

VIABILIDADE DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DE DEJETOS SUÍNOS CONSIDERANDO REDUÇÃO DO DESPACHO DE USINAS TERMELÉTRICAS

*Alessandra Comerio¹
Mariana Altoé Mendes¹
Thaís Pina Pinto¹
Jussara Farias Fardin¹
Pablo Rodrigues Muniz²

Resumo

Desde 2014, devido à crise hídrica brasileira, tem sido necessário maior despacho de usinas termelétricas, ocasionando reajustes tarifários de energia elétrica e aumento da emissão de poluentes. Assim, o uso de fontes renováveis vem ganhando espaço e entre elas está a biomassa, muitas vezes descartada inadequadamente. Considerando o aproveitamento de dejetos suínos, biomassa de alto potencial de geração de gás metano, este trabalho analisa a viabilidade de implantação de biodigestores anaeróbicos em residências como forma de geração distribuída. Os resultados indicam que a proposta contribui para redução da emissão de poluentes, trazendo vantagens financeiras ao sistema de saúde, que podem ser convertidas em incentivos aos produtores de energia, tornando o sistema economicamente viável.

Palavras-chave: Biomassa. Fontes Renováveis de Energia. Poluição Atmosférica. Termelétrica.

FEASIBILITY OF ELECTRIC ENERGY GENERATION FROM SWINE FECAL MATTER CONSIDERING REDUCTION OF THERMELECTRIC PLANTS DISPATCH

Abstract

Since 2014, due to the Brazilian water crisis, it has been necessary dispatch thermal plants to generate electricity, which implies in increases in electricity bills and emission of pollutants. Currently the use of renewable energy sources is growing and among them has the biomass, which sometimes is eliminated in a improperly way. Considering the use of swine manure, a biomass with high potential for methane gas generation, this paper analyzes the feasibility of implantation of anaerobic biodigestors in residences as distributed generation. The results indicate that the proposal contributes to reducing the emission of pollutants, promoting financial benefits to the health system, which can be converted into incentives for energy producers, making the system economically viable.

Keywords: Biomass. Renewable Energy Sources. Air Pollution. Thermal Power Generation.

¹ Universidade Federal do Espírito Santo – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica.

² Instituto Federal de Espírito Santo – *Campus* Vitória.

* E-mail para contato: alessandra.comerio@aluno.ufes.br.

1 INTRODUÇÃO

A crise hídrica que o Brasil vem sofrendo desde 2014, além dos reajustes tarifários na fatura de energia elétrica (LAPORTA, 2015), faz com que os meios de produção e consumo de energia sejam repensados. O consumo consciente e o uso de fontes renováveis para a geração de energia elétrica são atualmente imprescindíveis para manutenção e desenvolvimento econômico sem que ocorram maiores danos ao meio ambiente (REIS, 2011).

De acordo com Marcolino (2009), a não emissão de certas quantidades de gases originados, por exemplo, da queima de petróleo e derivados, traz uma economia ao Estado, pois implica em diminuição dos gastos públicos com saúde, já que os poluentes emitidos causam sérios problemas respiratórios, além da poluição e degradação ambiental. Atualmente, qualquer incremento em geração de energia elétrica no Brasil implica necessariamente em queima de combustíveis fósseis em usinas termelétricas (SOLARIZE, 2014). Dessa maneira, o uso de fontes renováveis como complemento da geração hidráulica é importante pois promove uma maior diversificação e “limpeza” da matriz de energia elétrica, além de diminuir a utilização de combustíveis poluentes e limitados que causam efeito estufa, como petróleo e carvão (REIS, 2011).

Assim, baseado no estudo de Mendes et al. (2016), o escopo do trabalho é avaliar a viabilidade econômica da implantação de biodigestores anaeróbicos modelo canadense, notadamente o de menor custo disponível no mercado (CALZA et al., 2015), em residências brasileiras. A geração de energia através desses biodigestores pode ser uma alternativa para diminuir o despacho das usinas termelétricas no Brasil, que promovem o aumento da poluição e ainda causam gastos ao governo na área de saúde pública.

2 METODOLOGIA

2.1 Biomassa como fonte limpa de geração de energia elétrica

Uma das fontes renováveis que apresenta grande relevância no que se refere ao meio ambiente é a biomassa. Com o desenvolvimento da indústria a partir do século XIX, a biomassa, que no passado foi muito utilizada para suprir as demandas de energia da humanidade, perdeu sua importância na

matriz energética mundial (IPEA, 2010). A partir da década de 70, com a crise do petróleo, houve necessidade de desenvolvimento de novas fontes de energia (CPFL ENERGIA, 2017). Apesar disso, somente depois de 1990, com a aparição de acordos globais devido ao aumento da preocupação mundial com mudanças climáticas e às altas taxas de emissão de gases poluentes, é que o uso das fontes renováveis realmente se expandiu (SEVERINO; CAMARGO; DE OLIVEIRA, 2014).

A biomassa é uma fonte que apresenta grande apelo ambiental pois permite recuperação da energia (uma vez absorvida pelas plantas ou animais em forma de oxigênio – ciclo do carbono), através de processos como combustão direta, gaseificação e pirólise, resultando na formação de gases, vapores e líquidos que serão utilizados para a geração de energia elétrica. Seu uso também evita a poluição ambiental, uma vez que são utilizados materiais que poderiam poluir o meio ambiente (WALTER; NOGUEIRA, 1997.; ADAMI, 2012.; SEVERINO; CAMARGO; DE OLIVEIRA, 2014.; ZANETTE, 2009). Dentre as formas de geração de eletricidade a partir da biomassa, uma delas é baseada na utilização do gás metano, normalmente produzido pela decomposição de materiais orgânicos como esterco, restos de alimentos, resíduos urbanos e agrícolas, etc. Como utiliza materiais que seriam eliminados, o custo da matéria prima é reduzido (ADAMI, 2012). Além disso, a biomassa apresenta alta densidade energética e facilidades de armazenamento, conversão e transporte, aumentando a atratividade dessa fonte (MARTINS, 2015).

No Brasil, em 2017, cerca de 14.000 MWh de energia elétrica devem ser gerados por biomassa (ANEEL, 2017b). Os resíduos urbanos e da agropecuária são geralmente descartados, ocasionando problemas ambientais, como a contaminação do solo e comprometimento da qualidade da água, devido à grande quantidade de organismos patogênicos que carregam (ADAMI, 2012; CALZA et al., 2015).

O biogás é uma mistura gasosa produzida a partir da decomposição anaeróbica de materiais orgânicos, composto principalmente de metano (CH_4) e gás carbônico (CO_2), encontrando-se ainda em menores proporções gás sulfídrico (H_2S) e nitrogênio (N_2). A concentração dos gases varia de acordo com o tipo de material orgânico do qual origina o biogás, que pode também ser denominado de gás de aterros, gás do lixo, gás de esgotos, gás de lodo, gás de dejetos, dentre outros (ZANETTE, 2009).

A geração do biogás proveniente de origem animal ou vegetal ocorre lentamente e necessita da instalação de um biodigestor para catalisação do processo e armazenamento do gás (MARTINS, 2015).

2.2 Biodigestores

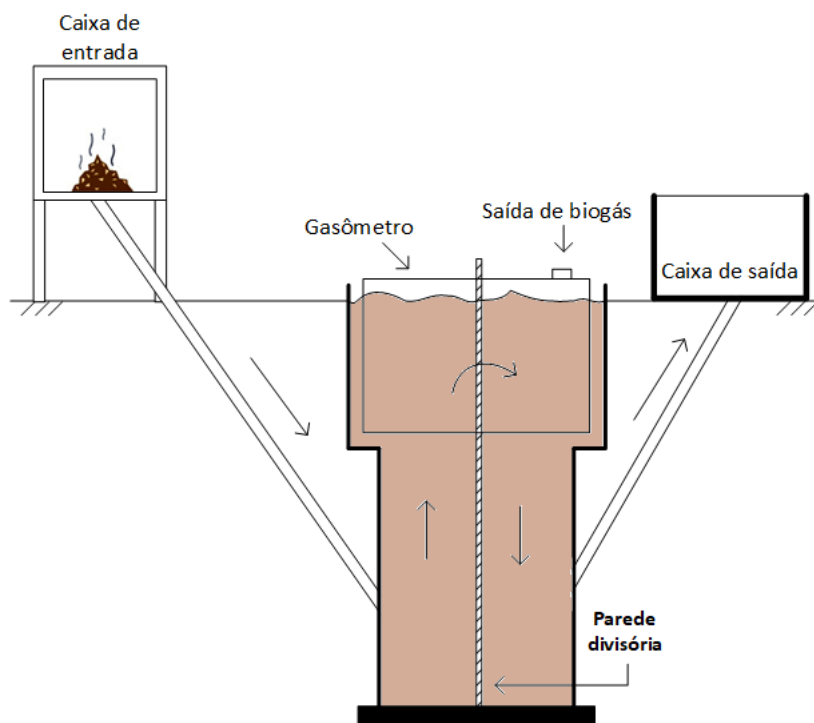
Os biodigestores são estruturas projetadas e construídas de maneira que a decomposição da biomassa seja realizada sem contato com o ar, ou seja, tratamento anaeróbio do efluente. O biogás fica armazenado na área livre da cúpula do biodigestor, ou pode ir para um gasômetro, que tem a função de acumular o gás. Na sequência, o biogás pode ser canalizado para múltiplos usos tais como processos de aquecimento, resfriamento ou acionamento de motogeradores de energia elétrica (JÚNIOR et al., 2009).

Os biodigestores são classificados de acordo com o abastecimento. No tipo contínuo, o biodigestor é abastecido continuamente, por exemplo, diariamente ou a cada 12 horas, permitindo que a cada entrada de substrato exista um material saindo que já foi tratado, e nos biodigestores em batelada, a matéria orgânica só é substituída depois do período adequado à digestão de toda a matéria colocada anteriormente (INSTITUTO WINROCK BRASIL, 2008). Além disso, existem várias formas construtivas de biodigestores, como o modelo indiano, o modelo chinês e o modelo canadense.

O biodigestor modelo indiano, representado na Figura 1, caracteriza-se por possuir uma campânula como gasômetro, que pode estar mergulhada sobre a biomassa em fermentação ou em selo d'água externo, e uma parede central que divide o tanque em duas câmaras de fermentação. Esse biodigestor possui operação com pressão constante, visto que à medida que o gás produzido permanece no gasômetro, aumentado de volume, esse se desloca verticalmente. Assim a pressão é mantida constante no interior da câmara. Apresenta-se de fácil construção, contudo a campânula do gasômetro, que pode ser de metal ou de fibra de vidro, pode encarecer o custo final (DEGANUTTI et al., 2002).

O modelo chinês, como mostrado na Figura 2, é formado por uma câmara cilíndrica em alvenaria para fermentação, com teto abaulado impermeável destinado ao armazenamento do biogás. Como dispensa o uso de gasômetro em chapa de aço, tem os custos reduzidos. Contudo, podem ocorrer problemas de vazamento do biogás caso a estrutura não seja bem vedada e impermeabilizada. Uma parcela do gás formado na caixa de saída é liberada para a atmosfera, reduzindo parcialmente a pressão interna do gás (DEGANUTTI et al., 2002).

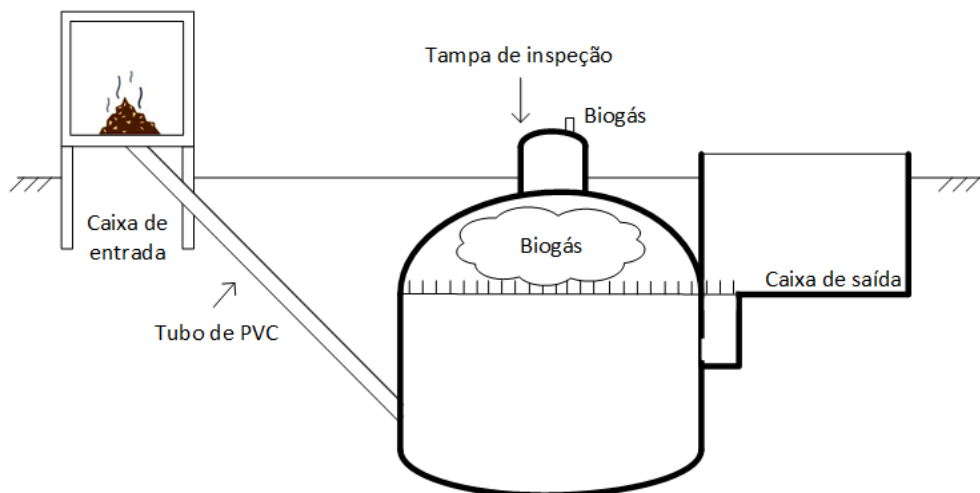
Figura 1 - Biodigestor modelo indiano.



Fonte: autores.

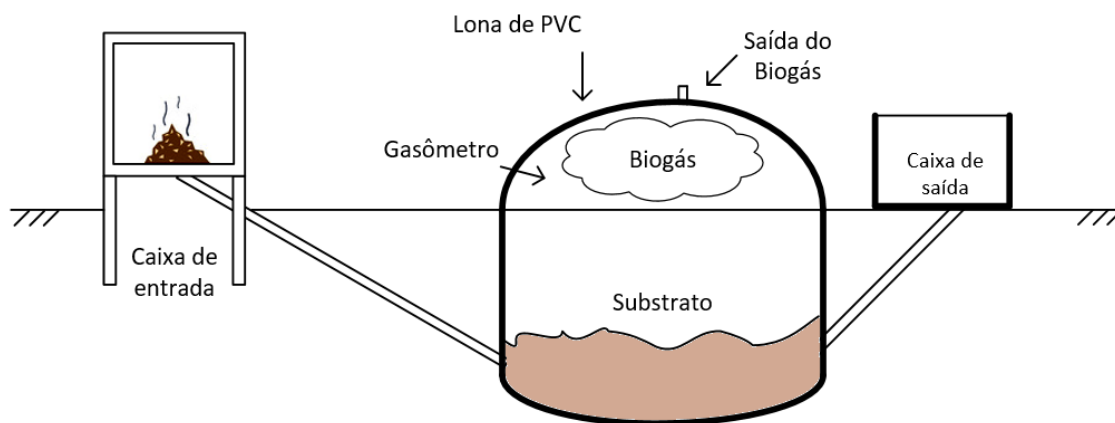
De acordo com Lindemeyer (2008), o modelo canadense, como pode ser observado na Figura 3, é do tipo horizontal. Assim, possui largura maior e profundidade menor do que o indiano, resultando em uma maior produção de biogás. A cobertura de lona de policloreto de vinil (PVC) do modelo canadense em substituição às campânulas vem ganhando espaço devido ao custo reduzido e à facilidade de implantação. A vantagem desse biodigestor está na produção constante de biogás correlacionada à carga diária de sólidos voláteis.

Figura 2 - Biodigestor modelo chinês.



Fonte: autores.

Figura 3 - Biodigestor modelo canadense.



Fonte: Autores.

3 IMPACTOS DA POLUIÇÃO ORIUNDA DAS TERMELÉTRICAS E SEU CUSTO AO GOVERNO

Conforme já mencionando, a geração de energia elétrica no Brasil baseia-se principalmente na fonte hidráulica. Apesar disso, as usinas térmicas são indispensáveis para complementar a geração de energia, principalmente em épocas de poucas chuvas (SOLARIZE, 2014). Porém, ao despachar as termelétricas, o país contribui consideravelmente para a queima de combustíveis fósseis, tendo em vista que cerca de 64% da geração térmica é advinda da queima de gás e carvão (ELETROBRAS, 2016) e, dessa forma, gera-se gás carbônico, óxidos de nitrogênio e enxofre. A emissão desses gases intensifica a chuva ácida, o efeito estufa e altera o clima mundial, causando danos à saúde humana (FAVARETTO, 1997).

Assim, sabendo da existência dos fatores poluentes gerados na produção de energia elétrica, principalmente em termelétricas, a Organização Mundial da Saúde (OMS) estimou que em 2012 a poluição atmosférica, oriunda de todas as possíveis fontes de emissão, foi responsável por 3,7 milhões de mortes, o que corresponde a 6,7% do total de mortes no planeta (MANNUCCI et al., 2015). Ainda de acordo com Mannucci (2015), vários fatos epidemiológicos e fisiopatológicos reforçam a relação entre a poluição do ar e as causas de mortalidade e morbidade principalmente, mas não exclusivamente às relacionadas com doenças cardiovasculares e problemas respiratórios. Ainda segundo o mesmo autor, é possível inferir que os efeitos não ocorrem apenas após exposição intensa ou concentrações elevadas de particulados, mas também podem ocorrer a curto prazo e com exposição a níveis relativamente baixos.

Conforme Duchiaide (1992), há estudos em diversos países que correlacionam o aumento do acúmulo de dióxido de carbono, de dióxido de enxofre e de outros gases com elevação na ocorrência de doenças respiratórias. Os efeitos mais observados foram a intensificação de doenças pré-existentes, como cardiopatias ou enfermidades respiratórias que, quando em contato com poluição, tendem a piorar ou levar até mesmo ao falecimento. Além disso, algumas pesquisas afirmam haver relação direta entre aumento da poluição e aumento na taxa de mortes no mesmo período. Outras indicam que as morbidades ocorridas num período coincidiram com os picos de poluição por dióxido de enxofre em padrões acima dos normais (DUCHIADE, 1992).

O SO₂, dióxido de enxofre, por exemplo, é proveniente principalmente da queima de combustíveis fósseis. Quando ativado pela luz na presença de vapor d'água resulta em ácido sulfúrico (H₂SO₄), um gás tóxico de alto poder corrosivo, que tem alta avidéz pela água. Por isso, pode provocar queimaduras graves quando em contato com a pele, podendo até causar a morte (MARCOLINO, 2009).

De acordo com Mendes et al. (2016), existem muitos estudos que de fato evidenciam a influência do crescimento da poluição com o aumento de problemas respiratórios. As usinas térmicas são grandes responsáveis pela emissão de gases poluentes, e começaram a ganhar força e crescer no Brasil a partir de 2001, devido à crise energética e com auxílio de incentivos governamentais (COELHO, 2014). A evolução ocorrida após 2001 fez com que a geração térmica ganhasse mais participação na matriz de geração de energia elétrica no Brasil, aumentando sua participação, em termos de capacidade instalada, de 14,80% em 2001 (COELHO, 2014) para 26,92% em 2015 (ANEEL, 2015a).

As termelétricas são responsáveis por emitir diversos tipos de poluentes, como dióxido de carbono (CO₂), óxido nitroso (N₂O), material particulado (PM_x), metano (CH₄), óxidos de nitrogênio (NO_x), monóxido de carbono (CO), dióxido de enxofre (SO₂), entre outros (MENDES et al., 2016). Conforme dados da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), a cada mês o Brasil gera aproximadamente 5.000 GWh de energia elétrica a partir de usinas termelétricas (ANEEL, 2015b), ou seja, contribui consideravelmente para uma elevada taxa de emissão de poluentes, implicando em aumento de internações e mortalidades devido à complicações nos aparelhos respiratórios e cardiovascular.

A partir de modelos matemáticos da Eletrobras (2000) apud Mendes et al. (2016), é possível estimar os danos causados à saúde humana devido à poluição emitida por uma termelétrica, sabendo que os impactos variam de acordo com a quantidade de poluentes emitida, a dispersão dos materiais e a concentração dos poluentes existente no local onde a usina é instalada (ELETROBRÁS, 2000).

Em Mendes et al. (2016), tem-se uma estimativa do valor gasto anualmente pelo governo para mitigar os efeitos causados à saúde da população por uma termelétrica com potência instalada de 200

MW a óleo combustível, hipoteticamente operando em regime contínuo à sua potência máxima, cerca de R\$ 317 milhões.

4 ESTUDO DE CASO

Para o caso estudado em Mendes et al. (2016), foi considerado que residências brasileiras típicas consomem aproximadamente 200 kWh/mês (SENZ F., 2009). Para o presente trabalho, porém, o consumo médio foi estimado em 300 kWh/mês, valor estimado pela Companhia Energética de Minas Gerais S.A. (CEMIG) para produtores rurais típicos com carga instalada inferior a 75 kVA (CEMIG, 2000). Dessa forma, para se fornecer 300 kWh em um mês, devemos ter o equivalente a uma geração constante de 0,416 kW, conforme Equação (1) (MENDES et al., 2016):

$$300 \frac{kWh}{mês} = 300 \frac{kWh}{30d} = 300 \frac{kWh}{30d \cdot 24 \frac{h}{d}} = 0,416kW \quad (1)$$

Assim, uma residência que gera 300 kWh mensais de energia elétrica através de biodigestores anaeróbicos contribuiria para uma redução de 1/480.000 da geração de energia da termelétrica de referência de 200 MW de potência, que provoca um impacto financeiro de cerca R\$ 317 milhões no Sistema de Saúde Brasileiro. Dessa forma, cada residência em questão contribui para a redução de R\$ 660 anuais nos custos do Sistema de Saúde (MENDES et al., 2016).

Sabe-se que a estimativa de produção de biogás advindos dos dejetos varia de acordo com o tipo do animal. Através da Tabela 1, é possível comparar os diferentes potenciais de geração de biogás de acordo com o tipo de animal (CALZA et al., 2015).

Com base nesses dados, o trabalho visou avaliar a viabilidade técnico-econômica do uso de biodigestor em residências, alimentado por dejetos suínos. Esses dejetos possuem maior capacidade específica de produção de biogás.

A quantidade de energia elétrica gerada a partir do biogás é discutível, pois alguns estudos indicam que é possível produzir 1,43 kWh/m³ de biogás (MARTINS, 2015), enquanto outros apresentam valor energético de 5,5 kWh/m³ (CALZA et al., 2015). Essa relação varia de acordo com a

concentração de metano do biogás (MARTINS, 2015). Segundo Santos e Junior (2013), essa concentração é cerca de 50% para os diferentes tipos de animais e, dessa maneira, é usual empregar a mesma relação kWh/m³ de biogás independente do animal ser suíno, caprino ou bovino. Este trabalho utilizou o valor mais conservador apresentado em Martins (2015), 1,43 kWh/m³ de biogás.

Tabela 1 - Quantidade de dejetos e de biogás produzidos por animal diariamente.

Animal	Produção diária de dejetos (kg/animal)	Quantidade de biogás diária produzida (m³/animal)	Capacidade específica de geração de biogás (m³ / kg de dejetos)
Caprinos	0,5	0,0305	0,061
Bovinos	15	0,6	0,04
Suínos	4	0,356	0,089

Fonte: Adaptado de (CALZA et al., 2015).

Para estipular a quantidade de suínos que são necessários para produzir a quantidade pretendida de biogás para o estudo de caso, fez-se a análise conforme Equações (2) e (3).

$$300 \frac{kWh}{mês} = 300 \frac{kWh}{30d} = 10,00 kWh/dia \quad (2)$$

$$1suíno = 0,356 \frac{m^3 de biogás}{dia} \times 1,43 \frac{kWh}{m^3} = 0,50908 kWh/dia \quad (3)$$

$$\frac{10,00}{0,50908} \cong 20suínos$$

Mediante Equação (3), conclui-se que cerca de 20 suínos seriam suficientes para suprir a necessidade energética de uma residência rural que consome aproximadamente 300 kWh/mês. Segundo a EMBRAPA, Associação Brasileira de Pesquisa Agropecuária, é considerado pequeno produtor o criador com um número de matrizes (fêmeas criadoras) inferior a 21. Considera-se o parâmetro de

matrizes pois a criação de suínos normalmente é voltada para o mercado de carne (EMBRAPA, 20014).

5 ANÁLISE ECONÔMICA

O modelo de biodigestor escolhido para o projeto é do tipo canadense, visto que apresenta menor custo e maior facilidade de construção (CALZA et al., 2015). O estudo feito por Calza et al. (2015) utiliza um biodigestor de capacidade de 20 m³ que, conforme os autores, é o volume necessário e disponível para comportar os dejetos de 20 suínos. O custo de construção e de implementação desse biodigestor modelo canadense era cerca de R\$ 2.104 no ano de 2012, com vida útil estimada de 20 anos. Atualizando o valor para outubro de 2017, de acordo com o Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA) ((IBGE), 2017), obtém-se cerca de R\$ 3.000. Não ficou claro em Calza et al. (2015), se foi incluído o custo do gerador a biogás, mas pelo valor monetário apresentado, acredita-se que este não está orçado. Com algumas pesquisas em sítios da Internet de “mercados *online*”, foi possível encontrar geradores a biogás portáteis com acionamento manual, de baixas potências, cerca de 1 kW, com custo de cerca de R\$ 1.500 (ALIBABA.COM, [s.d.]) que atenderiam o caso em questão.

Para comodidade do usuário, foi estimado o custo de um gerador com acionamento automático, através de sensores de posição do tipo “fim de curso” instalados no gasômetro, mantendo o gerador em operação somente quando houver disponibilidade de gás. Assim, foram acrescentados R\$ 1.000,00 no valor do gerador para estimar o preço de um gerador automático, conforme preços médio de revendedores (AGROTAMA, [s.d.]), e mais R\$500,00 para o sistema de controle simples e os sensores de posição, encontrados facilmente em lojas de dispositivos eletrônicos. O gerador e seus acessórios têm vida útil estimada de 5 anos.

Conforme Calza et al. (2015), o biodigestor tem custo anualizado, custo referente à sua manutenção e operação anual (O & M), de R\$ 746, que foi acrescentado ao seu preço final. Assim, o custo total do investimento para implantar o conjunto biodigestor mais gerador é de R\$ 6.000.

Tomando como exemplo a Concessionária Empresa Luz e Força Santa Maria que atua na região noroeste do estado do Espírito Santo, região tipicamente rural, segundo dados da ANEEL, em 2017, o preço da tarifa doméstica média para consumidores do grupo B2 é R\$ 0,33/kWh (AGÊNCIA

NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA ANEEL, 2016). Como o consumidor em questão utiliza cerca de 300 kWh/mês, em um ano o gasto total com energia elétrica é de R\$ 1.200. Além do valor da energia elétrica propriamente dito, também compõem a tarifa, os tributos (ICMS, Imposto Sobre Circulação de Mercadorias e Serviços, PIS, Programa de Integração Social, e COFINS, Contribuição Para o Financiamento da Seguridade Social) e encargos setoriais que são instituídos por leis, as taxas de compra, transmissão e distribuição de energia definidos pela ANEEL. Sendo assim, apesar desse trabalho considerar o valor da energia consumida por uma residência, sabe-se que mesmo que a energia gerada seja igual ou maior que a potência solicitada, o consumidor não conseguirá “zerar” a fatura (ANEEL, 2017b).

Assim, verifica-se que, ao instalar o biodigestor em sua residência, o consumidor tem uma economia anual de R\$ 1.200 em compra de energia elétrica junto à distribuidora e ainda poderia receber um benefício governamental de R\$ 660, devido à contribuição para o não despacho da termelétrica em questão, incentivando o uso de fontes limpas.

Para comprovar a viabilidade do projeto e alicerçar as tomadas de decisões, foi realizada uma análise de investimentos, ou seja, uma análise financeira detalhada. Segundo Casarotto Filho e Kopittke (2000), existem três métodos básicos de análise de investimentos que são: método do Valor Anual Uniforme Equivalente (VAUE), método do Valor Presente Líquido (VPL) e método da Taxa Interna de Retorno (TIR). Há também métodos não exatos como o Tempo de Recuperação do Capital Investido “*Pay-Back Time*”, que é o tempo necessário para que o somatório das parcelas anuais seja igual ao investimento inicial.

A taxa de desconto adotada foi a Taxa Selic (Sistema Especial de Liquidação e Custódia) vigente em 26 de outubro de 2017, 7,5 % (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2017). Para o cálculo da TIR e do VPL foi considerado um prazo de 20 anos, correspondente a vida útil do biodigestor. Os parâmetros utilizados para a análise econômica são apresentados na Tabela 2.

Dessa forma, para o estudo em questão foi encontrada TIR de aproximadamente 8%, valor acima da taxa de juros utilizada no dia da análise, 26/10/2017, e VPL e VAUE positivos. Esses três resultados confirmam que o projeto para implantação de biodigestores nas residências é financeiramente atrativo. O valor de Pay-Back encontrado foi de 10 anos.

Tabela 2 - Receitas e despesas previstas ao longo da vida útil do biodigestor.

Item	Investimento	Vida útil	Fluxo de caixa anual
Biodigestor	- R\$ 3.000	20 anos	- R\$ 746 (O & M)
Gerador de energia com partida automática e acessórios	- R\$ 3.000	5 anos	----
Economia com energia elétrica	----	----	R\$ 1.200
Incentivo governamental anual proposto	----	----	R\$ 660

Fonte: Autores.

Se desconsiderado o incentivo financeiro proposto, de R\$660, a TIR encontrada é de 3%, valor abaixo da taxa da SELIC e o VAUE e o VPL tornaram-se negativos. Assim, comprova-se que, sem o incentivo governamental a instalação de biodigestores torna-se inviável economicamente. Há também uma mudança negativa no *Pay-Back* que, nessas condições, passa a ser aproximadamente 16 anos.

6 POTENCIAL DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA DO BIOGÁS PROVENIENTE DE DESETOS SUÍNOS

A suinocultura é uma atividade com grande potencial poluidor, porém, quando associada à agricultura ou à geração de energia elétrica, esse potencial poluente poderá ser reduzido drasticamente.

Em estudos realizados por Salomon (2005), foi feito o cálculo do potencial de geração de eletricidade a partir de resíduos suínos no Brasil, porém tal estudo foi realizado em 2003. No trabalho foi considerado a quantidade de suínos abatidos no país, devido à ausência de um levantamento de dados nacionais da quantidade de suínos criados em regime de confinamento. Sabe-se que o ciclo de vida de um suíno varia de 140 a 150 dias, até atingir 100 kg para o abate.

Os dados mais recentes disponibilizados pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) indicam que em 2016 foram abatidas 42,32 milhões de cabeças suínas (IBGE, 2017), número muito maior que 24,68 milhões utilizado no estudo de Salomon (2005).

Admitindo-se que o ciclo de vida do suíno é de aproximadamente 5 meses até o abate, e que as criações estejam estabilizadas em regime permanente, a partir do quantitativo anual (12 meses) de 42,320 milhões de cabeças abatidas, é possível estimar que há em média 17,600 milhões de cabeças suínas em criação. De acordo com a Tabela 1, verifica-se que a quantidade de biogás diária produzida é de 0,6 m³/animal, e que a energia elétrica gerada por 1m³ de biogás é de 1,43 kWh. Assim, tem-se que em um ano a produção de energia que poderia ser gerada através da utilização de dejetos animais, exclusivamente para este fim, seria de:

$$365\text{dias} \times \frac{0,6\text{m}^3}{\text{dia. suíno}} \times 17.600.000\text{suínos} = 3,854 \times 10^9\text{m}^3 \quad (4)$$

$$(3,854 \times 10^9)\text{m}^3 \times \frac{1,43\text{kWh}}{\text{m}^3} = 5,512\text{GWh} \quad (5)$$

Considerado que o consumo de uma residência brasileira é em média de 300kWh/mês, a potência estimada em (5) seria suficiente para abastecer cerca de 1.531.000 residências. Apesar deste valor demonstrar que o potencial energético seria suficiente para abastecer, por exemplo, todas as residências do estado do Espírito Santo, tal resultado deve ser interpretado de maneira qualitativa, uma vez que a Geração Distribuída tipicamente tem característica de uso local da energia elétrica gerada e que certamente boa parte dos dejetos suínos já tem destinação para outros usos, tais como fertilizantes orgânicos.

7 CONCLUSÃO

Este trabalho estimou a redução de custos no Sistema de Saúde oriundos da instalação de sistemas de geração de energia elétrica a partir de biodigestores em residências rurais de microprodutores de suínos. Verificou-se que o repasse de tais valores ao produtor pode viabilizar economicamente esta microgeração distribuída de energia elétrica a partir de dejetos suínos, estimulando a instalação de fontes renováveis nas próprias residências. Assim, além de reduzir os gastos públicos com o sistema de saúde, seria possível evitar imposição de bandeiras tarifárias nas faturas de energia elétrica, oriundas de necessidade de despachos de usinas termelétricas. Também

haveria uma melhoria na qualidade de vida em todo o país com a redução da poluição advinda da queima de combustíveis fósseis em usinas termelétricas e dos gases efeito estufa emitidos pelos dejetos animais com destinação inadequada. O incentivo financeiro é fator importante para a viabilidade econômica da implantação desses microssistemas de geração de energia.

Assim, o incentivo monetário que deve retornar aos cidadãos poderia ser através de incentivos fiscais, como descontos no ITR (imposto sobre a propriedade territorial rural), abatimentos de impostos da fatura de energia elétrica, como ICMS, taxa de iluminação pública ou encargo de capacidade emergencial, ou até incentivos financeiros para a compra dos materiais para construção do biodigestor.

8 REFERÊNCIAS

ADAMI, F. L. **Usinas de Biomassa:** Uma contribuição para a diversificação da matriz energética do estado do Espírito Santo. [s.l.] Universidade Federal do Espírito Santo, 2012.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA ANEEL. **Distribuidora:** ELFSM. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/areh20172214_ELFSM.pdf>. Acesso em: 19 jul. 2017.

AGROTAMA. **Agrotama** – Motores. Disponível em: <<http://www.agrotama.com.br/motores/58/>>. Acesso em: 30 jun. 2017.

ALIBABA.COM. **2014 New Design Verde de energia.** Gerador De energia elétrica de Biomassa. Disponível em: <<https://portuguese.alibaba.com/product-detail/2014-new-design-green-power-biomass-electric-generator-1960964050.html?spm=a2700.8698675.29.32.cGtLyi>>. Acesso em: 16 jul. 2017.

ANEEL. **Banco de Informações de Geração.** Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>>. Acesso em: 30 set. 2015a.

ANEEL. **Geração de Energia.** Disponível em: <http://www.ons.org.br/historico/geracao_energia.aspx>. Acesso em: 30 set. 2015b.

ANEEL. **Banco de Informações de Geração.** Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/Combustivel.cfm>>. Acesso em: 26 jun. 2017a.

ANEEL. **Como é composta a tarifa.** Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/conteudo-educativo/-/asset_publisher/vE6ahPFxsWHt/content/composicao-da-tarifa/654800?inheritRedirect=false>. Acesso em: 5 dez. 2017b.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Taxa Selic** – Dados diários. Disponível em: <<http://www.bcb.gov.br/htms/selic/selicdiarios.asp>>. Acesso em: 27 out. 2017.

CALZA, L. F. et al. Avaliação dos custos de implantação de biodigestores e da energia produzida pelo biogás. **Journal of the Brazilian Association of Agricultural Engineering**, v. 4430, p. 990-997, 2015.

CASAROTTO FILHO, N.; KOPITTKKE, B. H. **Análise de Investimentos**: matemática financeira, engenharia econômica, tomada de decisão, estratégia empresarial. 9. ed. [s.l: s.n.].

CEMIG. **Evolução da Eletrificação Rural**. Política de Eletrificação Rural e Programas. Disponível em: <fonte: Lindemeyer (2008)>. Acesso em: 28 out. 2017.

COELHO, S. DE O. **Avaliação das Emissões Atmosféricas das Principais Termelétricas Brasileiras a Gás Natural** – Ano Base 2013. Juiz de Fora.

CPFL ENERGIA. **Energia Solar**. Disponível em: <<https://www.cpfl.com.br/energias-sustentaveis/sites-tematicos/energia-solar/visao-externa/Paginas/default.aspx>>. Acesso em: 22 mar. 2017.

DEGANUTTI, R. et al. **Biodigestores rurais**: modelo indiano, chinês e batelada. p. 1-5, 2002.

DUCHIADE, M. P. Poluição do ar e doenças respiratórias: uma revisão. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 8, n. 3, p. 311-330, 1992.

Eletrobrás. Disponível em: <<http://www.eletronuclear.gov.br/Saibamais/Perguntasfrequentes/EnergiaNuclearnoBrasil.aspx>>. Acesso em: 23 set. 2015.

ELETROBRÁS. **Metodologia de Valoração das Externalidades Ambientais da Geração Hidrelétrica e Termelétrica com Vistas à sua Incorporação no Planejamento de Longo Prazo do Setor Elétrico**. Rio de Janeiro, 2000. Disponível em: <[https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjEgqPT-ZDLAhULFJAKHfXzDO0QFggdMAA&url=https://www.eletronuclear.com/ELB/services/DocumentManagement/FileDownload.EZTSvc.asp?DocumentID=%7B765AD96D-1817-4DF7-96BF-497](https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjEgqPT-ZDLAhULFJAKHfXzDO0QFggdMAA&url=https://www.eletronuclear.com/ELB/services/DocumentManagement/FileDownload.EZTSvc.asp?DocumentID=%7B765AD96D-1817-4DF7-96BF-497>)>.

EMBRAPA, E. B. DE P. A. **Suínos** – o produtor pergunta, a Embrapa responde. Brasília, 20014. Disponível em: <<http://mais500p500r.sct.embrapa.br/view/pdfs/90000029-ebook-pdf.pdf>>.

FAVARETTO, J. A. **Biologia** – Uma abordagem evolutiva e ecológica. São Paulo: Editora Moderna,

1997.

IBGE. AGÊNCIA DE NOTÍCIAS. **Em 2016, produção de ovos e abate de frangos e suínos são recordes**. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2013-agencia-de-noticias/releases/9430-em-2016-producao-de-ovos-e-abate-de-frangos-e-suinos-sao-records.html>>. Acesso em: 29 out. 2017.

IBGE. **Séries Históricas** – IPCA. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/precos/inpc_ipca/defaultseriesHist.shtm>. Acesso em: 18 jul. 2017.

INSTITUTO WINROCK BRASIL. **Manual de treinamento em biogestão**. 2008.

IPEA. **Petróleo: da crise aos carros flex**. 59, 2010.

JÚNIOR, C. B. et al. **Agroenergia da biomassa residual: perspectivas energéticas, socioeconômicas e ambientais**. 2. ed. Foz do Iguaçu.

LAPORTA, T. **Crise da água pesa na conta de luz e eleva ainda mais a inflação**. Disponível em: <<http://g1.globo.com/economia/crise-da-agua/noticia/2015/03/crise-da-agua-pesa-na-conta-de-luz-e-eleva-ainda-mais-inflacao.html>>. Acesso em: 20 fev. 2016.

LINDEMAYER, R. M. **Análise da viabilidade econômico-financeira do uso de biogás como fonte de energia elétrica**. Universidade Federal de Santa Catarina, 2008.

MANNUCCI, P. M. et al. Effects on health of air pollution: a narrative review. **Internal and Emergency Medicine**, v. 10, n. 6, p. 657-662, 2015.

MARCOLINO, J. M. **Economia da saúde ambiental: análise do impacto da poluição atmosférica sobre a saúde humana**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2009.

MARTINS, T. S. **Geração de energia a partir de biogás de suínos**. Universidade Federal do Espírito Santo, 2015.

MENDES, M. A. et al. Analysis of financial impacts caused by pollution from thermal power plants in Brazilian public health system. Industry Applications (INDUSCON), 2016 12th IEEE International Conference on. **Anais**. Curitiba: 2016

REIS, L. B. DOS. **Geração de Energia Elétrica**. 2. ed. Barueri: Ltda, Manole, 2011.

SALOMON, K. R.; LORA, E. E. S. Estimativa do Potencial de Geração de Energia Elétrica para Diferentes Fontes de Biogás no Brasil. **Biomassa e Bioenergia**, v. 2, n. 1, p. 57-67, 2005.

SANTOS, E. L. B. DOS; JUNIOR, G. DE N. **Produção de biogás a partir de dejetos de origem animal.** Botucatu.

SENZ F. N. **Usos finais de energia elétrica no setor residencial brasileiro.** Florianópolis, 2009.

SEVERINO, M. M.; CAMARGO, I. M. DE T.; DE OLIVEIRA, M. A. G. Geração Distribuída: Discussão conceitual e nova definição. **Revista Brasileira de Energia**, p. 47-69, 2014.

SOLARIZE. **Primeiro sistema de energia solar é conectado à rede no Rio de Janeiro.** Disponível em: <[http://www.solarize.com.br/images/stories/primeiro sistema solar rj.pdf](http://www.solarize.com.br/images/stories/primeiro_sistema_solar_rj.pdf)>.

WALTER, A.; NOGUEIRA, L. **Produção de Eletricidade a partir da Biomassa.** Universidade do Amazonas, AM. Tecnologias de Conversão Energética da Biomassa. 1. ed. Amazonas, Brasil, 1997.

ZANETTE, A. L. **Potencial de aproveitamento energético do biogás no Brasil.** Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2009.