

Viabilidade da geração de energia elétrica com biogás em propriedades rurais de exploração leiteira no Tocantins

Kelen Cristina COSTA (1); Júlia Dara Pereira da SILVA (2); Clauber ROSANOVA (3)

(1) Discente IFTO- *Campus* Palmas, e-mail: kelen cristina9@gmail.com

(2) Discente IFTO- *Campus* Palmas, e-mail: jdarinha@gmail.com

(3) Professor IFTO- *Campus* Palmas, e-mail: clauber@ifto.edu.br

Resumo: As conquistas tecnológicas relacionadas à evolução do setor agrícola são dependentes de alguma forma de energia, dentre elas, podemos destacar a energia elétrica que tem alto custo e os derivados de petróleo, que estão se esgotando com o passar dos anos, gerando oscilações de preço, insegurança quanto ao fornecimento futuro além de serem altamente poluentes. O Brasil já apresenta tradição no uso de fontes renováveis de energia, destacando-se a energia hidroelétrica que é responsável por mais de 80% de toda eletricidade consumida no país, seguida pelo etanol, um derivado da cana-de-açúcar que pode ser utilizado puro ou misturado a gasolina (derivado do petróleo) para substituí-la. Apesar de termos esta tradição e de já estarmos utilizando algumas fontes renováveis de energia, ainda temos outras fontes com potencial que são pouco exploradas, tais como, a energia solar, energia eólica e a biomassa. Por se tratar de um país tropical, o Brasil, apresenta um enorme potencial para produção de biomassa vegetal, além de produzir resíduos industriais e dejetos gerados pela atividade agroindustrial e agropecuária. O estado do Tocantins destaca-se pela produção gerada pela agropecuária, porém, com o aumento da demanda e conseqüentemente o aumento da produção, a geração de esterco, seja ele de bovinos, suínos, aves ou de qualquer outro tipo de animal vem se tornando um sério problema ambiental. A eficiência dos sistemas de cogeração de energia elétrica varia em função da composição do biogás e do equipamento utilizado para conversão, podendo chegar a 38%, que equivale a 2,0 a 2,5 kWh por m³ de biogás. Este trabalho tem por objetivo avaliar a viabilidade da produção de energia elétrica a partir do biogás gerado por dejetos da bovinocultura leiteira, utilizando-se um motor de combustão interna convertido para o biogás e acoplado a um gerador elétrico.

Palavras-chave: Agronegócios, biogás, energia elétrica, bovinocultura.

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de tecnologias que utilizem fontes renováveis de energia torna-se atrativas tanto ambientalmente como socialmente, pois possibilitam a criação de fontes de suprimento descentralizadas e em pequena escala, e isto, torna-se fundamental para o desenvolvimento sustentável para países desenvolvidos e para os que estão em desenvolvimento. Os dejetos bovinos, quando são manuseados e tratados de forma inadequada, os efluentes produzidos por sistemas de produção animal se tornam uma fonte de contaminação ao meio ambiente, porém, o manejo adequado destes resíduos reduz os impactos ambientais, reciclando o efluente que pode ser usado como biofertilizante e produzindo o biogás que é uma fonte de energia alternativa. (Souza, 2004)

Os sistemas de confinamento de bovinos leiteiros, geram um considerável volume diário de dejetos, que são compostos orgânicos de alto teor energético, ricos em matéria orgânica e agentes patogênicos (Amaral, 2004). De acordo com SOUZA (2004), estes dejetos são frequentemente utilizados como fontes de adubação de forragens, porém, quando aplicados sem tratamento aumentam o potencial de poluição. O processo de biodigestão anaeróbica é uma

das alternativas utilizadas para o tratamento de resíduos, pois reduz o potencial poluidor, produz biogás e permite o uso do efluente com biofertilizante.

Este trabalho tem por objetivo avaliar a viabilidade da produção de energia elétrica a partir do biogás gerado por dejetos da bovinocultura leiteira, utilizando-se um motor de combustão interna convertido para o biogás e acoplado a um gerador elétrico.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no período de agosto de 2014 a agosto de 2015, em três propriedades de bovinocultura leiteira no estado do Tocantins, uma no município de Palmas (Chácara Nossa Aparecida, produzindo 250 litros/leite/dia), outra, na região sul do estado do Tocantins (Chácara Água Boa, produzindo 150 litros/leite/dia) e a terceira no IFTO – Campus de Araguatins (com produção média de 350 litros/leite/dia).

A metodologia utilizada para determinação do custo de produção da energia elétrica por cogeração via biogás, é descrita por Souza *et al.* (2004), onde os autores relatam que o custo está relacionado ao capital investido na construção e manutenção do biodigestor e do sistema motor gerador.

Considerando que em condições ideais de operação e de manutenção um biodigestor opera em uma propriedade rural durante todo ano, o biogás produzido pode ser utilizado diretamente no conjunto gerador. O tempo de retorno do investimento está em função do tempo de operação do equipamento, quanto menor for o tempo de operação, maior será o custo da energia elétrica. Na propriedade o equipamento pode operar durante dez horas diárias ou somente nos horários de maior consumo.

Para efeito de cálculo será utilizada uma taxa de desconto de 8%, que é usualmente aplicada aos financiamentos do governo nas atividades de produção agrícola. Para gastos com O&M (operação e manutenção) serão considerados 4% do investimento total ao ano e a tarifa de energia paga pelas propriedades que serão utilizadas para se determinar o tempo de retorno do investimento. A determinação do custo da produção de energia elétrica por cogeração via biogás se dará da seguinte forma:

$$C_e = \frac{CAG + CAB}{PE} \quad (1)$$

Onde:

C_e – Custo de energia elétrica produzida via biogás (R\$/kWh)

CAB – Gasto anual com biogás (R\$/ano)

PE – Produção de eletricidade pela planta de biogás (kWh/ano)

CAG – Custo anualizado do investimento no conjunto motor gerador (R\$/ano)

Sendo que

$$CAG = CIG.FRC + \frac{CIG.OM}{100} \quad (2)$$

$$CAB = CB.CNB \quad (3)$$

Onde:

CIG – Custo do investimento do motor gerador (R\$)

OM – Custo com operação e manutenção (%/ano)

CB – Custo do biogás (R\$/m³)

CNB – Consumo de biogás pelo conjunto motor gerador (m³/ano)

Para calcular a produção de eletricidade (PE), temos:

$$PE = Pot.T \quad (4)$$

Onde:

Pot – Potência nominal da planta (kW)

T – Disponibilidade anual da planta (horas/ano)

O fator de recuperação de capital será dado por:

$$FRC = \frac{j.(1+j)^n}{(1+j)^{n-1} - 1} \quad (5)$$

Onde:

FRC – Fator de recuperação de capital

j – Taxa de desconto (%ano)

n – Anos para amortização do investimento

O custo do biogás será dado por:

$$CB = \frac{CAB}{PAB} \quad (6)$$

Onde:

CAB – Custo anualizado do investimento no biodigestor (R\$/ano)

PAB – Produção anual de biogás (m³/ano)

$$CAB = CIB.FRC + \frac{CIB.OM}{100} \quad (7)$$

Onde:

CIB – Custo de investimento no biodigestor (R\$)

Para avaliarmos a viabilidade de geração de energia elétrica, determinaremos o tempo de do investimento (TRI):

$$TRI = \frac{\ln\left(-\frac{k}{j-k}\right)}{\ln(1+j)} \quad (8)$$

Onde:

$$k = \frac{A}{CI} - \frac{OM}{100} \quad (9)$$

$$A = CI.\left(FRC + \frac{OM}{100}\right) \quad (10)$$

CI – Custo de investimento no sistema biodigestor/motor-gerador (R\$)

A – Gasto anual com energia elétrica adquirida na rede (R\$/ano)

OM – Gastos com amortização e manutenção da planta (R\$/ano)

TRI – Tempo de retorno (anos)

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As propriedades em estudos possuem um sistema de confinamento de gado leiteiro com 64 cabeças (sendo 19 cabeças na Chácara Água Boa, 20 cabeças na Chácara Nossa Senhora Aparecida e 25 cabeças no IFTO – Campus de Araguatins), conforme a Tabela 1 cada animal produz 0,98 m³ de biogás diariamente, que resulta uma produção total de 62,72 m³ de biogás/dia, disponíveis para serem transformados em alguma forma de energia.

TABELA 1 - Produção de biogás a partir de resíduos pecuários.

Espécie pecuária	Unidade referência	Produção específica de biogás (m ³ /kg SV)	Produção diária (m ³ /animal/dia)
Suínos ¹	Porca reprodutora em ciclo fechado	0,45	0,866
	Porca reprodutora em criação de leitões	0,45	0,933
	Porco em exploração de engorda	0,45	0,799
Bovinos ²	Vaca leiteira com 600 kg de peso	0,28	0,980
	Bezerro até 150 kg de peso	0,28	0,294
	Bovino engorda entre 120 a 520 kg de peso	0,28	0,292
Galináceos	Galinha poedeira em baterias (2 kg)	0,46 – 0,77	0,010 – 0,017
	Frango engorda (até 1,5 kg)	0,13 – 0,26	0,001 – 0,002
Equídeos	Cavalo adulto com 400 a 500 kg de peso	0,28	1,225

Fonte: Santos, 2000.

Para o tratamento destes dejetos é utilizado um biodigestor com 40x7x3m de comprimento, largura e profundidade respectivamente com um custo de implantação de R\$ 25.000,00, associado a este sistema de tratamento esta o conjunto motor/gerador composto por um motor da marca Ford de 4,9l e 55cv de potência a 1800 RPM, ano 1998, tradicionalmente utilizado no veículo F-1000 a gasolina e um gerador de baixa marca Kohlback, mod 180LB, 60Hz com capacidade de gerar 44kWh em regime contínuo com custo de implantação de R\$ 20.000,00. Atualmente toda esta estrutura esta sendo subutilizada, pois a produção de energia elétrica se restringe apenas aos horários de ordenha e durante este período o rendimento do conjunto motor/gerador é de apenas 30cv e 20kWh.

O consumo de biogás do conjunto motor/gerador é de 0,646m³/cv, considerando que 1 kWh equivale a 0,7355cv, temos um consumo de 0,4751 m³/kWh. Segundo Santos (2000), 1 m³ de biogás é equivalente a 6,5 kWh de energia elétrica e a eficiência dos sistemas de cogeração varia entre 30 e 38%, ou seja, 2,0 – 2,5 kWh, o que condiz com os resultados encontrados neste estudo que foram de 32,3% de eficiência e 2,1 kWh.

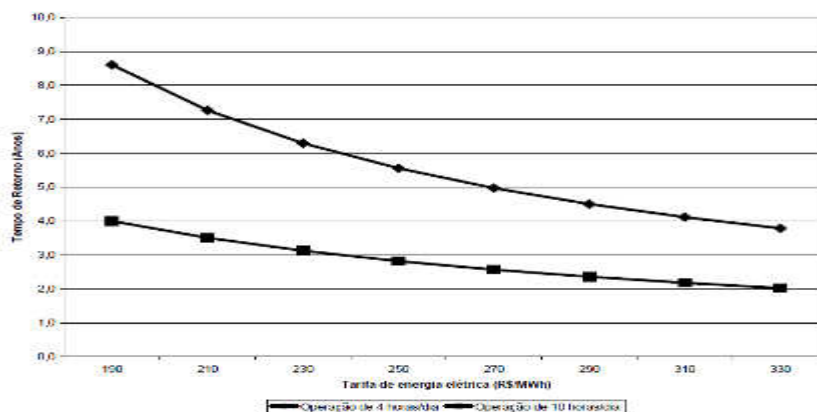
O custo da produção de energia elétrica via biogás estão diretamente relacionados aos tempos de amortização do investimento e de operação do sistema, a Tabela 4 mostra a relação do custo em função de utilizarmos o sistema nos horários de ponta para aliviar a rede (4 horas) e de forma contínua (10 horas), considerando uma produção de energia de 20 kWh. A utilização do sistema somente em horários de ponta se tornaria vantajosa se a tarifa paga as concessionárias de energia fosse diferenciada para os horários de ponta e fora de ponta, mas isto não ocorre no meio rural. Para as concessionárias, seria interessante e vantajoso incentivar as fontes renováveis alternativas para produção de energia em horários de ponta, o que alivia o sistema e diminui o investimento em usinas de ponta, para tanto seriam necessárias políticas diferenciadas para tarifas na ponta e fora da ponta.

TABELA 2 Custo do biogás e geração de eletricidade.

Tempo de amortização (anos)	Custo do Biogás (R\$/m ³)	Custo da Eletricidade (R\$/MWh), 4 horas de operação	Custo da Eletricidade (R\$/MWh), 10 horas de operação
5	0,24	564,16	225,66
10	0,14	459,23	183,69
15	0,11	430,54	172,22
20	0,10	417,84	167,14

O tempo de retorno do investimento para este sistema de produção de energia elétrica operando por 4 ou 10 horas por dia está em função da tarifa de energia paga pelo produtor rural, Figura 1. Quanto maior for a tarifa, menor será o tempo de retorno do investimento (TRI), para uma tarifa de R\$ 190,00/MWh o TRI seria de 8,6 e 4 anos para 4 e 10 horas de operação respectivamente, se considerarmos uma tarifa de R\$ 270,00/MWh com o sistema trabalhando 10 horas por dia o tempo de retorno cai para 2,6 anos que pode ser considerado um bom resultado. Souza *et al.* 2004, cita que o tempo de retorno do investimento para uma propriedade rural com 258 matrizes de suínos, onde a implantação do biodigestor equivale a aproximadamente R\$ 200,00/suíno e o conjunto motor gerador cerca de R\$ 440,00/kW, é de 5,4 anos a uma tarifa de R\$ 130,00 MWh e um tempo de operação do sistema de 10 horas diárias.

FIGURA 1 – Tempo de retorno do investimento em sistema de geração de energia.



Em todo este 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 auto-suficiente em energia elétrica e paga o capital investido na implantação do biodigestor e do conjunto motor/gerador. O tempo de retorno pode ser ainda menor se biofertilizante produzido no biodigestor for aproveitado para fertirrigação viabilizando ainda mais o uso de biodigestores com forma de saneamento rural.

6. CONCLUSÕES

Portanto, as análises dos resultados confirmam que a viabilidade do sistema está diretamente relacionada a tarifa paga pelo produtor rural a concessionária de energia. O custo da energia produzida a um tempo de amortização de 5 anos, valor considerado alto mas que pode ser reduzido se avaliarmos o uso do biofertilizante. Já para geração durante 10 horas por dia, com o biogás a um custo de R\$ 0,24. Se a tarifa cobrada pela energia fosse de R\$ 190,00 e operando 10 horas por dia, o tempo de retorno seria de 4 anos, o que pode ser considerado razoável.

REFERÊNCIAS

Amaral, C. C., Amaral, L. A., Lucas Junior, J., **Biodigestão anaeróbia de dejetos de bovinos leiteiros submetidos a diferentes tempos de retenção hidráulica.** Cienc. Rural, vol.34, n°.6, p.1897-1902, ISSN 0103-8478, nov/dez., 2004.

CCE - Centro para Conservação de Energia. **Guia Técnico do Biogás.** Ed. JE92 Projectos de Marketing Ltda, Algés, Junho, 2000.

DAGNALL, S. **Resource Mapping and Analysis of farm Livestock Manures – Assessing the opportunities for Biomass to Energy Schemes** Bioresource Technology, n. 71 p.225-234 Elsevier Science B. V. 2000

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

Florentino, H. O., **Mathematical tool to size rural digesters.** Cienc. Agricola, vol.60, n.1. ISSN 0103-9016, jan/mar, 2003.

GADANHA, C. D., MOLIN, J. P., COELHO, J. L. D., TOMIMORINI, S. M. A. W..**Máquinas e implementos agrícolas do Brasil.** 468p. São Paulo-SP, 1991.

HALL, D. O; WOODS, J **Biomass utilization in Households and Industry: Energy use and development** Ed. 29 Florida Chemosphere p.1099-1119, 1994

KOLLING, E. M., **Análise de um Sistema Fotovoltaico de Bombeamento de Água.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2001.

La Farge, B. **Le Biogaz – Procèdes de Fermentation Méthanique.** Paris, Masson, 1979.

LORENZO, E., **Eletricidad solar _ In genieria de los sistemas fotovoltaicos.** 184p.. Progensa- Sevilla , Espanha, 1994.

NOGUEIRA, L.A.H., **Biodigestão: A Alternativa Energética.** São Paulo Nobel, 1986.

OLIVEIRA, P.A.V. **Uso racional da água na suinocultura.** Embrapa Suínos e Aves – Concórdia – SC, 2009.

OWEN, W.F. **Biossay for Monitoring Biochemical Methane PontentiL And Anaerobic Toxicity.** IN: Walter Research, 1979, vol 13, p 485.

SANTOS, P. **Guia Técnico de Biogás.** CCE-Centro para a Conservação de Energia. Portugal, 2000.

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

SPEECE, R.E. **Anaerobic Biotechnology For Industrial Wastewaters.** Archae Press, Nashville, 1996.