



Análise da competitividade econômica do potencial de produção de energia elétrica a partir do biogás proveniente de dejetos bovinos em Alagoas

Analysis of the economic competitiveness of the potential of electric energy production from biogas from bovine waste in Alagoas

Página | 315

Eliel Santana Filho⁽¹⁾; Jerusa Maria Oliveira⁽²⁾; Jerusa Góes Aragão Santana⁽²⁾; Andrea Vasconcelos Freitas Pinto⁽²⁾; Sarah Jacqueline Cavalcanti da Silva⁽²⁾; Elton Lima Santos⁽⁵⁾

⁽¹⁾Engenheiro Mecânico, Mestre em Energia da Biomassa, PPGEB, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas Rio Largo, Alagoas, eliel_santana@uol.com.br.

⁽²⁾Professor (a) Centro de Ciências Agrárias, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas Rio Largo, Alagoas. oliveira.jerusal@gmail.com, jerusa.santana@ceca.ufal.br, andrea.pinto@ceca.ufal.br, sarah.silva@ceca.ufal.br, elton.santos@ceca.ufal.br

Todo o conteúdo expresso neste artigo é de inteira responsabilidade dos seus autores.

Recebido em: 13 de junho de 2018; Aceito em: 10 de agosto de 2018; publicado em 02 de 09 de 2018. Copyright© Autor, 2018.

RESUMO: O Brasil dispõe de grande manancial hidroelétrico, mas enfrenta desafios de oferta energética causados pelas variações do regime pluvial e por exigências crescentes referentes à manutenção dos biomas. Esta realidade tem impulsionado a busca por outras alternativas renováveis. Assim, objetivou-se com este trabalho analisar as possibilidades econômicas de aproveitamento de dejetos bovinos dos rebanhos de Alagoas para geração de energia elétrica nas propriedades. Uma vez que a energia elétrica é um insumo primário de larga aplicação, a geração da mesma permite a implantação de novas atividades econômicas nas propriedades. A partir da identificação dos rebanhos disponíveis no estado, foram definidas as capacidades de geração possíveis, estimados os custos de investimento e operacionais e por fim, calculadas as taxas de retorno e *paybacks* para as capacidades selecionadas. Os resultados mostraram que os *paybacks* descontados para potência instalada de 75kW, que demanda um plantel de 500 animais, encontra-se acima de 16 anos o que demonstra a pouca atratividade para esta escala. Este mesmo indicador reduz-se para um valor pouco mais de 6 anos para o limite superior de capacidade instalada de 1000kW. Uma vez que esta alta capacidade demanda uma fonte de mais de 13.000 animais, ela somente pode ser aplicada em um número muito restrito de propriedades no estado, caracterizado por fazendas de pequeno porte. A saída passa por desenvolvimentos para redução dos custos de investimento, associações de produtores e apoio governamental.

PALAVRAS-CHAVE: dejetos animais, digestão anaeróbia, energia renovável.

ABSTRACT: Brazil has a large hydroelectric source, but it faces energy supply challenges caused by variations in the rainfall regime and growing demands for the maintenance of biomes. This reality has driven the search for other renewable alternatives. This work analyzed the economic possibilities for the use of bovine wastes from the Alagoas herds for electric power generation in properties at different scale values. This allows them to be economically strengthened either by reducing the costs paid to concessionaires or by the possibility of industrialization activities with a decentralized and safe energy supply. From the identification of the sizes of herds in the state, we propose generation scales and analyze the rates of returns and *payback* returns for these plants. The results show that the discounted reimbursements for the installed power of 75kW, which require a stock of 500 animals, is above 16 years which shows little attractiveness for this scale. This same indicator is reduced to a little more than 6 years for the upper limit of installed capacity of 1000kW. Since this high capacity demands a source of more than 13,000 animals, it can be applied in a very restricted number of property in the state, characterized by small farms. The output goes through developments to reduce investment costs, producer associations and government support.

KEYWORDS: animal waste, anaerobic digestion, renewable energy.

INTRODUÇÃO

Desde o advento da revolução industrial na segunda metade do século XVIII, a proliferação de máquinas tem crescido a taxas exponenciais e nos últimos 100 anos a queima de combustíveis fósseis tem gerado gás carbônico, metano e clorofluorcarbonos em quantidades que limitam a dissipação de calor pelo efeito estufa, alterando o equilíbrio do clima na terra (ALVES, 2014).

A utilização do biogás como fonte de energia apresenta diferentes estágios tecnológicos nas diversas nações pesquisadas. Enquanto que na África e Ásia esta prática fornece uma ajuda à subsistência diária, na Alemanha e em outros países do norte da Europa, constitui-se já numa florescente atividade econômica, competindo com as fontes fósseis de energia e integrando-se às redes de fornecimento estabelecidas (HOLM-NIELSEN et al., 2009).

O Brasil vem se tornando um importante país no uso da energia considerada limpas e renováveis, onde se sobressai a utilização da energia provenientes de hidrelétricas sendo responsável pela maior proporção da energia elétrica gerada. Seguidamente, o etanol proveniente principalmente da cana de açúcar, o qual é utilizado como mistura na gasolina ou puro, substituindo a gasolina (derivado de petróleo). Entretanto, por outro lado, existem ainda com grande potencial, mas com pouco aproveitamento, o uso de fontes renováveis de energia, destacando-se entre elas a energia da biomassa, através da biodigestão aeróbia (SOUZA et al., 2004).

Com as exigências ambientais para a produção industrial cada vez maiores, inclusive a respeito dos resíduos provenientes da pecuária e das agroindústrias, e com acrescente diversificação da matriz energética brasileira, havendo uma maior participação de energias renováveis, verifica-se que no Brasil existe grande potencialidade para a implantação de biodigestores com o propósito de gerar energia elétrica (CIRINO e FARIA, 2013), e particularmente no estado de Alagoas, que é um estado com vocação rural.

Entre os resíduos das diversas atividades econômicas, os dejetos de origem animal ainda não apresentam uma consistente utilização apesar de poderem oferecer uma alternativa econômica e contribuir para mitigação dos efeitos ambientais quando devidamente processados. Uma alternativa já bastante difundida globalmente é a digestão anaeróbica, que permite a geração de um biogás passivo de utilização como combustível (MASRI, 2001).

Uma vez obtido o biogás, este pode ser devidamente tratado e o metano incluso é de possível aplicação em conjuntos moto geradores que podem ser instalados em diversas escalas nas propriedades rurais (SIEBENMORGEN et al., 1988).

Desta forma, foi objetivo deste estudo avaliar as possibilidades técnicas e econômicas para a geração de energia elétrica a partir de biomassa de dejetos bovinos no estado de Alagoas utilizando-se de biogás produzidos por biodigestores anaeróbios.

PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

O desenvolvimento deste estudo foi realizado considerando as seguintes etapas:

Definição de Processo e Revisão Bibliográfica

Para a definição do processo a ser utilizado, foi realizado primeiramente uma pesquisa bibliográfica nas bases de dados Scientific Electronic Library Online (SciELO), portal da CAPES dos últimos 10 anos, manuais de produção públicos e em consultas diretas, entrevistas com profissionais, contatos com produtores e possíveis investidores em Alagoas, consultas a entidades de classe profissionais e de produção agropecuária através de ferramentas *on line*. Também foram compilados os dados disponíveis nos trabalhos acadêmicos e nos manuais dos fornecedores de equipamentos dos processos, a fim de obter-se o processo mais utilizado e adequado as plantas em operação. Sendo gerado o conceito da planta de biogás com uma listagem de equipamentos padrão.

Definição de Capacidade

Foi realizado a identificação da disponibilidade estimada de rebanhos bovinos no estado de Alagoas para assim, obter-se a base produtiva considerada de dejetos e o dimensionamento das capacidades de produção de biogás. Optou-se por avaliar-se 5 capacidades estimadas de produção de energia elétrica, (75, 150, 250, 500 e 1000kW). De forma que a perspectiva de produção venha ser superada pelos quantitativos de rebanhos atuais e dessa forma não haver superestimação da produção de energia elétrica em

relação ao potencial de produção de biomassa a partir dos dejetos bovinos do estado de Alagoas.

Cálculo de Investimento e Operação

Definidos os processos e as capacidades, foram feitos orçamentos para fornecimento dos equipamentos no mercado nacional e comparado com os custos disponíveis no mercado internacional. O resultado desta fase foi utilizado como o valor do investimento e custos operacionais para cada uma das 5 capacidades de produção energética pré-estabelecidas.

Em relação aos cálculos utilizados para o custo de produção de energia elétrica via biogás e da taxa de retorno do investimento, seguiram as orientações de Souza et al. (2004), utilizando-se das fórmulas abaixo descritas:

$$C_e = \frac{CAG + CAB}{PE}$$

Em que:

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) e

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

e

$$TR = \frac{\ln - (\frac{k}{j} - k)}{\ln - (1 + j)}$$

Onde:

$$k = \frac{A - OM}{CI \cdot 100} \quad e$$

$$A = CI \cdot (FCR + OM / 100)$$

Em que:

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);

TR - Tempo de retorno (anos).

Análise econômica dos resultados estimados para as capacidades em estudo.

A pesquisa do valor de remuneração do kW/hora se deu com base em estudos no mercado energético nacional, com base nos valores ofertados pelas distribuidoras de energia elétrica atuantes no estado de Alagoas. Os dados obtidos servirão para estimar o potencial de faturamento das plantas de produção de energia elétrica a partir de biogás, analisadas no presente estudo.

Foi estimado a avaliação de plantas de produção de biogás como capacidades a partir de 75kW até o valor de 1000kW, de forma a ser utilizado uma demanda um plantel de 13300 animais, em diferentes classes animais. O número do plantel de bovinos utilizados baseou-se nos dados para o estado de Alagoas, compilados da pesquisa do IBGE (2016).

A avaliação dos dados e dos resultados obtidos se deu de forma descritiva.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados obtidos da análise econômica com base nos investimentos, de cinco plantas de produção de energia elétrica com capacidade instaladas de: 75, 150, 250, 500 e 1000 kW, estão expressos na figura 1.

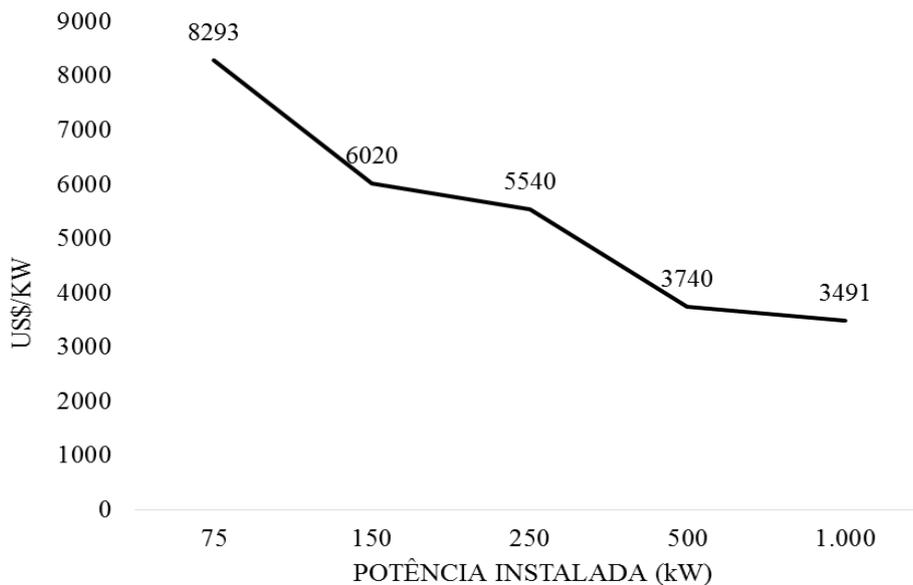


Figura 1. Análise dos investimentos relativos das cinco capacidades (potência instalada kW) avaliadas no presente estudo.

De forma geral, verifica-se uma diminuição dos investimentos a serem amortizados à medida que se aumenta a capacidade produtiva da planta de produção de energia elétrica.

Isso se deve, principalmente devido aos custos de investimento a serem realizados em equipamentos são similares dentro das capacidades estudadas, entretanto os retornos em comparação a capacidade produtiva, tende a ser melhor com uma maior produção energética.

O que pode ser verificado na figura 2, onde observa-se, em percentual, as taxas de retorno de capital correlacionado com o potencial energético instalado. Taxa Interna de Retorno (TIR).

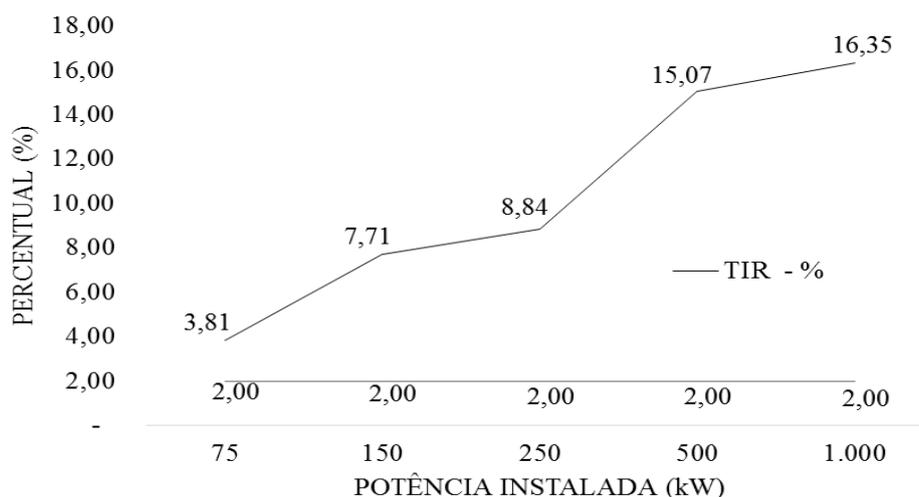


Figura 2. Análises das taxas de retorno de capital correlacionado com o potencial energético instalado. Taxa Interna de Retorno (TIR).

O biogás é um recurso versátil e existem diversas possibilidades de aproveitá-lo de forma interessante a partir das suas diferentes fontes (SOUZA et al., 2004). De modo geral, o aproveitamento do biogás pode ser feito localmente (on-site) ou nas imediações da planta de biogás ou distanciado (off-site) do local onde é produzido o biocombustível.

A fim de aumentar a competitividade do negócio de biogás, e aumentar as chances de realização de investimentos, foi considerado neste trabalho, a fonte principal de matéria orgânica animal no estado de Alagoas, os dejetos bovinos. Com cerca de 1,2 milhão de cabeças, esta é a maior fonte de dejetos animais no estado de Alagoas (IBGE, 2016).

Deste modo, também foram aferidos os períodos de *payback*, que são comumente utilizados na avaliação de investimento. Trata-se do tempo necessário para que a empresa recupere seu investimento inicial em um projeto, calculando com suas entradas de caixa (GITMAN, 1997). Este é o indicador mais elementar numa análise de viabilidade econômica para um investimento. Além disto, avaliou-se a taxa de retorno do investimento para compor um cenário que mostra o nível de competitividade da proposta. Os resultados da análise de *payback* simples e descontado de acordo com a capacidade de produção energética estimada e correlacionada com o tempo, estão expressos na figura 3.

De forma geral, considera-se como um conceito importante para a avaliação do capital é o período de recuperação do capital ou *payback*. O *payback* é descrito como o

número de períodos necessários para o fluxo de benefícios supere o capital investido (SOUZA e CLEMENTE, 2009). No presente estudo, constatou-se que as pequenas plantas que começam com 75 kW apresentam *paybacks* elevados superando os 16 anos no critério descontado e reduzem-se consideravelmente para o patamar de 6 anos quando aumentamos a capacidade instalada (Figura 3).

Esses resultados, indicam o favorecimento da implantação e operação de maiores capacidades instaladas como nas taxas de retorno os efeitos de escala (aumento de custos não proporcionais ao aumento de capacidade). Deste modo, Catapan et al. (2012), analisando a viabilidade financeira da produção de biogás através de dejetos de equinos em relação à viabilidade econômica, obteve-se *payback* de 30 meses, valor presente líquido positivo de R\$ 88.838,47 e taxa interna de retorno de 31,52%, o que caracterizaria tal projeto como recomendável.

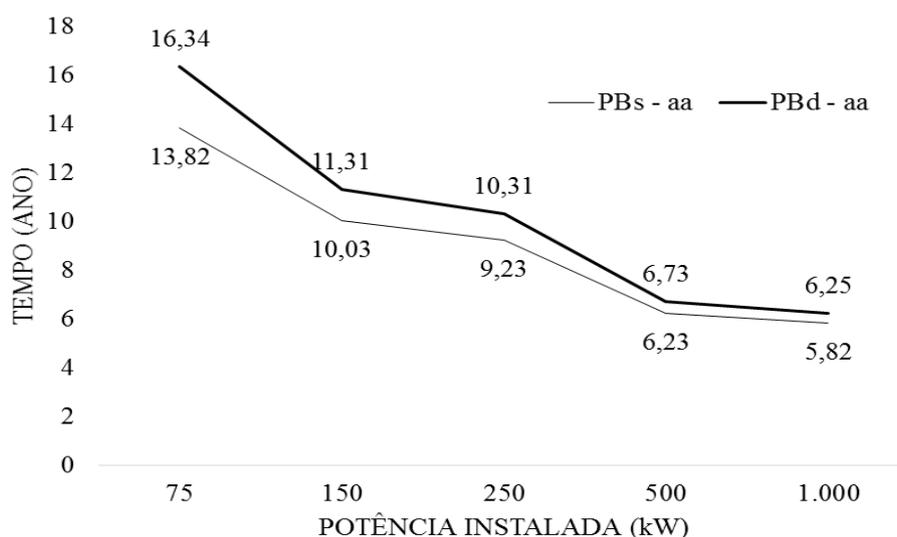


Figura 3. Análise de *Paybacks simples e descontado* de acordo com a capacidade de produção energética estimada e correlacionada com o tempo em 18 anos. *payback* Simples (PBs-aa) e *payback* descontado (PBd-aa ao ano).

Os sistemas de aproveitamento local do biogás, são considerados mais simples e de fácil rentabilização, pois minimizam custos de transporte e de tratamento, sendo necessário basicamente, realizar o processo de desidratação e filtragem do biogás. No entanto, as alternativas de proximidade do local de produção de biomassa e de processamento do biogás são também mais limitadas. Nestas situações é habitual usar o

biogás para aquecimento de água, para aquecer fornos e ainda para produzir eletricidade e calor em sistemas de cogeração (para consumo interno) (COSTA, 2011).

O tamanho das plantas para a implantação do sistema de biogás é um fator determinante para a construção da mesma. Dessa forma pode observar no presente estudo, que de modo geral, grandes plantas de biogás têm maior eficiência econômica em relação a pequenas plantas de biogás, que são limitadas por fatores operacionais (POSSAS, 1993).

Como regra geral, verificou-se que os investimentos específicos são mais elevados em relação à uma planta geral, bem como a Cogeneration or combined heat and power (CHP) em relação às plantas maiores. Além disso, a despesa para operar uma planta pequena é geralmente maior, em particular se, além dos dejetos animais, também forem utilizadas quantidades maiores de sólidos. Neste sentido, o planejamento tem uma influência considerável. Se a planta estiver bem configurada e todos os componentes a serem monitorados estiverem dispostos geograficamente próximos, a interface de controle diária, ou seja, a transferência de material pode ser minimizada e o tempo requerido para reparos e manutenção pode ser mantido baixo.

Apesar das desvantagens econômicas das pequenas plantas, essas têm uma série de vantagens referentes às facilidades de manuseio de material advindos de percursos mais curtos no processo, reduzindo o tamanho da unidade e os custos de movimentação. Embora muitas dessas vantagens sejam difíceis de calcular devido à falta de base numérica, algumas delas têm um efeito econômico direto.

No caso de pequenas plantas utilizando os dejetos líquidos puro, por exemplo, o esforço do controle com o trabalho de instalações rurais de manutenção dos animais pode ser minimizado. Pequenas plantas produtivas apresentam uma vantagem logística, devido à utilização de dejetos sem custos de transporte adicionais com substratos gratuitos (GÜLZOW, 2010).

Um fator importante também é o possível valor agregado da utilização do calor residual das plantas. Particularmente no caso de pequenas plantas, podem ser fornecidas muitas vezes calor para granjas de porcas e aves de capoeira próximas, residenciais ou estufas, etc.

A premissa adotada para estimativa dos custos de investimento foi considerar exclusivamente os ativos instalados dentro da propriedade para um consumo próprio de energia. Uma venda de energia para o mercado livre pode demandar transformadores e outros custos que não foram considerados. Os períodos de depreciação utilizados são generalizados e não constituem depreciação fiscal. Isso se aplica em particular aos outros

custos que se supõe excluir a necessidade de reinvestimento durante o período operacional planejado. Os custos de construção foram otimizados por uma combinação com um novo local de armazenagem de matéria prima e um edifício existente foi considerado para a CHP como um local de instalação. Devido à população de gado suposto de 500 cabeças para uma planta de 75 kW, não há custos de transporte para o estrume na planta com esta capacidade e também não foi considerado eventual transporte de dejetos para as plantas de maior capacidade.

De fato, escalas maiores apresentam via de regra maior competitividade operacional. No caso das plantas de biogás há que se observar que este aumento de capacidade traz também a desvantagem da necessidade de grande quantidade de dejetos acumulados a fim de evitar custos de transporte dos mesmos. Os tamanhos dos rebanhos disponíveis no estado por si só apresentam uma limitação para o tamanho das plantas. Deste modo, o desenvolvimento tecnológico de pequenas unidades de geração elétrica baseadas em fontes renováveis alternativas de energia com redução nos custos, a liberação do mercado de eletricidade, facilidade de financiamento, possibilidade de instalação junto aos mercados consumidores e menor tempo de implantação, são fatores que favorecem a expansão da geração distribuída, abrindo mercado para estas fontes (SOUZA et al., 2004).

Qualquer estudo de competitividade da produção de energia elétrica deve pautar-se pelos preços praticados no mercado. A oferta de energia elétrica no Brasil é fortemente caracterizada por uma matriz majoritariamente hidroelétrica que quando não impactada por limitações de chuvas, apresenta preços extremamente competitivos por ter custos operacionais baixos. Esta vantagem competitiva do Brasil é um forte adversário de todos os investimentos em energias renováveis no Brasil. Ainda assim, deve ser o referencial comparativos para tais investimentos. As figuras 2 e 3 apresentam um comportamento destes preços no mercado aberto, mostrando a evolução do valor do MWh nos últimos 15 anos e mês a mês nos últimos 12 meses.

No presente trabalho foi adotado a média dos últimos 12 meses na região nordeste como valor referencial (R\$ 245,91) o que significa algo como US\$ 75 com o câmbio atual. Toda a competitividade deste negócio de geração de energia a partir do biogás apresenta flutuação gerada pela variação do preço da energia no mercado. Há fatores impulsionadores como a crise ocorrida em 2014 que elevaram os valores reais para recordes históricos, mas há também a concorrência das outras fontes renováveis que freiam a propagação da tecnologia de biomassa.

A fonte energética de biomassa avaliada aqui, ou seja, os dejetos animais, não serão valorizados economicamente, mas ainda assim a operação da planta requer uma série de custos operacionais tais como: manutenção, controle de qualidade e mão de obra. Levando-se em consideração ainda os custos de seguro e os controles ambientais. A energia gerada pode ser vendida, a tabela 9 sumariza estes custos e inclui os supostos valores de faturamento considerados da venda da energia para terceiros ao preço já discutido.

Deste modo, sendo conhecidos os custos de investimento e os valores operacionais, foi possível simular o comportamento dos fluxos financeiros e projetar as taxas de retorno e *payback* obtidas para as condições assumidas.

A taxa interna de retorno (TIR), tem como significado, a representação da rentabilidade média do capital investido (SOUZA e CLEMENTE, 2009). Sendo assim, verificou-se no presente trabalho que a TIR apresenta valores relativamente baixos na faixa de 4 para plantas de 75 kW e cresce consistentemente até 16 para plantas de 1000 kW. Isto deve-se aos ganhos de escala já que tanto os investimentos quanto os custos operacionais não apresentam grande incremento com o aumento da capacidade de geração. Esta observação conduz à necessidade de aumento de capacidades para obtenção dos melhores resultados econômicos ainda que isto demande a disponibilidade de maiores rebanhos o que é um limitante no estado de Alagoas.

Já Zanin et al. (2010) estudando a viabilidade financeira da implantação de um biodigestor como uma alternativa para reduzir os impactos ambientais provenientes de uma propriedade com atividade suinícola, encontraram um *payback* simples de 5 anos e 9 meses e *payback* descontado de 7 anos e 6 meses. Entretanto, quando comparada a rentabilidade mensal do investimento com a rentabilidade da caderneta de poupança, no período estudado, observou-se que apenas nos meses de março de 2006, maio e julho de 2008 o retorno da caderneta de poupança foi superior ao retorno do investimento no biodigestor, o que evidencia a viabilidade do projeto sob o enfoque econômico-financeiro.

Plantas de implantação de biodigestão anaeróbia, são influenciados por vários fatores, além das escalas de produção e nem sempre podem ser consideradas viável economicamente, pois as variáveis utilizadas são diversas, sendo comumente usadas como alternativas a utilização da energia elétrica convencional a partir de hidrelétricas no Brasil.

Corroborando essas afirmações, Junges et al. (2009) enfatizam que em propriedades ou localidades que não geram grande potencial de dejetos, a implantação de biodigestores convencionais é inviável econômico e financeiramente. Esses mesmos

autores destacam ainda que apesar de existir tecnologias de biodigestores para granjas pequenas, o custo é alto e a tecnologia pouco difundida, sendo assim, torna-se necessário focar nas grandes propriedades.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se inferir que os investimentos ainda apresentam um retorno lento na geração com biogás. Uma melhoria destes números pode ser obtida através das seguintes alternativas:

- Reduzir o valor do investimento através da simplificação do processo ainda que se incorra em maiores riscos operacionais no aspecto da continuidade operacional;
- Eliminar o tanque de armazenamento de biofertilizante (transferência contínua do digestato para o campo) o que já reduziria em 10% o valor do investimento;
- Buscar a comercialização do biofertilizante para geração de receita adicional e consequente melhoria dos resultados operacionais;
- Negociar a remuneração por créditos de carbono gerados na operação da planta;
- Incentivar a formação de consórcios de propriedades para investimentos de plantas de maior capacidade.

REFERÊNCIAS

1. ALVES, J.E.D. Sustentabilidade, Aquecimento Global e o Decrescimento Demográfico /Sustainability, Global Warming and the Demo-Economic Degrowth. *Revista Espinhaço (UFVJM)*, v. 3, n. 1, p. 4–16, 1 jun. 2014.
2. CATAPAN, D.C; CATAPAN, A.C; ROSSET, N.R; HARZER, J.H. Analysis of financial feasibility of production will biogas using waste equine. *Costs and @ agronegócio online*, v. 8, n. 4, p.25–51, 2012.
3. CIRINO, J.F; FARIA, L.V.P. Biodigestor to power generation thereof: trophic from swine: analysis of viability for a site at Coimbra-MG. *Journal of Human Sciences*, v. 13, no. 2, p. 421–440, 2013.

4. COSTA, R.J.R. *Produção e Aplicação do Biogás*. 2011. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Instituto Politécnico de Coimbra, Portugal. 155 f.
5. GITMAN, L.J. *Financial Management Principles*. 7th Ed, Publisher Harbra 1997.
6. GÜLZOW, P. *Guia Prático do Biogás Geração e Utilização*. 5 ed. Alemanha: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe, 2010. Disponível em: <http://www.resol.com.br/cartilhas/giz_-_guia_pratico_do_biogas_final.pdf>. Acesso em: 29 abril 2018.
7. HOLM-NIELSEN, J.B.; AL SEADI T.; OLESKOWICZ P.P. The future of anaerobic digestion and biogas utilization; Denmark, in 2009. *Bioresource Technology*, v.100, n.22, Pages 5478-5484p. 2009.
8. IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2016. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 29 outubro 2017.
9. JUNGES, D.; KLEINSCHMITT, S.; SHIKIDA, P.; SILVA, J. Análise econômico-financeira da implantação do sistema de biodigestores no Município de Toledo (PR). *Revista de Economia*, v. 35, n. 1 (ano 33), p. 7-30, jan./abril, 2009.
10. MASRI, M.R. Changes in Biogas Production due to Different Ratios of Some Animal and Agricultural Wates. *Bioresource Technology*, v.77, n.1, 97-100, 2001.
11. ORRICO JUNIOR, M. A. P.; ORRICO, A. C. A.; LUCAS JUNIOR, J. Influência da relação volumoso: concentrado e do tempo de retenção hidráulica sob a biodigestão anaeróbia de dejetos de bovinos. *Engenharia Agrícola*, v.30, n.3, p.386-394, 2010.
12. POSSAS, M.S. 1993. Concorrência e Competitividade: Notas sobre a Estratégia e Dinâmica Seletiva na Economia Capitalista. Tese de Doutorado Campinas/Unicamp. 245p.
13. SIEBENMORGEN, T. J.; SCHULTE, D. D.; BALLARD, J. L. *Integration of a Cogeneration System into a Swine Operation: 1. Model Development and System Description*. In: Transactions of the Asae (American Society of the Agricultural Engineers), v. 31, p. 1556-1565, September-October 1988.
14. SOUZA, A; CLEMENTE, A. Financial decisions and Investment Analysis, São Paulo, Atlas: 2009.
15. SOUZA, S.N.M.; PEREIRA, W.C.; NOGUEIRA, C.C.; PAVAN, A.A. Custo da eletricidade gerada em conjunto motor gerador utilizando biogás da suinocultura. *Acta Scientiarum. Technology (Online)*, v. 26, n.2, p. 127-133, 2004.

16. ZANIN, A.; BAGATINI, F.M.; PESSATTO, C.B. Economic and financial viability for the implantation of a biodigester: an alternative to reduce the environmental impacts caused by the swine culture. *Custos e @gronegocio on line*, v. 6, n. 1 - Jan/Abr - 2010.