

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE EDUCAÇÃO CONTINUADA EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS

MURILO NUNES

**ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA PARA GERAÇÃO DE ENERGIA
ELÉTRICA ATRAVÉS DO USO DE BIODIGESTOR EM PECUARIA DE LEITE
DE PEQUENO PORTE**

CURITIBA

2014

MURILO NUNES

**ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA PARA GERAÇÃO DE ENERGIA
ELÉTRICA ATRAVÉS DO USO DE BIODIGESTOR EM PECUARIA DE LEITE
DE PEQUENO PORTE**

Trabalho de conclusão de curso (TCC) apresentado ao Programa de Educação Continuada em Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná (UFPR) para obtenção do título de especialista em projetos sustentáveis, mudanças climáticas e gestão corporativa de carbono.

Orientador: M. Sc. Alexandre Dullius

CURITIBA

2014

AGRADECIMENTOS

À Fazenda Matriz & Pirapitinga pelo apoio a pesquisa e ao Programa de Educação Continuada em Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná (UFPR) pela oportunidade.

ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA PARA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA ATRAVÉS DO USO DE BIODIGESTOR EM PECUARIA DE LEITE DE PEQUENO PORTE

Murilo Nunes¹

Orientador: M. Sc. Alexandre Dullius

¹ Engenheiro Agrônomo e discente do curso de pós-graduação (especialização) em Projetos Sustentáveis, Mudanças Climáticas e Gestão Corporativa de Carbono do Programa de Educação Continuada em Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná (UFPR). E-mail: muriloc99@hotmail.com

Resumo

A pecuária bovina tem ganhado relevância no cenário internacional, e com isso o Brasil aumenta sua visibilidade em relação a esse setor, pois possui o principal rebanho bovino comercial do mundo. Como consequência do aumento do rebanho bovino associado à modernização da atividade pecuária em sistemas confinados, observa-se também um aumento na concentração de resíduos como fezes e urina, além de uma maior emissão de gases de efeito estufa, sendo o metano (CH₄) e o dióxido de carbono (CO₂) os mais prejudiciais. Esse grande volume de resíduos tem exigido soluções criativas para seu tratamento e aproveitamento, evitando assim a contaminação do solo, de corpos d'água e do ar. Biodigestores têm sido considerado uma boa tecnologia para o tratamento de resíduos orgânicos, uma vez que transforma a biomassa em produto estável através da digestão anaeróbica, resultando desse processo o biogás e o biofertilizante. Portanto, o objetivo deste trabalho é apresentar um estudo de caso da implantação de Biodigestor na Fazenda Matriz & Pirapitinga em Cachoeira Alta, Goiás, para o tratamento de dejetos bovino em pecuária de leite de pequeno, analisando a viabilidade econômica para a produção de energia e visando minimizar o impacto ambiental gerado pela atividade pecuária e sua emissão de gases de efeito estufa (GEE). O estudo verificou que a instalação do biodigestor para o tratamento de dejetos provenientes de 40 matrizes leiteiras produzirá 528 m³ de biogás ao mês, volume suficiente para a produção de 1.111,34 kwh de energia elétrica, montante que satisfaz a necessidade energética mensal da propriedade. A produção de energia proporcionará a recuperação de 96.038,8 m³ de CO₂ equivalente ao ano. A análise econômica verifica que o projeto consegue restituir o investimento financeiro até o final do segundo ano de sua implantação, considerando apenas a produção de energia elétrica. A implantação do biodigestor proporcionará ainda uma economia de aproximadamente R\$ 4.800,00 anuais com o uso do biofertilizante resultante do processo de biodigestão.

Palavras-chave: pecuária, gases de efeito estufa, metano, resíduo, biogás.

AN ANALYSIS OF THE ECONOMIC VIABILITY OF GENERATING ELECTRIC ENERGY THROUGH THE USE OF A BIODIGESTOR ON DAIRY CATTLE ON SMALL FARMS

ABSTRACT

The livestock industry has gained importance in the international arena while Brazil has gained increased recognition in this sector, since it possesses one of the primary commercial cattle herds in the world. As a consequence of the increase of cattle associated with the modernization of livestock activity in confined systems, an increase in waste such as urine and feces, as well as a greater concentration of greenhouse gas emissions such as methane (CH_4) and carbon dioxide (CO_2), the most damaging gases to the ozone layer, has been observed. This large volume of waste has required creative solutions for its treatment and use that avoid the contamination of soil, water bodies, and air. Biodigesters have emerged as a good option for the treatment of organic waste, since they turn biomass into a stable product through anaerobic digestion, resulting in biogas and fertilizer. Therefore, the primary aim of this case study is to explore the implementation of a Biodigester for treating cattle manure on Matriz & Pirapitinga Farms in Cachoeira Alta, GO, while analyzing the economic viability of creating usable energy through this process while reducing the greenhouse gas emissions produced by livestock activity. The study confirmed that the installation of the biodigester to treat waste from 40 dairy cows produced 528 cubic meters of biogas per month. This volume is sufficient to produce 1,111.34 kwh of electrical power, which is enough to satisfy the energy needs of the property for a month. Such energy production will lead to the reduction of 96,038.8 cubic meters of CO_2 equivalent per year. The financial analysis proves that the project will pay for itself in the second year of deployment, when only electrical power production is considered. The deployment of a Biodigester will provide a cost savings of approximately R\$ 4.800,00 per year by using the biofertilizer resulting from the process of biodigestion.

Keywords: livestock, greenhouse gases, methane, waste, biogas.

INTRODUÇÃO

O setor agropecuário é um importante segmento da economia brasileira, sua participação chega a atingir 1 trilhão de reais do Produto Interno Bruto (PIB), segundo o Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA, 2011). Mais especificamente em relação ao segmento lácteo, dados apontam para o número expressivo de 3,6 milhões de pessoas empregadas no setor, o que corresponde a 40% de todos os empregos relacionados ao meio rural (EMBRAPA GADO DE LEITE, 2009). Segundo o International Farm Comparison Network (IFCN, 2012) o Brasil é o quinto maior produtor mundial de leite, detentor de um rebanho superior a 200 milhões de cabeças de gado na atividade (IBGE 2012).

Nesse cenário, instaura-se uma demanda crescente por alimentos, o que vem forçando o setor rural a se modernizar para atender esse grande contingente, cada vez maior, de consumidores. Com isso, os sistemas de produção a pasto vêm cedendo lugar para os confinamentos tanto na pecuária de corte como na leiteira, o que resulta na concentração de grandes volumes de dejetos animais, sendo necessário o manejo adequado desse material (ORRICO JUNIOR *et al.*, 2010). Por sua vez, os dejetos resultantes de confinamentos bovinos apresentam elevadas concentrações de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), sólidos em suspensão e nutrientes, constituindo ótimo meio para proliferação do ciclo biológico de nematoides gastrintestinais, o que aumenta o potencial de contaminação do meio ambiente e coloca em risco a saúde dos animais (MORALES *et al.*, 2009). Sendo assim, não é recomendada a utilização ou descarte desses materiais diretamente no ambiente, fazendo-se necessária a busca por alternativas de tratamento.

A resolução nº340, de 2011, do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), estabelece os padrões para lançamento de efluentes em corpos hídricos e exige licenciamento ambiental para a realização desse tipo de atividade que gera dejetos de animais.

Para o tratamento de dejetos provenientes de confinamento, tem sido considerada uma boa tecnologia a digestão anaeróbica em biodigestores, pois apresenta um controle satisfatório dos microrganismos e estabilização dos

nutrientes, tornando a biomassa resultante boa para reuso como fertilizante, além de possibilitar o aproveitamento dos gases provenientes da fermentação para geração de calor e energia elétrica (COLATTO; LANGER, 2011). O biodigestor anaeróbico é um equipamento que tem sido utilizado para o processamento de matéria orgânica, como por exemplo, urina, fezes, entranhas de animais descartados em frigoríficos e sobras de vegetais, e funciona como um reator químico em que as reações têm origem biológica, ou seja, são realizadas por bactérias que digerem matéria orgânica em condição anaeróbica (na ausência de oxigênio) (CASTANHO; ARRUDA, 2008).

De acordo com ARRUDA (2002), o biogás é um combustível renovável formado pela mistura principalmente do metano (CH_4), dióxido de carbônico (CO_2), hidrogênio (H_2) e oxigênio (O_2). Dentre esses, o principal e mais importante gás é o CH_4 , com cerca de 50% a 80% do volume total. A produção do CH_4 ocorre por meio da atividade das bactérias metanogênicas, que são influenciadas pelo ambiente, principalmente a temperatura, o oxigênio, o PH, a umidade e a quantidade e tipo da biomassa. (GASPAR, 2003).

Com a biodigestão, é possível o aproveitamento do metano produzido para geração de energia elétrica, sendo esta uma alternativa muito incentivada para a proteção do meio ambiente pela recuperação do CH_4 , uma vez que esse gás apresenta um potencial de aquecimento global 21 vezes maior do que o gás carbônico (IPCC, 1997). Além disso, há a possibilidade de recuperar subprodutos úteis, visando a aplicação na fertilização de pastagens e outras culturas agrícolas (MORALES *et al.*, 2009).

Valendo-se do arcabouço teórico aqui referenciado, que já subsidiou experiências bem sucedidas e devidamente relatadas, este trabalho, por sua vez, tem o objetivo de apresentar o estudo de caso da implantação de biodigestor na Fazenda Matriz & Pirapitinga para o tratamento de dejetos bovinos, analisando a viabilidade econômica da produção de energia por meio da recuperação do biogás gerado no tratamento desses dejetos, visando também minimizar a emissão de gases de efeito estufa.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização do local

O estudo foi realizado na Fazenda Matriz & Pirapitinga, localizada nas proximidades do município de Cachoeira Alta, GO. A região apresenta clima classificado como Tropical Úmido, com uma estação chuvosa de temperatura moderadamente alta entre outubro e abril, e outra estação seca de maio a setembro com temperatura mais amena (IBGE, 2013), Figura 1.

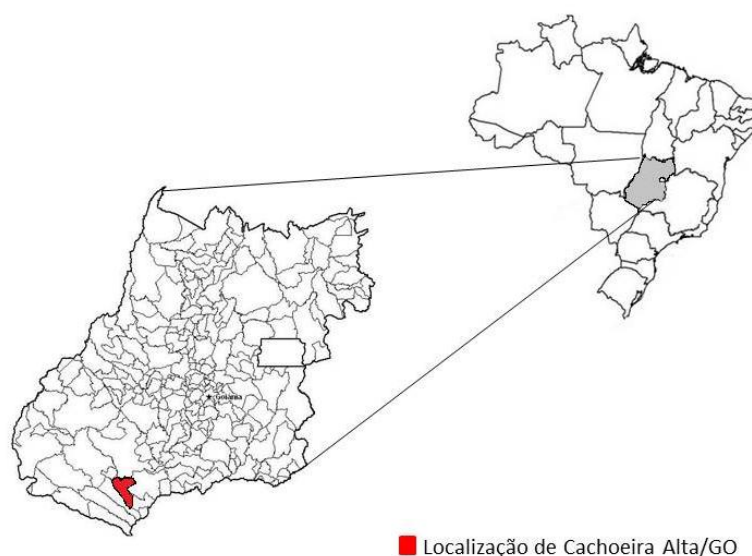


Figura 1. Delimitação da área em estudo, Fazenda Matriz & Pirapitinga, localizada nas proximidades do município de Cachoeira Alta, GO, Brasil.

A economia dessa região é baseada na agropecuária, com destaque para a produção de grãos e de cana-de-açúcar, além de apresentar alta produção pecuária com média de 157.200 cabeças de bovinos e produção leiteira de 20.000 litros por dia (IBGE, 2013).

A Fazenda Matriz & Pirapitinga privilegia a criação de bovinos para a produção de leite e tem aproximadamente 40 vacas em lactação tratadas em sistema semiextensivo. Esse sistema se baseia no tratamento dos animais confinados em lotes, alternando entre piquetes e currais, com área restrita e

fornecimento de alimento e água em cochos e suplementação volumosa na época de menor crescimento do pasto (EMBRAPA, 2005).

Escolha do Biodigestor

O modelo do biodigestor utilizado nesse estudo é o Canadense (Figura 2), popularmente conhecido como “da marinha” ou “fluxo tubular”. Esse modelo possui uma base retangular onde o substrato é depositado, cuja largura é superior à profundidade para proporcionar maior área de exposição ao sol. O gasômetro, ou câmara de gás (local de armazenamento do gás) é composto por manta flexível de PVC que infla como um balão conforme a produção do biogás, podendo ser retirada para higienização (NISHIMURA, 2009).

A escolha desse modelo de biodigestor deve-se às condições favoráveis de clima da região e à facilidade na obtenção e instalação do mesmo, que pode ser montado pelo próprio usuário, que deve adquirir a câmara de gás em empresa especializada. O biodigestor tipo canadense é aconselhável também por ser um modelo de fluxo contínuo, o que permite a introdução constante de dejetos sem alterar o tempo de retirada do fertilizante e a produção de biogás (BARRERA, 1983).

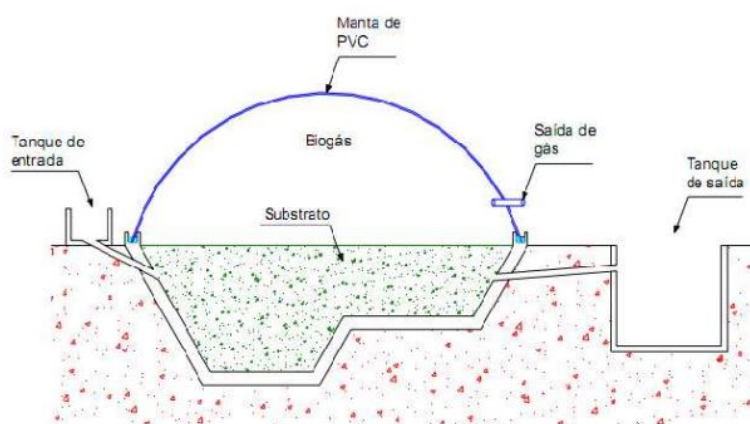


Figura 2. Modelo do Biodigestor Canadense conhecido como “da marinha” ou “fluxo tubular” (Fonte: NISHIMIRA, 2009).

Dimensionamento e caracterização do biodigestor

Para o cálculo do volume do biodigestor - VB (m³) foi utilizada a Equação 1, através da multiplicação do volume de carga diária, que são o volume de dejetos acrescidos da mesma quantidade de água - VC (m³.dia⁻¹) pelo tempo de retenção hidráulica - TRH (dias). A produção de dejetos foi calculada de acordo com SGANZERLA (1983), para o qual 1 animal bovino nesse sistema de confinamento produz em média 10 Kg de dejetos ao dia. De acordo com LUCAS JUNIOR *et al.* (2004) o tempo ideal de retenção da biomassa para esse biodigestor são 35 dias e o volume de carga diária estimado nesse estudo foi de 400 kg de esterco mais 400 L de água, totalizando um VC de 800 kg ou 0,8 m³, Equação 1.

$$\mathbf{VB (m^3) = VC (m^3.dia^{-1}) \times TRH (dias)} \qquad \text{Equação 1}$$

A partir da necessidade volumétrica que o biodigestor deverá atender, é possível estimar o espaço físico para a implantação do biodigestor canadense. De acordo com IEHAM (2008), um biodigestor com capacidade para 30 m³ de volume deverá ter 1,5 m de profundidade, com 8 m de comprimento por 1,5 m de largura na base menor, e 10 m de comprimento por 3,5 m de largura na base maior.

O biodigestor selecionado é composto por entrada e saída de material orgânico com diâmetro de 150 mm para conexão com canos de PVC; saída de biogás com 9 mm de diâmetro, sendo necessário 15 metros de tubo flexível para canalização do biogás até o ponto de consumo, mais conexões, braçadeiras etc.; purificador, composto químico acondicionado em material plástico utilizado para a retirada, tratamento ou purificação do componente corrosivo do biogás, visando a proteção dos equipamentos que utilizaram o biogás; medidor de vazão para o biogás, equipamento específico para gases com baixa pressão como o biogás; balão de armazenamento para acondicionamento e uso em hora e local desejado; bomba de biogás de 15 w utilizada para pressurizar o biogás na rede de abastecimento de gás; e gerador de 1200 w.

De acordo com o relatório “Análises das instalações elétricas em uma empresa rural (produção de leite tipo “B”)", realizado por SOUZA *et al.* (1998), foi estimada a demanda de energia elétrica da propriedade. O gerador de 1200 w será suficiente para atender a demanda energética da ordenhadeira, resfriador de leite, bomba d'água, triturador e do misturador de grãos.

Produção de biogás e energia elétrica

O potencial de produção de biogás para bovinos de leite varia de 0,040 a 0,049 m³ por kg de esterco (LUCAS JUNIOR *et al.*, 2004). Foi utilizado neste estudo o valor médio de 0,044 m³ que, multiplicado pela quantidade diária de esterco, resulta a produção do biogás.

O biogás produzido é constituído principalmente por metano (CH₄) e dióxido de carbono (CO₂), apresentando geralmente em torno de 70% de CH₄ e o restante composto na maior parte por CO₂ e alguns outros gases como nitrogênio, hidrogênio e ácido sulfúrico, em menores concentrações (LA FARGE, 1979), Tabela 1. É recomendável a análise da composição do biogás no caso da implantação do biodigestor.

Tabela 1. Concentração do biogás produzido pela fermentação do resíduo bovino em pecuária de leite.

Gás	Concentração do Biogás (%)
Metano – CH ₄	50,0 – 80,0
Dióxido de Carbono – CO ₂	20,0 – 40,0
Hidrogênio – H ₂	1,0 – 3,0
Nitrogênio – N ₂	0,5 – 3,0
Gás Sulfrido e outros – H ₂ S, CO, NH ₃	1,0 – 5,0

Fonte: La Farge, 1979.

A quantidade de CO₂ equivalente (CO₂ eq) que deixará de ser emitido na atmosfera será o somatório da quantidade de CO₂ e CH₄ produzidos pela fermentação, no entanto, a quantidade de CH₄ deve ser multiplicada pelo potencial de aquecimento global (PAG), Equação 2. De acordo com o IPCC (2007) o CH₄ apresenta um potencial de absorção de radiação infravermelha cerca de 21 vezes maior que o CO₂, sendo considerado o segundo gás em importância no efeito estufa antrópico.

$$\text{CO}_2 \text{ eq} = \text{Volume de CH}_4 * 21 + \text{Volume de CO}_2 \quad \text{Equação 2}$$

O metano (CH₄) produzido quando puro e em condições normais de pressão (1 atm) e temperatura (0°C) (PTN), tem poder calorífico inferior (PCI) de 9,9 kWh/m³. E quando o teor de metano no biogás varia entre 50% e 80%, o poder calorífico é inferior, variando entre 4,95 e 7,92 kWh/m³, relacionado à equivalência energética do biogás (FERRAZ; MARIEL, 1980).

De acordo com COLDEBELLA *et al.* (2006) são necessário 0,4751 m³ de biogás para gerar 1 kWh de energia, sendo que para esse estudo de caso serão produzidos 528 m³ de biogás por mês, pode se estimar através daí a disponibilidade mensal de energia elétrica.

Análise econômica da produção da energia elétrica via biogás

A metodologia utilizada para determinar a análise econômica levará em conta o custo de produção da energia elétrica por cogeração via biogás descrita por SOUZA *et al.* (2004) e está relacionado a três aspectos: capital investido, construção e manutenção do biodigestor e sistema motor gerador.

Conforme relatado por SOUZA *et al.* (2004), para efeito de cálculo, estão sendo estabelecidas as taxas de 8 % de desconto, que é usualmente aplicada aos

financiamentos do governo nas atividades de produção agrícola, e 4 % do investimento total ao ano em gastos com operação e manutenção.

Inicialmente será calculado o fator de recuperação de capital (FRC) que leva em consideração o capital investido e os custos da instalação do biodigestor. Para tal será necessário estabelecer a taxa de desconto (% ano⁻¹); n: Anos para amortização do investimento, Equação 3.

$$\mathbf{FRC} = \frac{j \cdot (1+j)^n}{(1+j)^{n-1} - 1} \quad \text{Equação 3}$$

Posteriormente, estabelecerá o custo anualizado do investimento no biodigestor - CAB (R\$ ano⁻¹), através do custo de investimento no biodigestor - CIB (R\$); e o custo com operação e manutenção - OM (% ano⁻¹), Equação 4.

$$\mathbf{CAB} = \text{CIB} \cdot \text{FRC} + \frac{\text{CIB} \cdot \text{OM}}{100} \quad \text{Equação 4}$$

O custo do biogás será calculado através da relação do CAB e do PAB, obtendo ao final do cálculo o custo anualizado do investimento no biodigestor (R\$ ano⁻¹.m⁻³), Equação 5.

$$\mathbf{CB} = \frac{\text{CAB}}{\text{PAB}} \quad \text{Equação 5}$$

Análise de viabilidade do projeto

O método adotado na análise econômica foi o Valor Presente Líquido (VPL) e o Tempo de Retorno de Capital Descontado (TRd), de acordo com CASAROTTO FILHO & KOPITTKKE (2008).

O VPL é a soma atualizada dos lucros obtidos ao longo do período de planejamento do projeto e pode ser calculado pela “Equação 6”, onde: C_0 - capital necessário para o investimento inicial (R\$); R_1 - receita mensal (R\$); C_1 - desembolso mensal (R\$); r - taxa de juros mensal (%), e T - horizonte de planejamento do projeto (meses).

$$\mathbf{VPL} = C_1 + \frac{R_1 - C_1}{(1+r)} + \frac{R_2 - C_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{R_T - C_T}{(1+r)^T} \quad \text{Equação 6}$$

A receita (R_T) corresponde ao valor da energia que o produtor deixa de pagar ao aproveitar a geração com o biogás ou o valor obtido com a comercialização. Para se obter o custo total – C_t será utilizado o valor total do investimento (R\$25.000,00) dividido por 12 meses, enquanto a receita líquida anual é a diferença entre a receita (R_t) e o desembolso (C_t).

O TRd é determinado pelo período em que o VPL do projeto se torna positivo, levando-se em conta o desconto dos juros nos fluxos nominais previstos. Para efeito de comparação o TRd será calculado em duas condições: com a utilização de 4 e 10 horas diárias de energia a partir do biodigestor, distinguindo entre esses o desembolso mensal, uma vez que as demais variáveis são valores fixos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a Equação 1, será necessário um biodigestor com capacidade para 28 m³ de biomassa, sendo adotado para esse estudo um biodigestor de 30 m³ para facilitar a cotação de mercado. Realizada a cotação de biodigestores no mercado, verificou-se o custo em torno de R\$25.000,00 para esse tamanho de biodigestor com o gerador de 1200 W incluso. Atualmente esse investimento pode ser financiado por linhas de crédito como o PRONAF ECO e Programa ABC.

Segundo o trabalho de LUCAS JUNIOR *et al.* (2004), pode se estimar a quantidade de biogás produzido multiplicando o potencial médio de produção de biogás para bovinos de leite ($0,044 \text{ m}^3$) pela quantidade diária de esterco (400 kg), resultando em $17,6 \text{ m}^3$ de biogás por dia, Figura 3.

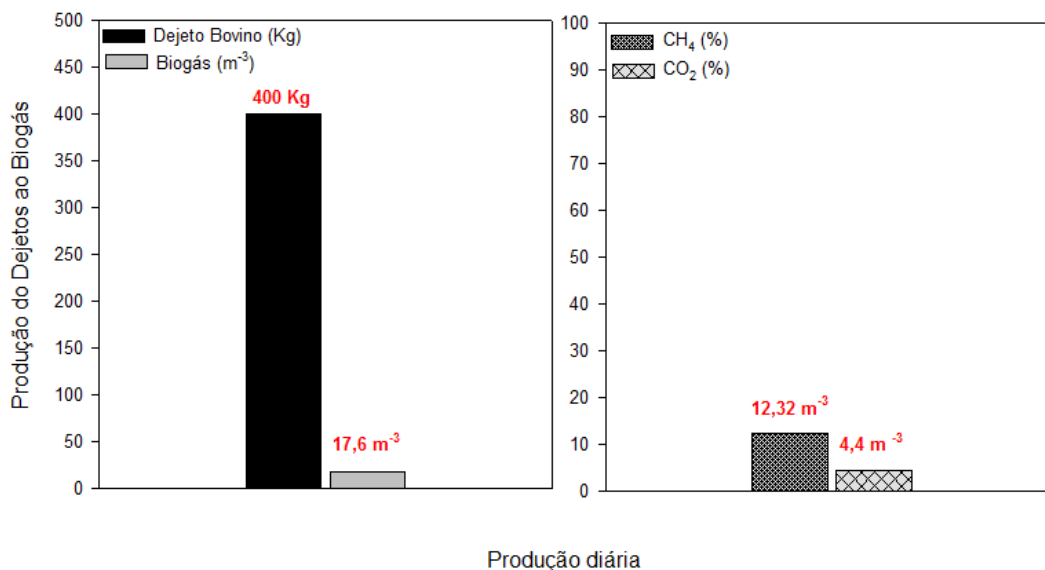


Figura 3. Quantidade de dejetos bovinos, biogás, metano (CH_4) e dióxido de carbono (CO_2) produzidos diariamente na implantação do biodigestor na Fazenda Matriz & Pirapitinga.

Nesse volume de gases produzido estima-se que, $12,32 \text{ m}^3$ será de CH_4 (70% do biogás produzido) e $4,4 \text{ m}^3$ de CO_2 (25% do biogás produzido) ao dia, Figura 3. Ampliando a estimativa desses dados para 365 dias, o resultado aproximado será de $4.496,8 \text{ m}^3$ de CH_4 e 1.606 m^3 de CO_2 , considerando as condições adequadas ao desenvolvimento das bactérias anaeróbicas para a digestão e decomposição da matéria orgânica.

Ao final de 1 ano, após a implantação do biodigestor, a produção de CO_2 equivalente será de $96.038,8 \text{ m}^3 \text{ ano}^{-1}$ (multiplicando a quantidade de CH_4 por seu potencial de aquecimento (21) e somado à quantidade de CO_2 produzida). Com a utilização desse gás na produção de energia, deixará de ser emitida essa quantidade GEE na atmosfera, observando ainda que esse valor refere-se à emissão de CO_2 e CH_4 (Figura 4).

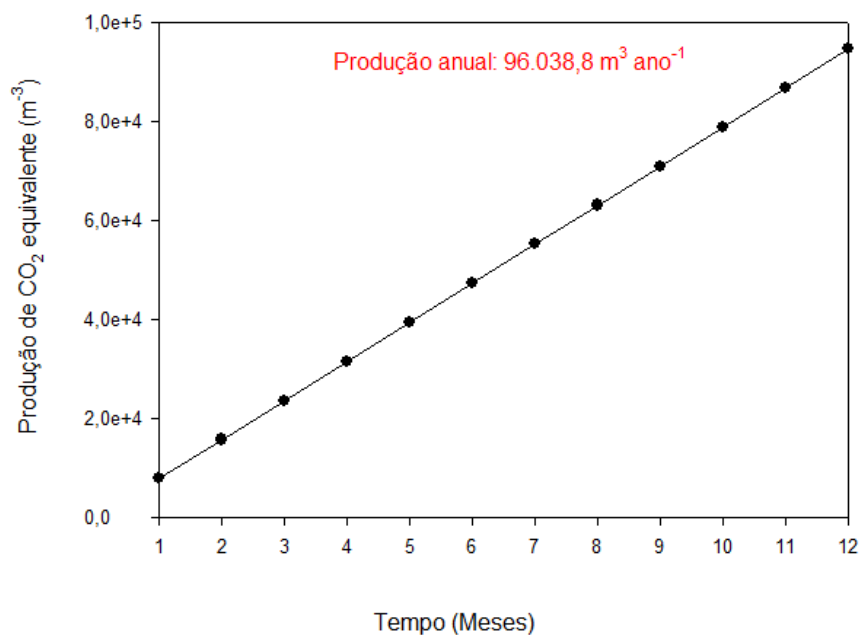


Figura 4. Quantidade de CO₂ equivalente que será produzido (m³) em 1 ano no biodigestor localizado na Fazenda Matriz & Pirapitinga.

Utilizando a relação desenvolvida por COLDEBELLA *et al.* (2006), onde 0,4751 m³ de biogás podem gerar 1 kWh de energia, podemos estimar que para os 528 m³ de biogás mensais produzidos em nosso estudo de caso podem gerar 1.111,34 kWh ao mês. Se considerarmos o valor de R\$ 0,284 para o kWh da energia elétrica rural pagos no estado de Goiás, a economia mensal será de aproximadamente R\$ 315,00.

O custo da produção de energia elétrica via biogás está diretamente relacionado ao fator de recuperação do capital (FRC), o tempo de amortização do investimento e de operação do sistema e a quantidade de biogás produzida. A Tabela 2 demonstra o custo do biogás (CB) no primeiro ano de instalação do biodigestor na propriedade com valor de R\$ 0,38.dia⁻¹. E a partir do 4º ano de instalação tem-se uma estabilização no valor de R\$ 0,34.dia⁻¹.

Comparados esses resultados com os obtidos por COLDEBELLA *et al.* (2006), em que a análise de viabilidade econômica com biodigestor encontrou valores de R\$ 0,24.dia⁻¹ de CB para uma produção animal com 72 cabeças, verifica-

se que quanto maior a produção animal, menor o valor do biogás, uma vez que a instalação do biodigestor e o motor/bomba são custos fixos.

Devido aos baixos custos encontrados para a geração de energia através do aproveitamento do gás gerado por biodigestores, a criação de linhas de créditos específicas para esse fim também poderiam ser vistas como investimento federal em energia elétrica, pois diminuiria a pressão sobre a demanda energética nacional, preservando assim os recursos naturais pela diminuição do uso de termoelétricas e preservando muitos biomas que seriam alagados para a construção de hidroelétricas. A popularização do uso de biodigestores também estimula a autossuficiência e a modernização da pecuária, além de preservar o meio ambiente em relação à contaminação por patógenos desenvolvidos nos dejetos animais quando mal condicionado.

Tabela 2. Fator de Recuperação do Capital (FRC), custo anualizado do Investimento no biodigestor (CAB) e custo do Biogás (CB) com a implantação de biodigestores nos 2, 4, 6, 10 e 20 anos de implantação para tratamento de resíduos bovinos.

Tempo	FRC	CAB¹	CB²
2 anos	81,00	2.025.000,000	0,38
4 anos	72,09	1.802.472,527	0,34
6 anos	72,00	1.800.030,484	0,34
10 anos	72,00	1.800.000,005	0,34
20 anos	72,00	1.800.000,005	0,34

Fator de Recuperação do Capital (FRC); ¹- Custo anualizado do Investimento no biodigestor (CAB), valores expressos em R\$ ano⁻¹ m⁻³; ²- Custo do Biogás (CB), valores expressos em R\$ dia⁻¹ m⁻³.

Com o Valor Presente Líquido (VPL) verifica-se que é crescente a receita líquida com a implantação do biodigestor na fazenda e apresenta uma reta mais acentuada com o uso diário de 10 horas de energia elétrica obtida com biodigestor (Figura 5).

O Tempo de Retorno Descontado (TRd) é obtido com menor tempo também quando é utilizado nas 10 horas diárias, obtendo um valor zero entre o custo total e as receitas obtidas com a venda ou consumo próprio da energia produzida. Apresentando o TRd para o uso em 10 horas diárias entre o primeiro e segundo anos, enquanto para o uso em 4 horas só é obtido entre o terceiro e quarto anos (Figura 5).

Ressaltando que em todo esse processo o biogás é apenas um subproduto gerado pelo sistema de tratamentos dos resíduos produzidos pela bovinocultura, que quando aproveitado de forma adequada torna o produtor rural autossuficiente em energia elétrica e paga o capital investido na implantação do biodigestor e do conjunto motor/gerador.

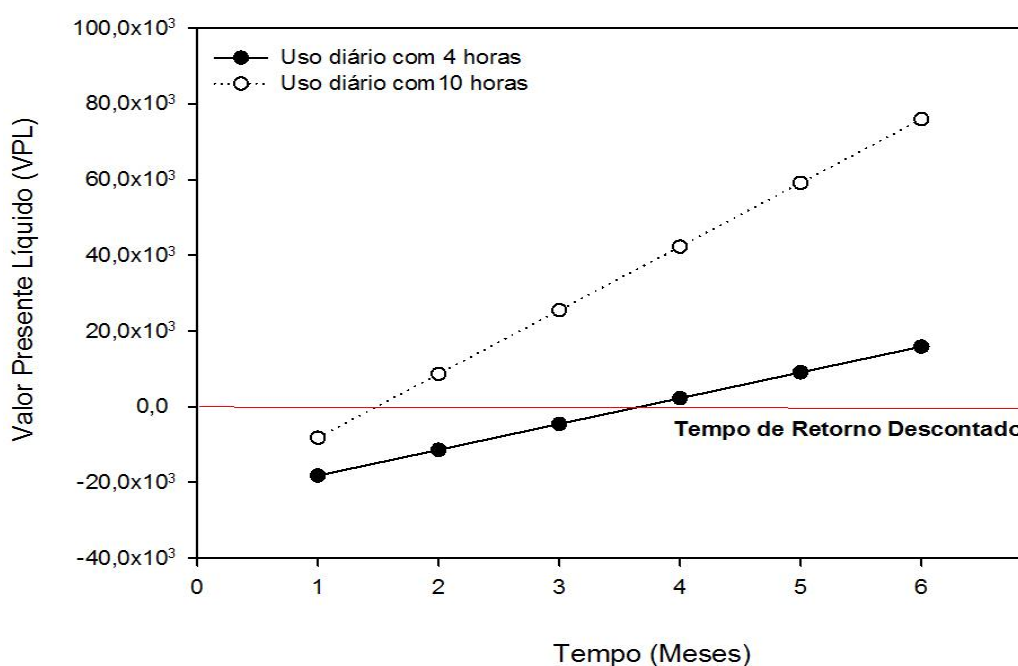


Figura 5. Valor Presente Líquido (VPL) e o Tempo de Retorno Descontado (TRd) com a implantação do biodigestor na Fazenda Matriz & Pirapitinga.

Além disso, o produtor ainda tem a alternativa de utilizar o biofertilizante, que é um produto secundário desse processo para a fertirrigação do solo, viabilizando ainda mais o uso de biodigestores. Segundo a empresa BGS equipamentos, que fornece equipamentos para biodigestores, o biofertilizante produzido com esse volume mensal de esterco será equivalente a 2 sacos de uréia, 2 sacos de adubo

super triplo e 1 saco de potássio, o que significa uma economia de aproximadamente R\$ 400,00 ao mês em fertilização.

CONCLUSÃO

O estudo verificou que a instalação do biodigestor para o tratamento de dejetos da pecuária de leite com 40 vacas produzirá 528 m³ de biogás ao mês, volume suficiente para a produção de 1.111,34 kwh de energia elétrica, o que satisfaz a necessidade energética mensal da propriedade. A produção de energia proporcionará a recuperação de 96.038,8 m³ de CO₂ equivalente ao ano. Por meio da análise econômica foi possível concluir que o projeto consegue restituir o investimento financeiro até o segundo ano de implantação, considerando apenas a produção de energia elétrica. A implantação do biodigestor proporcionará ainda uma economia de aproximadamente R\$ 4.800,00 anuais com o uso do biofertilizante resultante do processo de biodigestão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, C.M.C.; AMARAL, L.A.; LUCAS JUNIOR, J; DO NASCIMENTO, A.A.; FERREIRA, D.S.; MACHADO, M.R.F. Biodigestão anaeróbia de dejetos de bovinos leiteiros submetidos a diferentes tempos de retenção hidráulica. **Revista Ciência Rural**, v.34 n.6, 2004.

ARRUDA, M. H, et al. Dimensionamento de Biodigestor para Geração de Energia Alternativa. **Revista científica de agronomia da Faculdade de Agronomia e engenharia Florestal**, Garça, ano 1. n. 2, dez. 2002.

BARRERA, P. **Biodigestores: Energia, fertilidade e saneamento para zona rural**. São Paulo: Ícone, 1983.

CASAROTO FILHO, N.; KOPITTKKE, B. **Análise de investimentos**. 10. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

CASTANHO, D. S.; ARRUDA, H. J. Biodigestores. IN: VI Semana de Tecnologia em Alimentos. Anais. Ponta Grossa, 2008.

CEPEA (Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada) Desenvolvimento metodológico e cálculo do PIB das cadeias produtivas do algodão, cana-de-açúcar, soja pecuária de corte e leite no Brasil. Piracicaba, São Paulo, Brasil. Fevereiro de 2011.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE e CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução 430, 2011. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>. Acesso em 08 de outubro, 2014.

COLATTO, L; LANGER, M. Biodigestor – resíduo sólido pecuário para produção de energia. **Revista Unoesc & Ciência** – ACET, Joaçaba, v. 2, n. 2, p. 119-128, 2011.

COLDEBELLA, A. Viabilidade do uso do biogás da bovinocultura e suinocultura para geração de energia elétrica e irrigação em propriedades rurais. Dissertação. 2006. 73 f. (Mestrado em Engenharia Agrícola / Engenharia de Sistemas Agroindustriais) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2006.

EMBRAPA. **Importância econômica**. Disponível em:

<<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Leite/LeiteSudeste/importancia.html>>. Acesso em: 10 jul. 2014.

EMBRAPA. **Sistema de Produção de Leite no Brasil. Circular Técnica 85, Juiz de Fora, MG, 2005. Disponível em:**

<<http://www.cnpqgl.embrapa.br/nova/publicacoes/circular/CT85.pdf>>. Acesso em: 18 set. 2014.

FERRAZ, J. M. G., Mariel, I. E..**Biogás uma fonte Alternativa de Energia**. Brasil, 27p., 1980.

GASPAR. **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.**

GDP AGRIBUSINES – BRAZIL OUTLOOK. **RELATÓRIO PIBAGROBRASI**, 2013.

Disponível:

<http://www.cepea.esalq.usp.br/comunicacao/Cepea_PIB_BR_dez13.pdf>.

Acesso em: 08 de agosto, 2014.

IEHAM – Instituto de Estudios del Hambre. **Manual de treinamento em biodigestão**. 2008. Disponível em:

<http://www.ieham.org/html/docs/Manual_Biodigestao.pdf>. Acesso em: 18 set. 2014.

IFCN. A summary of results from the IFCN Dairy Report 2012. Disponível em:

<http://www.ifcndairy.org/media/bilder/inhalt/News/DR2012/IFCN-Dairy-Report-2012-press-release-corrected.pdf>. Acesso em 08 de outubro, 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Produção da Pecuária Municipal 2011**. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, volume 39. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Produção da Pecuária Municipal 2012**. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, volume 40. Rio de Janeiro: IBGE, 2013.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. **Climate Change 2007: The physical science basis: Summary for policymakers**. Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva, Switzerland, 2007

MORALES, M.M.; XAVIER, C.A.N.; SILVA, A.A.S.; LUCAS JUNIOR, J. Avaliação dos resíduos líquidos em um sistema de abate de bovinos. **Estudos Biológicos**, v.31, n.1, p.73-75, 2009.

LA FARGE, B.; LE BIOGAZ. **Procedes de Fermentation Méthanique**. Paris, Masson, 1979.

NISHIMURA, R. **Análise De Balanço Energético De Sistema De Produção De Biogás. Em Granja De Suínos: Implementação De Aplicativo**

Computacional.f.84. Dissertação de Mestrado em Engenharia Elétrica. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 2009.

ORRICO JUNIOR, M. A. P.; ORRICO, A. C. A.; LUCAS JUNIOR J. Influência da relação volumoso: concentrado e do tempo de retenção hidráulica sob biodigestão anaeróbia de dejetos de bovino. Engenharia Agrícola, v. 30, n. 3, p. 386-394. Jaboticabal, 2010.

SOUZA, A. et al. **Análise das instalações elétricas em uma empresa rural (produção de leite "B")**. Trabalho da disciplina Eletrificação Rural. Departamento de Engenharia da UFLA. Lavras: UFLA. 10p, 1998.

SOUZA, M.S., PEREIRA, W.C. e PAVAN, A. A. Custo de eletricidade gerada em conjunto motor gerador utilizando biogás da suinocultura. In: SCIELO, 2004. Disponível em: http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?pid=MSC0000000022004000100042&script=sci_arttext. Acesso em: 08 de outubro, 2014.

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