.

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, 2004.

TOBIAS, A. C. T. Tratamento de Resíduos da Suinocultura: Uso de Reatores Anaeróbios Sequenciais Seguido de Leitões Cultivados. 2002. 125 f. Tese de Doutorado em Engenharia Agrícola. **Universidade Estadual de Campinas**. Campinas, 2002.

VANOLLI, Kleber. **Demandas para Gestão Administrativas de Projetos de Biogás**. 2010.

VANZIN, Emerson. Procedimento para Análise da Viabilidade Econômica do Uso do Biogás de Aterro Sanitário para Geração de Energia Elétrica. Aplicação no Aterro Santa Tecla. 2006. 93 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia). **Universidade de Passo Fundo**. Passo Fundo, 2006. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/mudancasclimaticas/biogas/file/docs/artigos_dissertacoes/vanzin.pdf>. Acesso em: 01 de nov. 2014.

WOTTRICH, Breno. Modelo para análise econômica e financeira em projetos para geração distribuída de energia com fontes alternativas. Dissertação de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica. **Universidade Federal de Santa Maria**. Santa Maria. Set. de 2010. Disponível em: <http://cascavel.cpd.ufsm.br/tede/tde_arquivos/7/TDE-2011-02-08T083703Z-3019/Publico/WOTTRICH,%20BRENO.pdf>. Acesso em: 02 de nov. de 2014.

ZIMMERMANN, Gustavo. L; GOBBO, Thiago. L. **Análise de Viabilidade Financeira e Econômica Sobre o Prisma da Sustentabilidade no Condomínio de Agroenergia Para Agricultura Familiar Sanga Ajuricaba**. Foz do Iguaçu: Faculdade Anglo-Americano, 2011.