

Estudo de viabilidade de usina de biogás para geração de energia elétrica em Sítio Novo do Tocantins

Antônio Jackson Miranda da Silva ⁽¹⁾

Valci Ferreira Victor ⁽²⁾

Humberto Rodrigues Macedo ⁽³⁾

Lohuana Alice Silva Morais ⁽⁴⁾ e

Mércia Gontijo Gonçalves ⁽⁵⁾

Data de submissão: 21/10/2020. Data de aprovação: 29/4/2021.

Resumo – No mundo, as necessidades energéticas, bem como a disponibilidade de fontes potenciais de geração de energia elétrica, tornam-se evidentes à medida que novas fontes de energia elétrica são descobertas e investimentos são canalizados para a ampliação e diversificação da matriz energética local. O aproveitamento da energia solar na geração fotovoltaica é um exemplo dessa realidade. Outro exemplo se observa no uso de biogás para geração de energia elétrica na região amazônica: as condições favoráveis quanto ao insumo e as dificuldades para eletrificação rural tornam a proposta ainda mais promissora. Neste sentido, o objetivo deste trabalho é a elaboração de um estudo de viabilidade para implantação de um biodigestor para a produção de energia elétrica a partir de dejetos suínos. No estudo é realizada a determinação da quantidade de animais, dejetos, resíduos sólidos, biogás e de energia elétrica que pode ser gerada para uma planta na Fazenda Bom Jesus, localizada no município de Sítio Novo do Tocantins, Brasil. A metodologia descrita no trabalho permite a elaboração e subsequente implantação de projetos de biodigestores para outras necessidades. A viabilidade para implantação desta proposta em uma granja suína é comprovada ao final do trabalho.

Palavras-chave: Biodigestor. Biogás. Energia elétrica. Fonte renovável. Suíno.

Feasibility study of biogas plant for electricity generation in Sítio Novo do Tocantins

Abstract – In the world, the energetic needs, as well as the availability of potential sources for electricity generation, has become evident, as new sources of electricity are discovered and investments are channeled for the expansion and diversification of the local energy matrix. The utilization of solar energy in photovoltaic generation is an example of this reality. Another example is observed in the use of biogas for electricity generation in the Amazon region; favorable conditions for supplies and difficulties for rural electrification make the proposal even more promising. In this sense, the objective of this work is the elaboration of a feasibility study for the implantation of a biodigester for the production of electric energy from swine waste. In the study it is determined the quantity of animals, the amount of waste, solid residues, biogas and electric energy that can be generated for a plant in the Farm Bom Jesus, in the municipality of Sítio Novo do Tocantins, Brazil. The methodology described in the paper allows the

¹ Tecnólogo em Sistemas Elétricos do *Campus* Palmas, do Instituto Federal do Tocantins - IFTO. *ljack7@gmail.com. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0599-4775>.

² Professor Doutor do *Campus* Palmas, do Instituto Federal do Tocantins - IFTO. *victor@ifto.edu.br. ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2935-5895>.

³ Professor Mestre do *Campus* Palmas, do Instituto Federal do Tocantins - IFTO. *humberto.macedo@ifto.edu.br. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6703-653X>.

⁴ Bacharela em Engenharia Elétrica do *Campus* Palmas, da Universidade Federal do Tocantins – UFT. *alohuana@gmail.com. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7136-1343>

⁵ Estudante do Curso de Bacharelado em Engenharia Elétrica do *Campus* Palmas, do Instituto Federal do Tocantins - IFTO. *mercia.goncalves@estudante.ifto.edu.br. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9950-5313>

elaboration and subsequent implantation of biodigester projects for other necessities. The feasibility of implantation for this proposal in a swine farm is proven at the end of the paper.

Keywords: Biodigester. Biogas. Electric energy. Renewable source. Swine.

Introdução

As fontes de energia naturais não renováveis têm sido utilizadas pela humanidade desde os tempos mais remotos até o presente século. A busca por fontes de energias renováveis nas últimas décadas pode indicar um possível esgotamento das fontes não renováveis, e também a necessidade de melhor qualidade do meio ambiente em que vivemos. Por essas razões, há relevância do estudo e da implantação de fontes de energias renováveis na nossa matriz energética.

Atualmente, o mundo possui uma matriz de produção de energia elétrica composta principalmente por fontes não renováveis, como o carvão mineral, o petróleo e o gás natural (IEA, 2019). O Brasil, por outro lado, apresenta uma matriz elétrica predominantemente renovável, contando com 82% de sua capacidade de geração de energia provenientes de fontes renováveis, como: solar, eólica, biomassa e hidráulica (EPE, 2016).

Entre as energias renováveis citadas, a biomassa vem ganhando destaque em todo o mundo, por apresentar um baixo custo de implantação, por ser uma energia limpa e seguir a vertente sustentável, minimizando a poluição do ar e da água causadas pelos resíduos de origem animal não tratados da prática agropecuária, de maneira que as políticas de energia renovável, em todo o mundo, promovem o estabelecimento de usinas de biomassa e bioenergia (NAKADA *et al.*, 2014).

Neste contexto, a Floresta Amazônica, com cerca de 60% de sua extensão localizada no Brasil, possui um papel importante na produção de gás e de biofertilizantes através da quebra biológica de matéria orgânica na ausência de oxigênio, uma vez que essa região é abundante em matéria orgânica. O biogás consiste em uma mistura de gases composta principalmente de metano e dióxido de carbono, formado a partir da fermentação anaeróbia de matéria orgânica em condições de pH próximas da neutralidade (HARWOOD, 1980). Além da questão sustentável, o biogás representa uma alternativa promissora de geração de energia para o abastecimento de comunidades isoladas, que podem utilizar os resíduos provenientes da agricultura e da pecuária para suprir suas demandas de energia elétrica, revelando a oportunidade e a importância do investimento em usinas de biogás na região amazônica.

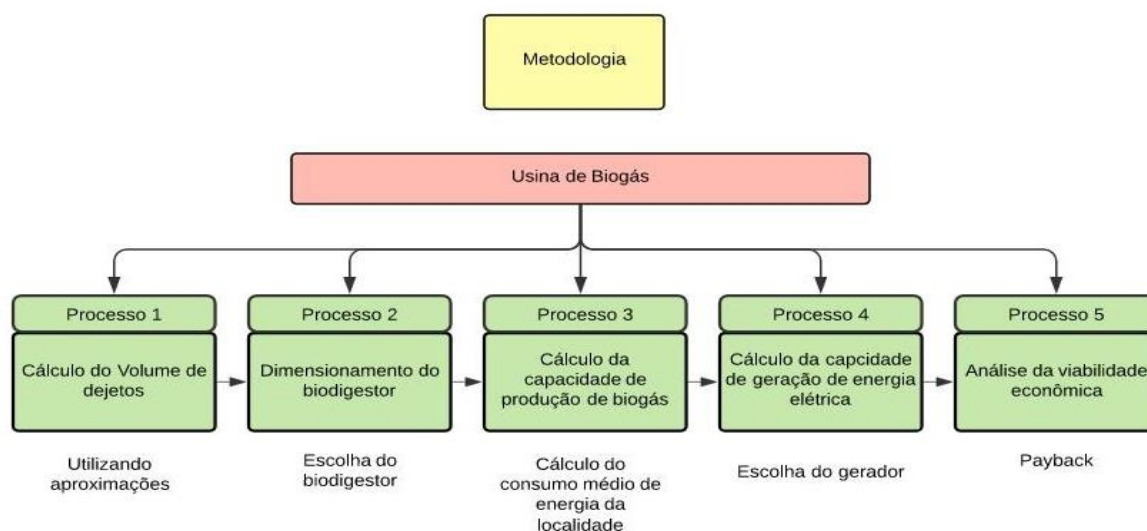
A matéria-prima para a produção do biogás pode ser aproveitada a partir de excremento animal, bagaço de vegetais, lixo orgânicos, entre outros, podendo ter finalidade tanto na produção energética quanto na elétrica. No entanto, para a produção de energia elétrica, deve ser analisado o poder calorífico do substrato empregado na usina de biomassa, de forma a obter uma boa eficiência na geração da bioenergia. Além desses, outros critérios que serão posteriormente apresentados devem ser considerados, como: o dimensionamento do equipamento de processamento de matéria orgânica, o biodigestor anaeróbio e a escolha do gerador elétrico que será utilizado para a conversão da energia química do biogás em energia elétrica através da combustão.

Neste trabalho, busca-se avaliar a implantação de uma usina de biogás com a finalidade de produção de energia elétrica em uma localidade situada no estado do Tocantins – Brasil, pertencente à região amazônica. Inicialmente, será realizada a determinação do potencial de energia elétrica que poderá ser gerado a partir da quantidade de animais para a granja suína; nesta análise, também será verificada a quantidade de energia elétrica necessária para suprir o consumo com a implantação da granja. A análise de viabilidade econômica do projeto será verificada trabalhando com indicadores como a Taxa Média de Atratividade (TMA), o Valor Presente Líquido (VPL) e a Taxa Interna de Retorno (TIR). Um fluxo de caixa é apresentado para subsidiar a decisão de implantação do projeto.

Materiais e métodos

Para a análise da viabilidade de implantação de uma usina de biogás de pequeno porte, deve-se levar em consideração a média de dejetos produzidos em um ciclo diário. Com base nessa produção, deve-se dimensionar o biodigestor que melhor se adéque à capacidade de produção de dejetos e, com isto, simular o quantitativo de biogás que pode ser produzido pelo biodigestor em questão. Por fim, deve-se calcular o custo de implantação do biodigestor e a capacidade de geração de energia elétrica. A Figura 1 ilustra a metodologia utilizada.

Figura 1 – Fluxograma da metodologia utilizada



Fonte: Elaborado pelos autores

No estudo, o cálculo do volume de dejetos a ser realizado, como proposto na metodologia, refere-se ao projeto de uma planta para geração de energia elétrica através de biogás para uma granja suína na Fazenda Bom Jesus, localizada no município de Sítio Novo do Tocantins. Para o cálculo da média de dejetos, devem-se considerar as quantidades de excrementos eliminados pelos animais que contribuirão para a produção total do material a ser usado no biodigestor. Deve-se considerar ainda o local de eliminação dos resíduos dos animais. Também é relevante considerar que o volume da produção de dejetos é afetado por: fatores zootécnicos, tais como: tamanho, raça e idade do animal; fatores ambientais, como temperatura e umidade; e fatores dietéticos, como digestibilidade, conteúdo da fibra e proteína (DARTORA; PERDOMO; TUMELERO, 1998). Os dados da quantidade de animais por fase para a granja de suínos e o volume de dejetos estimado, a partir do modelo de cálculo desenvolvido por Kunz *et al.* (2005), são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Quantidade de dejetos produzidos

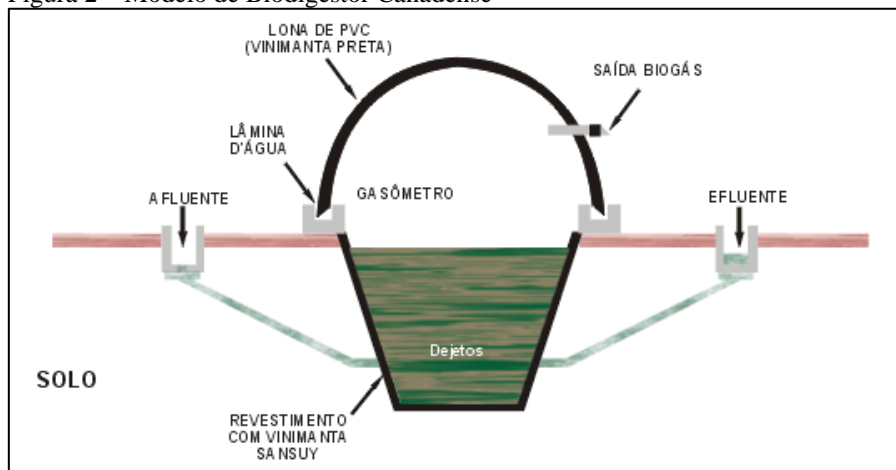
Animais por fase	Nº de animais	Dejetos líquidos (L/dia)	Esterco e Urina (kg/dia)	Esterco (kg/dia)
Fêmeas em lactação	23	207	414,00	147,20
Fêmeas em gestação	65	1.040	715,00	234,00
Leitões em creche	315	441	299,25	110,25
Suínos em crescimento e terminação	605	4.235	2.964,50	1.391,50
Machos	5	135	30,00	15,00
Total	1.013	6.058	4.422,75	1.898,00

Fonte: Elaborado pelos autores

Tendo em vista que esses valores são diários, ao multiplicar por 30, têm-se o volume de dejetos mensais produzidos pelos animais da fazenda. Com isto é possível realizar o dimensionamento do biodigestor.

O dimensionamento do biodigestor deve considerar o conhecimento dos tipos existentes. Os mais simples possuem um único estágio, que tem como característica a alimentação contínua sem agitação, que é o caso do modelo canadense, ou biodigestor de fluxo tubular, Figura 2. Devido às características de baixo custo, elevado rendimento e fácil manuseio, este será o modelo adotado para o projeto, (JUNQUEIRA, 2014).

Figura 2 – Modelo de Biodigestor Canadense



Fonte: OLIVEIRA; HIGARASHI (2006)

Em relação ao dimensionamento da capacidade do biodigestor, um método prático para estimativa é realizar o produto da carga diária pelo tempo de retenção (PEREIRA, 2009), conforme a Equação I.

$$VB = VC \times TRH \quad \text{Equação I}$$

Onde:

VB = Volume do Biodigestor (m^3);

VC = Volume da Carga Diária (dejetos + água) (m^3 /dia);

TRH = Tempo de Retenção Hidráulica (dias).

O tempo de retenção hidráulica pode variar dependendo da finalidade do projeto: entre 10 e 20 dias para a produção de biogás; de 50 a 60 dias para produção de biofertilizantes; e de 22 a 30 dias para a produção de biogás e biofertilizante. Este último tem sido o mais utilizado no Brasil (DONGALA, 2010).

O Cálculo do VC foi realizado com os dados da quantidade de animais fornecidos na Tabela 1 para os valores de produção diária de dejetos suínos apresentados em kg (DIESEL; MIRANDA; PERDOMO, 2002). Os mesmos dados de quantidade de animais são utilizados na Tabela 2 para definir os dejetos diários e mensais em m^3 .

Tabela 2 – Cálculo da quantidade de dejetos líquidos em m^3 /mês

Animais por fase	Nº de animais	Dejetos líquidos (m^3 /animal/mês)	Dejetos líquidos (m^3 /mês)
Fêmeas em lactação	23	0,28	6,44
Fêmeas em gestação	65	0,48	31,2
Leitões em creche	315	0,05	15,75
Suínos em crescimento e terminação	605	0,25	151,25

Machos	5	0,81	4,05
Total	1.013	-	208,69

Fonte: Elaborado pelos autores

O VC para o conjunto de animais da granja suína é igual à carga de dejetos líquidos no mês dividido por 30. Logo, $VC = 6,96 \text{ m}^3/\text{dia}$.

Nesse contexto, a partir da obtenção da carga diária de dejetos e considerando o *TRH*, é possível aplicar a Equação I e encontrar o volume do biodigestor que atenderá a localidade da granja. O cálculo foi realizado considerando-se 30 dias para a produção de biogás e biofertilizante.

Logo, aplicando-se os valores já encontrados na Equação I, tem-se:

$$VB = 6,96 \times 30 = 208,69 \text{ m}^3$$

Com isso, observa-se que o biodigestor que melhor se adequa à produção de dejetos da granja é de $210,00 \text{ m}^3$.

Outro ponto importante a determinar é a lagoa de sedimentação para receber os dejetos provenientes do biodigestor, os quais poderão ser utilizados como biofertilizantes. Dongala (2010) cita que o dimensionamento da lagoa segue a mesma Equação I utilizada acima, ou seja, o projeto deverá contar com uma lagoa de $210,00 \text{ m}^3$.

O cálculo da capacidade de produção de biogás, de acordo com Farret (2010), é dado pela Equação II:

$$T = m [\text{dejetos}/\text{dia}] \times f [\text{produção}/\text{animal}] \quad \textbf{Equação II}$$

Onde:

T = Total de gás produzido (m^3/dia);

m = Massa de excrementos produzidos pelos animais (kg);

f = Quantidade de gás gerado por 1 kg de dejetos para cada animal (m^3).

A quantidade de biogás produzido por unidade de quilograma (kg) de dejetos para suíno, conforme Farret (2010), corresponde a $0,064 \text{ m}^3/\text{kg}$ (gás/dejetos). A partir deste dado e das informações constantes da Tabela 1, foi possível estimar a quantidade de biogás que será gerada pelo biodigestor com base na Equação II.

$$T = 4422,75 \times 0,064$$

$$T = 283,056 \text{ m}^3/\text{dia}$$

Em relação à quantização de energia produzida pelo biodigestor, há divergência na quantização de energia elétrica produzida em kWh/m^3 pelo biodigestor. Coldebella (2006) cita que, em condições normais, o poder calorífico do biogás pode variar entre 4,95 e 7,92 kWh dependendo do teor de metano em sua composição, e que este purificado pode chegar a 9,9 kWh . Santos (2000) informa que um metro cúbico de biogás equivale a 6,50 kWh .

Neste trabalho, optou-se pela relação kWh/m^3 de Coldebella (2006), considerando-se o limite inferior, ou seja, 4,95 kWh/m^3 . Logo, teoricamente, a produção de 283,056 m^3/dia equivale a 1.401,12 kWh . Valores mais exatos para produção de eletricidade dependem do gerador a ser instalado e, conseqüentemente, do consumo de gás e da porcentagem de gás metano – CH_4 presente no biogás. No projeto foi considerada a composição do biogás com 50% de metano e, aproximadamente, 5.000 kcal.

No cálculo da capacidade de geração de energia elétrica, foram analisadas as contas de energia elétrica da fazenda para um período de 12 meses, em que foi possível verificar que o

consumo médio mensal é de 194 kWh. Para o caso da implantação da granja de suínos, é necessário considerar o incremento no consumo de energia elétrica.

Para esta análise, segue-se Talamini *et al.* (2006), que cita que o consumo mensal de energia elétrica de uma granja suína é estimado em 150 kWh por matriz alojada; tal consumo advém do quantitativo médio total de equipamentos necessários numa granja, como por exemplo: lâmpadas para aquecimento dos leitões, máquinas de ração, sistema de ventilação e iluminação das demais instalações, entre outras atividades específicas que demandam energia elétrica. Desta forma, considerando-se o número de animais a serem criados na granja, é possível estimar o consumo futuro de energia elétrica em kWh. O consumo de energia elétrica para atendimento às instalações da granja com 90 matrizes alojadas será de 13.500 kWh/mês.

Observando-se a quantidade de biogás produzido e a estimativa de consumo de energia elétrica com a instalação da granja, optou-se pela utilização do sistema ciclo diesel. Isso se deu em razão da sua robustez, menor gasto com manutenção e pela facilidade de encontrar no mercado grupos geradores adaptados para o biogás, o que dispensa custos extras e tempo para modificações.

Em pesquisas com os fornecedores de grupos geradores ciclo diesel, o gerador do fabricante WEG modelo GMWM30 apresentou características mais adequadas à curva de demanda típica da propriedade quando comparado com outros modelos, inclusive por apresentar menor custo inicial para investimento. Para a configuração de biogás em torno de 60,0% (aproximadamente 5.000 kcal), o gerador é capaz de gerar 12.600 kWh de energia por mês, atendendo a 93,3% da demanda mensal da planta. Conforme dados do fabricante, o gerador escolhido produz 420 kWh para o regime contínuo de 21 horas de operação.

Os gastos com energia elétrica correspondentes aos 12.600 kWh/mês para atendimento às instalações da Fazenda podem ser calculados consultando-se dados de tarifa de energia elétrica da Concessionária Distribuidora de Energia do Estado do Tocantins – ENERGISA. A propriedade se enquadra como consumidor atendido em baixa tensão, Modalidade Tarifária Convencional – BT, tipo B2 – consumidor rural, cuja tarifa de consumo é de R\$ 0,53082/kWh (ENERGISA, 2020a). O custo da tarifa com tributos, da ordem de 31,08%, é de R\$ 0,69579/kWh (ENERGISA, 2020b).

Assim, os valores correspondentes à energia elétrica gerada pelo biodigestor serão de R\$ 8.766,95/mês (oito mil setecentos e sessenta e seis reais e noventa e cinco centavos), referência de setembro de 2020.

Um projeto de investimento convencional apresenta desembolsos na fase inicial e recebimentos nos períodos futuros. Nesse sentido, para haver retorno sobre o investimento, será necessário que o total das entradas de caixa supere o total das saídas. Dessa forma, admitida uma taxa de juros mínima aceitável pelo investidor, denominada Taxa Mínima de Atratividade (TMA), o projeto de investimento terá condições de ser aceito se o Valor Presente Líquido (VPL) do fluxo de caixa não for negativo.

Resultados e discussões

A produção de energia elétrica pelo biodigestor será suficiente para o atendimento de 93,3% da energia consumida para o funcionamento da granja. Os rendimentos gerados no primeiro ano, considerando a tarifa de energia vigente, R\$ 0,69579, será de R\$ 105.203,40 (cento e cinco mil duzentos e três reais e quarenta centavos). Nos anos subsequentes, os rendimentos devem ser atualizados conforme o reajuste da tarifa para a modalidade B2 Rural. Os gastos com a operação do grupo gerador para que essa quantidade de energia seja produzida são os custos relativos à mão de obra (salário de profissional), de R\$ 19.863,38 (dezenove mil oitocentos e sessenta e três reais e trinta e oito centavos), e à manutenção, equivalente a R\$ 4.014,58 (quatro mil e catorze reais e cinquenta e oito centavos), obtendo-se um total de R\$ 23.877,96 (vinte e três mil oitocentos e setenta e sete reais e noventa e seis centavos) ao ano.

No estudo da viabilidade do projeto, foram analisados os indicadores TMA, VPL e TIR. Os custos associados à implantação do projeto são de R\$ 89.137,23 (oitenta e nove mil cento e trinta e sete reais e vinte e três centavos) para a construção do biodigestor; para a consultoria, R\$ 33.000,00 (trinta e três mil reais); e de R\$ 1.459,49 (mil quatrocentos e cinquenta e nove reais e sessenta e seis centavos) para o kit biogás, totalizando R\$ 123.596,72 (cento e vinte e três mil quinhentos e noventa e seis reais e setenta e dois centavos). Este valor deve ser financiado a uma taxa de 6,0% ao ano (BNDES, 2020).

A partir da obtenção do valor necessário para a instalação da planta, foi feita uma simulação sobre o valor de investimento para o pagamento da dívida em cinco anos. O valor do investimento estimado é de R\$ 146.382,88 (cento e quarenta e seis mil trezentos e oitenta e dois reais e oitenta e oito centavos), considerando a taxa de juros associada aos custos de implantação do projeto detalhados anteriormente. Com base no grupo gerador que apresenta vida útil em média de 7 anos, optou-se por um tempo de amortização de dívida de 5 anos, o qual foi informado para o Fluxo de Caixa.

Outro indicador que deve ser determinado é a Taxa Mínima de Atratividade. Para a análise de viabilidade do projeto, foi adotada uma TMA de 14% ao ano de investimentos tidos como seguros, como por exemplo: o Tesouro Direto Selic e a Letra de Crédito do Agronegócio (LCA). Visto isso, o projeto que apresenta um indicador TIR maior que a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) é considerado atrativo, caso contrário, o projeto é inviável (PRATI, 2010). Todos os indicadores econômicos adotados neste projeto são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Análise de viabilidade econômica

Taxa mínima de atratividade (TMA)			14,0% a.a.		0,14	
<i>Payback</i> simples	<i>Payback</i> descontado		Índice de Lucratividade		VPL (R\$)	TIR (%)
3 anos e 2 meses	4 anos e 7 meses		1,077671		11.405,11	15,66
Período (ano)	0	1	2	3	4	5
	Investimento (R\$)	FC1 (R\$)	FC2 (R\$)	FC3 (R\$)	FC4 (R\$)	FC5 (R\$)
<i>Payback</i> simples	-146.839,45	43.045,29	50.810,98	45.420,79	45.716,21	45.560,58
		-103.794,16	-52.983,18	-7.562,39	38.153,81	83.714,39
VP	158.244,57	37.759,03	39.097,40	30.657,74	27.067,66	23.662,74
<i>Payback</i> descontado		-109.080,42	-69.983,02	-39.325,29	-12.257,62	11.405,11

Fonte: Elaborado pelos autores

Pode-se observar que o projeto apresenta um valor presente líquido – VLP positivo, índice de lucratividade maior que 1, e Taxa Interna de Retorno – TIR maior que a TMA; o *payback* descontado para o projeto é um pouco menor do que os 5 anos propostos para amortização. A avaliação dos indicadores considerados mostra a viabilidade do projeto.

Considerações finais

Este artigo abordou um tema importante do ponto de vista energético da Amazônia, pois o acesso ao uso de energias não renováveis para a produção de energia tem ocasionado gradativamente a escassez dos recursos naturais e, como alternativa de diminuir esse consumo e dar uma destinação mais adequada aos resíduos e dejetos advindos da agropecuária, tem-se a geração de energia através de usinas de biogás.

Desta maneira, do ponto de vista técnico, o artigo detalhou um método de projetar uma usina de biogás de pequeno porte, com base em literaturas sobre o assunto e pelo levantamento

de informações de entidades que se relacionam com o tema, definindo dimensões e estimando consumos, e realizando os devidos cálculos de acordo com a realidade encontrada na localidade a receber a usina projetada.

A capacidade de geração se limita a 93,3% do total da energia necessária para o funcionamento da granja de suínos. Os cálculos apresentados, seguindo a metodologia proposta, demonstraram que existe viabilidade para a execução do projeto na Fazenda Bom Jesus no município de Sítio Novo do Tocantins, região amazônica. O tempo para retorno do investimento está dentro do aceitável, 4 anos e 7 meses, que é considerado um tempo atrativo.

Vale ressaltar o benefício ambiental proporcionado pela implantação do projeto, em que a queima do gás transforma metano em dióxido de carbono, sendo o segundo elemento menos poluente para o meio ambiente.

Com base no que foi apresentado e de acordo com as variáveis econômicas analisadas é possível afirmar que o projeto apresenta viabilidade técnica-econômica. Conforme as simulações, a recuperação do investimento pode ser realizada em pouco menos de 5 anos, levando em consideração tanto o fator tempo no valor do dinheiro como a taxa mínima de atratividade. Neste sentido, do ponto de vista econômico, os indicadores/variáveis analisados “apoiam” a decisão de implantação da usina de biogás de pequeno porte. A metodologia utilizada pode ser aplicada na construção de projetos semelhantes de usinas de biogás.

Referências

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. **Apoio à agricultura:** Linhas de financiamento. Rio de Janeiro: BNDES, 2020. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/wcm/connect/site/90bcd5b4-40f8-49c6-82b6-036c019ee2b7/Folheto+Apoio+ao+Agro+-BNDES+v2020.07.pdf?MOD=AJPERES&CVID=ne2evSB>. Acesso em: 20 set. 2020.

COLDEBELLA, A. **Viabilidade do uso do biogás da bovinocultura e suinocultura para geração de energia elétrica e irrigação em propriedades rurais.** 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, Cascavel/PR, 2006.

DARTORA, R; PERDOMO, C. C; TUMELERO, I. L. **Manejo de dejetos de suínos. BIPERS – Boletim Informativo de Pesquisa nº 11** – Embrapa Suínos e Aves e Extensão. Porto Alegre, 1998.

DIESEL, R; MIRANDA, C. R; PERDOMO, C. C. **Coletânea de tecnologias sobre dejetos suínos. BIPERS – Boletim Informativo de Pesquisa nº 14** – Embrapa Suínos e Aves e Extensão. Porto Alegre, 2002.

DONGALA, A. M. **Projeto de biodigestor para geração de bioenergia em sistema de produção de suínos – um estudo de caso da região de Icolo e Bengo – Angola.** 2010. Dissertação (Mestrado em 2010) – Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Rio de Janeiro, 2010.

ENERGISA, **Tarifa de energia elétrica.** 2020a. Disponível em: <https://www.energisa.com.br/Paginas/informacoes/taxas-prazos-e-normas/tipos-tarifas.aspx>. Acesso em: 20 set. 2020.

ENERGISA, **Tributos calculados para conta de energia elétrica**. 2020b. Disponível em: <https://www.energisa.com.br/Paginas/informacoes/taxas-prazos-e-normas/impostos-outros-encargos.aspx>. Acesso em: 20 set. 2020.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. Balanço Energético Nacional. **Relatório síntese: ano base 2015**. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: https://ben.epe.gov.br/downloads/S%C3%ADntese%20do%20Relat%C3%B3rio%20Final_2016_Web.pdf. Acesso em: 30 set. 2020.

FARRET, F. A. **Aproveitamento de pequenas fontes de energia elétrica**. 2. ed. Santa Maria – RS: Editora UFSM, 2010.

HARWOOD, J. H. Pesquisas para produção de biogás na Amazônia. **Acta Amazônica**, [s.l.], v. 10, n. 2, p. 403-409, 1980. FapUNIFESP (SciELO). Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0044-59671980000200403. Acesso em: 05 jul. 2020.

IEA – INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. França. **Matriz energética mundial 2016**. 2019. Disponível em: <https://www.iea.org/data-and-statistics>. Acesso em: 28 jun. 2019.

JUNQUEIRA, S. L. C. D. **Geração de energia através de biogás proveniente de esterco bovino: estudo de caso na fazenda aterrado**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Rio de Janeiro, 2014.

KUNZ, A.; *et al.* Tecnologias de manejo e tratamento de dejetos de suínos estudadas no Brasil. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, n. 3, v. 22, p. 651-665, set./dez. 2005.

NAKADA, S.; *et al.* **Global bioenergy supply and demand projections for the year 2030**. 2014. Disponível em <https://biomassmurder.org/docs/2014-09-00-irena-global-bioenergy-supply-and-demand-projections-english.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2020.

OLIVEIRA, P. A. V.; HIGARASHI, M. M. **Geração e utilização de biogás em unidades de produção de suínos**. Projeto de Controle da Degradação Ambiental decorrente da Suinocultura em Santa Catarina; Programa Nacional do Meio Ambiente II – PMNA II do Ministério do Meio Ambiente. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2006. Disponível em: http://www.cnpsa.embrapa.br/pnma/pdf_doc/doc115.pdf. Acesso em: 20 fev. 2012.

PEREIRA, G. **Viabilidade econômica da instalação de um biodigestor em propriedades rurais**. Dissertação (Mestrado em Modelagem Matemática) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande Do Sul, Ijuí, 2009.

PRATI, L. **Geração de energia elétrica a partir de biogás gerado por biodigestores**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

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

TALAMINI, T. J. D; MARTINS, F. M; ARBOIT, C; WOLOZSYN, N. **Custos agregados da produção integrada de suínos nas fases de leitões e de terminação.** Custos e @gronegócio online. v. 2, p. 64-83. Concórdia – SC, 2006.