

REVISTA BRASILEIRA DE ENERGIAS RENOVÁVEIS

PROPOSTA DE OTIMIZAÇÃO PARA UM SISTEMA DE GERAÇÃO DE BIOGÁS DE UMA PROPRIEDADE RURAL DO MUNICÍPIO DE ESPUMOSO-RS¹

RÚBIA CARLA PASSAGLIA², ANDRÉ DE LIMA CARDOSO², JOYCE CRISTINA
CONÇALVEZ ROTH², ANDRIELE MAGARINOS FOCKING², FELIPE MORAES DO
NASCIMENTO² & RICARDO DALPAZ²

¹Publicado no Ano de 2019;

²Universidade Estadual do Rio Grande do Sul - RS, Brasil, rubiapassaglia@gmail.com.

Resumo

Os resíduos de atividades agrícolas e agropecuárias possuem um grande potencial para produção de biogás, o qual é constituído por um terço de gás metano, um terço de dióxido de carbono e um terço de outros gases. O biogás se apresenta como uma alternativa para substituição de energias não renováveis, contribuindo com a preservação do meio e com a melhoria da qualidade de vida da população. Este trabalho teve como objetivo analisar o sistema de manejo e tratamento de dejetos de animais da bovinocultura de leite através de biodigestor do tipo canadense e a consequente geração de biogás e biofertilizante de uma propriedade rural, além de propor melhorias para a eficiência no processo de tratamento dos resíduos gerados, fortalecendo o desenvolvimento sustentável da mesma através de um novo modelo de biodigestor. Este estudo foi realizado nas instalações de confinamento para bovinocultura de leite de uma propriedade rural localizada no município de Espumoso-RS. Observou-se que o atual sistema de tratamento dos dejetos seria suficiente para tornar a propriedade autossustentável em geração de energia elétrica, entretanto, o tempo de retorno do investimento realizado é em longo prazo. Já com a proposta sugerida, isto é, com a prospecção e utilização de uma maior quantidade de biomassa aliada à implantação de um novo sistema de biodigestão automatizada, percebe-se que apesar da necessidade de um maior

investimento, o tempo de retorno diminui em, aproximadamente, quatro anos, com um lucro mensal superior ao sistema atual, tornando a propriedade muito mais autossustentável.

Palavras chave: energia renovável; biodigestores; propriedade autossustentável.

PROPOSED OPTIMIZATION FOR A BIOGAS GENERATION SYSTEM OF A RURAL PROPERTY OF THE MUNICIPALITY OF ESPUMOSO-RS

Abstract

Waste from agriculture and livestock farming has a great potential for biogas production, which consists of one third of methane gas, one third of carbon dioxide and one third of other gases. Biogas presents itself as an alternative to replace non-renewable energies, contributing to the preservation of the environment and to the improvement of the quality of life of the population. The objective of this work was to analyze the management and treatment of animal waste from dairy cattle through a Canadian type biodigester and the consequent generation of biogas and biofertilizer from a rural property, besides proposing improvements for the efficiency of the treatment process of the generated residues, strengthening the sustainable development of the same through a new biodigester model. This study was carried out in the confinement facilities for dairy cattle from a rural property located in the municipality of Espumoso-RS. It was observed that the current waste treatment system would be enough to make the property self-sustaining in electric power generation, however, the return on investment is long term. With the suggested proposal, that is to say, with the prospection and use of a greater amount of biomass allied to the implementation of a new automated biodigestion system, it is noticed that despite the need for a greater investment, the time of return decreases in, approximately four years, with a monthly profit higher than the current system, making the property much more self-sustaining.

Keyword: renewable energies; biofertilizer; self-sustaining property.

Introdução

Nos últimos anos a criação de animais tem sofrido modificações, passando de um sistema considerado extensivo para um modelo intensivo de confinamento, o qual tem como objetivos principais diminuir os custos de produção e aumentar a eficiência do processo (TIETZ, FEIDEN e SOARES, 2015). Sendo assim, um volume significativo de dejetos é gerado diariamente nos sistemas de confinamento de bovinos leiteiros, os quais devem passar por tratamento e disposição ambientalmente adequados.

Quando dispostos inadequadamente, esses resíduos podem causar impactos nos recursos naturais, como contaminação do solo e lençol freático, eutrofização dos recursos hídricos, além da emissão dos Gases do Efeito Estufa (GEE), principalmente o dióxido de carbono e o metano. Conforme Tietz, Feiden e Soares (2015), o aumento da concentração dos GEE podem trazer consequências drásticas para o planeta, como o aquecimento exagerado da superfície terrestre e a destruição da camada de ozônio

A tecnologia do uso de biodigestores surge como uma inovação no tratamento de resíduos agroindustriais, tendo como resultado a geração de biogás e biofertilizante. No processo de biodigestão anaeróbia correm quatro principais etapas: (i) na primeira, a hidrólise, diversas substâncias são decompostas pela ação de enzimas (celulase, amilase, lipase, etc.), tornando-se solúveis; (ii) na segunda etapa, a acidogênese, os compostos orgânicos mais simples são convertidos em ácidos graxos voláteis de cadeia curta, ácido láctico e compostos minerais; (iii) na etapa seguinte, acetogênese, ocorre a conversão dos produtos da acidogênese em compostos como acetato, dióxido de carbono e hidrogênio, principais substratos para a produção de metano; (iv) e na última etapa, metanogênese, acontece a digestão dos ácidos voláteis, por bactérias metanogênicas, produtoras de metano e dióxido de carbono, resultando uma mistura de compostos orgânicos estabilizados (SILVA, 2014; CASSINI, 2003).

É importante adaptar o processo para que as bactérias metanogênicas não sofram perturbações de alterações de pH e substâncias tóxicas, pois elas são mais sensíveis que os outros microrganismos envolvidos no processo além de serem as responsáveis por produzirem o principal gás (metano) que gera rentabilidade (KARLSSON et al., 2014).

O biogás é constituído por um terço de gás metano (CH_4), um terço de dióxido de carbono (CO_2) e um terço de outros gases, como H_2S , O_2 , NH_3 , e pode ser gerado através de

resíduos de atividades agrícolas como dejetos de: suínos, bovinos, aves e caprinos. Como as plantas de biogás visam a produção de energia elétrica e calor, é necessário um grupo gerador para realizar essa conversão, onde cerca de 30% do biogás são convertidos em eletricidade e os restantes representam o calor.(KARLSSON et al., 2014).

Conforme Dominiak, Tonello e Silva (2016), até pouco tempo o biogás era visto apenas como subproduto da decomposição anaeróbia de resíduos orgânicos. Hoje, o biogás é tido como o principal substituto do gás natural, visto que tem o mesmo processo de formação, por meio da decomposição anaeróbia da matéria orgânica. Para Barbosa e Langer (2011) a tecnologia de biodigestores pode trazer benefícios ambientais pela eliminação de resíduos dispostos de modo irregular e sociais, evitando o contato direto, proliferação de pragas e doenças correlacionadas à falta de saneamento básico, além de benefícios econômicos por meio de geração de energia renovável e uso de biofertilizantes, os quais são de grande importância para as pastagens e adubação do solo.

Diante disso, este trabalho objetivou a análise do sistema de manejo e tratamento de dejetos de animais da bovinocultura de leite através de biodigestores do tipo canadense e a consequente geração de biogás e biofertilizante em uma propriedade rural, além de propor melhorias e sugestões para a eficiência no processo de tratamento dos resíduos gerados, fortalecendo o desenvolvimento sustentável da mesma.

Materiais e métodos

O estudo foi realizado nas instalações de confinamento para bovinocultura de leite de uma propriedade rural localizada no município de Espumoso-RS.

O procedimento metodológico iniciou com uma revisão da literatura, seguido da caracterização do local de estudo e do sistema de manejo adotado pela propriedade por meio de visitação *in loco*, registro fotográfico, análise documental e coleta de dados e informações referentes ao atual sistema de manejo e tratamento dos resíduos adotado.

Para levantamento do orçamento dos materiais e equipamentos utilizados na implantação do projeto, contatou-se as empresas fornecedoras dos produtos e investidor.

Resultados e discussão

Diagnóstico da área de estudo e do sistema de manejo de dejetos

A propriedade rural onde o estudo foi realizado tem como atividade principal a bovinocultura de leite detendo atualmente 120 animais mantidos em sistema de confinamento *free-stall*, com perspectivas de aumentar para 270 animais confinados até o fim do recorrente ano. Um fator relevante do sistema de confinamento é a busca pela produtividade em relação à área, onde é possível ter mais leite em menor espaço, além de reduzir o estresse calórico dos animais que somado as condições climáticas reduzem a produção leiteira (GRANDO et al., 2016).

No total, são dois galpões de confinamento, além do galpão da sala de ordenha e resfriamento do leite, galpão de máquinas e um galpão menor vistos na Figura 1. (Google Earth, 2017).

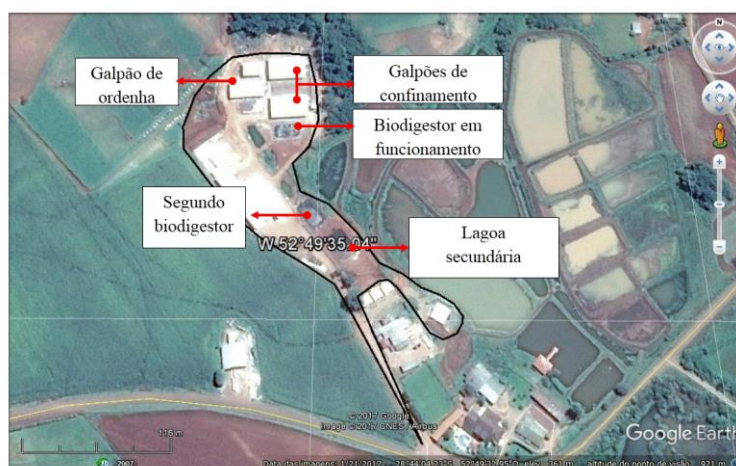


Figura 1 – Imagem aérea da área da propriedade utilizada para a atividade de bovinocultura de leite.

Fonte: Google Earth, 2017.

Reconhecendo a possibilidade de geração de energia elétrica através do processo anaeróbio de tratamento de dejetos, a propriedade optou por realizar o tratamento dos dejetos dos animais através de biodigestores, visando a geração do biogás para conversão deste em energia elétrica a ser abatida na conta da propriedade.

De acordo com a empresa contratada para elaboração do projeto e execução das obras do sistema de tratamento dos dejetos, a quantidade gerada de dejetos pela propriedade (contabilizando os 270 animais), será de aproximadamente 12 toneladas/dia.

Matos (2005) *apud* Ricardo (2016) relata que uma vaca leiteira com 400 kg de peso médio produz de 38 a 50 kg de dejetos diariamente. Considerando que cada animal produzirá 38 kg, o total de dejetos produzidos diariamente será de 10.260 kg. Contudo, deve-se levar em consideração também o resíduo líquido produzido nas instalações ou processamento de leite.

No projeto estão previstos dois biodigestores, modelo canadense (Figura 2), com capacidade útil de armazenamento de 460 m³ e um potencial para produção de biogás em torno de 320 m³ por dia, além de uma lagoa secundária. No entanto, até o momento apenas um biodigestor foi finalizado e encontra-se em funcionamento.



Figura 2 - Biodigestor modelo canadense implantado na propriedade
Fonte: Autor, 2017.

No sistema *free-stall* da propriedade os dejetos são recolhidos por uma pá raspadora mecanizada (Figura 3A), a qual arrasta os dejetos até uma caixa de concreto homogeneizadora (Figura 3B). Desta caixa os dejetos são bombeados para um separador sólido/líquido, necessário para que a fração sólida não seja encaminhada para o biodigestor evitando entupimento e ineficiência no processo. Deste modo somente a fração líquida é encaminhada para o biodigestor e a sólida é utilizada para nivelar o terreno da área de cultivo.

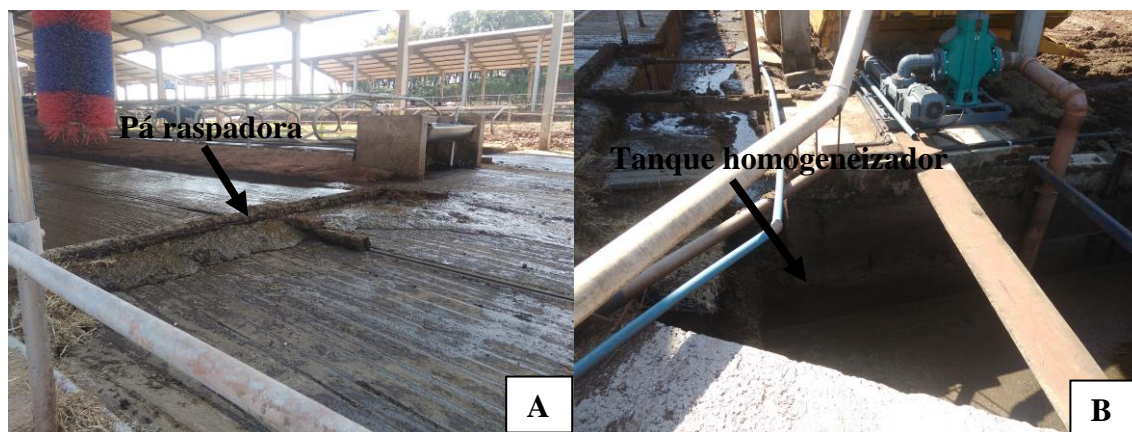


Figura 3 - A) Pá mecanizada raspadora de dejetos produzidos nos pavilhões de confinamento; B) Tanque homogeneizador anexo aos pavilhões de confinamento para onde os dejetos são encaminhados;

Fonte: Autor, 2017.

Esse processo de biodigestão anaeróbia adotado pela propriedade gera dois tipos de subprodutos: o biofertilizante e o biogás.

O biofertilizante está em fase de teste para aplicação na lavoura da propriedade, nos cultivos de milho e pastagem, os quais são utilizados para produzir a alimentação dos animais. Para isso, a propriedade contratou uma empresa especializada em agricultura irrigada com a intenção de aumentar a eficiência do biofertilizante nos cultivos através da adição de nitrogênio e do fertilizante químico Sulfammo®, (<http://www.br.timacagro.com>).

Com relação ao biogás, a propriedade optou por utilizar esse subproduto na geração de energia elétrica, a qual será compensada localmente. Para isso, foi necessária a aquisição de grupo gerador (Figura 4) para transformar o biogás em energia elétrica e injetar a energia na rede, para posteriormente realizar a compensação pela concessionária de energia local.



Figura 4 - Grupo gerador adquirido pela propriedade para geração de energia através do biogás

Fonte: Autor, 2017.

O grupo gerador adquirido possui uma capacidade nominal de 400 KVA, sendo que este equipamento, segundo a empresa fornecedora do mesmo, funcionaria aproximadamente 5 horas/dia, com a quantidade estimada de dejetos que serão produzidos na propriedade.

Cálculo do retorno de investimento

Com base na estrutura apresentada, buscou-se orçar o investimento realizado pelo proprietário, calculando também o *payback* (tempo de retorno) desse investimento. O orçamento de todos os equipamentos e materiais utilizados na implantação do projeto (geomembranas, tubulações de 150 e 200 mm, bomba de recalque, separador sólido/líquido, escavação, aterramento, grupo gerador) está representado na Tabela 1 pela variável “valor de investimento”.

Tabela 1 - Variáveis consideradas para o cálculo do *payback* no cenário atual

Cenário atual		
Variáveis analisadas	Unidades	Valor
Resíduo	kg	12.000
Equivalente energético	kw/h/m ³	1,4
Valor investimento	R\$	1.474.000
Energia média consumida	kw/h mês	31.250
Custo médio da energia consumida	R\$	10.000,00
Despesas gerais	R\$	5.000,00
Equivalente biogás	kg/m ³	8,0
Tarifa média	R\$	0,32
Energia gerada	kw/h mês	63.000
Energia excedente	kw/h mês	31.750
Venda energia excedente 70%	R\$	7.112,00
Lucro	R\$	12.112,00
Retorno do investimento	Mês	121,70
	Anos	10,14

Fonte: Autor, 2017.

Utilizando os dados da empresa fornecedora do grupo gerador, num cenário mais conservador, foi utilizado como equivalente energético o valor de 1,4 kw/h/m³. A empresa considerou que 8 kg de resíduo geram 1 m³ de biogás.

Percebe-se que há muita discrepância entre estes valores, em trabalhos que fazem referência para o valor do equivalente de biogás. Acredita-se que isso ocorra devido as características de manejo dos animais (intensivo ou semiextensivo), a alimentação e as condições climáticas a que estão submetidos. Alguns trabalhos como o de Blanco et al. (2014) encontraram uma produção de biogás diária de 3,94 m³ para 374 kg de dejetos (344 kg de bovinos e 30 kg de cama de frango) com uma produção de biogás convertida por produção animal correspondente a 0,28 m³/d, em média. Levando em consideração que um animal gera 38 kg de dejetos por dia, tem-se que a produção de biogás para 8 kg de dejetos equivale a, aproximadamente, 0,06 m³/d.

Já o Ministério de Minas e Energia-MME (1982) *apud* Silva (2014), traz que o rendimento de uma tonelada de esterco bovino gera 37 m³ de biogás. Realizando o mesmo cálculo da comparação anterior tem-se que 8 kg de esterco bovino gera em torno de 0,3 m³ de biogás. Considerando o valor repassado pela empresa fornecedora do grupo gerador, o total da

energia mensal gerada na propriedade será de aproximadamente 63.000 kw/h. Deste valor é descontado o consumo médio de energia elétrica da propriedade, gerando um excedente de aproximadamente 31.750 kw/h mês para comercializar.

A comercialização é possível através do conceito de geração distribuída, definida como uma fonte de energia elétrica conectada diretamente à rede de distribuição ou situada no próprio consumidor (BRASIL, 2004). A Resolução da Aneel nº 482/2012 criou o Sistema de Compensação de Energia (*net metering*) onde o consumidor pode gerar sua própria energia a partir de fontes renováveis e fornecer o excedente para a rede de sua concessionária. Posterior a esta Resolução, surge a Resolução 687/2015 onde a Aneel permite que um grupo de consumidores de uma determinada área de concessão reúna-se em consórcio ou cooperativas para repartir os créditos de energia entre os associados para redução de suas faturas de energia elétrica.

Comercializando a energia excedente a uma tarifa de R\$ 0,32, equivalente a 70% do valor da tarifa atual cobrada pela concessionária local, pode-se obter um ganho de R\$ 7.112,00 mensais. Somando este valor a economia de energia que a propriedade consome correspondente a uma média de R\$ 10.000,00 mensais, e subtraindo o valor referente à variável de “despesas gerais” (funcionário para gerenciar o equipamento, produtos ou equipamentos que podem danificar com o tempo) o lucro da propriedade ficaria em torno de R\$ 12.112,00 mensais. Com este cálculo obtém-se um tempo de retorno (*payback*) de aproximadamente 6,7 anos.

Proposta de melhorias

Visto que o potencial do grupo gerador é muito superior ao que a propriedade irá produzir de biogás, sugere-se que ele seja utilizado o maior tempo possível no período de um dia, para que o retorno de seu investimento seja o mais rápido também.

Para isso, será necessário aumentar a geração de biogás e, conseqüentemente, a obtenção de mais biomassa. Sugere-se então realizar um levantamento de biomassa disponível no município e na região, além de um levantamento de indústrias que gerem resíduos orgânicos, por exemplo, frigoríficos, laticínios, indústrias de ração, entre outras.

Substratos mais gordurosos ou com maior teor de carboidratos possuem um maior potencial de geração de biogás. Karlsson et al. (2014) diz que a proteína é rica em gordura e

que pode resultar em um biogás com alto teor de metano, porém pode causar interferências no processo, pois as gorduras saturadas têm um ponto de fusão mais elevado do que a gordura insaturada, tornando-o menos disponível para a biodegradação.

De acordo com Konrad et al. (2016), num raio de 25 km do município de Espumoso-RS, a quantidade de biomassa disponível está descrita na Tabela 2.

Tabela 2 - Levantamento das biomassas disponíveis num raio de 25 km de Espumoso

Cidade	Destino	km	Bovinos (ton./dia)	Suínos (ton./dia)	Total (ton./dia)
Selbach	Fazenda	25	109,1808	192,8712	302,0521
Alto Alegre	Fazenda	21	49,12877	45,3589	94,48767
Mormaço	Fazenda	20	46,04932	11,7589	57,80822
Espumoso	Fazenda	0	300,7808	12,50959	313,2904
Total (ton./dia)			505,1397	262,4986	767,6384

Fonte: Konrad et al., 2016.

Oferecendo o serviço de tratamento de resíduos à terceiros, a principal atividade da unidade passará a ser uma usina de biogás, e não mais uma unidade de tratamento de dejetos bovinos. Contudo, o modelo de biodigestor que a propriedade tem instalado não é o mais adequado e eficiente disponível no mercado por dois principais motivos: as condições climáticas do sul do país e por não receber a fração sólida dos resíduos.

Com relação às condições climáticas, o Rio Grande do Sul possui um inverno com temperaturas muito abaixo das ideais para que as bactérias sobrevivam dentro do biodigestor, causando uma redução na geração de biogás nesta época do ano ou até mesmo a interrupção do funcionamento no sistema. Quando isto ocorre, tem-se como alternativa o pré-aquecimento dos resíduos antes de entrarem no biodigestor, o que vem a ser tornar um ônus para a propriedade.

A fração sólida dos resíduos concentra a maior quantidade de carbono e, portanto, representa a maior fonte geradora de metano (CH₄). Como no modelo de biodigestor implantado na propriedade não é possível inserir quantidades superiores de 4% fração sólida, consequentemente perde-se o maior potencial de geração de biogás. A escolha do biodigestor

apropriado para um determinado espaço depende basicamente das condições locais, tipo de substrato e relação custo/benefício (TIETZ, FEIDEN e SOARES, 2015)..

Em vista disso, um novo modelo de biodigestor conhecido como modelo alemão pode ser utilizado(Figura 5).

De acordo com a empresa fornecedora desta tecnologia, o biodigestor será capaz de receber uma maior quantidade de resíduos e de fração sólida (média de 15% de massa seca). É construído com paredes de concreto armado revestido com membrana de PEAD de 1 mm e isopor para isolamento térmico. Parte dele fica abaixo do nível do solo com um ângulo de 60° para evitar desmoronamentos e diminuir os cantos aonde ocorre o acúmulo de sólidos sedimentados. Além disso, ele possui as seguintes características: bombeamento do substrato automático, sistema interno de aquecimento do substrato realizado através de trocadores de calor, dessulfurização biológica, agitação do substrato e sistema de controle remoto da usina. Alguns detalhes do biodigestor podem ser observados na Figura 6.



Figura 5 - Biodigestor modelo alemão visitado em Castro-PR
Fonte: Autor, 2017.

Com este modelo de biodigestor, a empresa fornecedora afirma que a eficiência do processo aumentará em, no mínimo, 20% a produção de biogás, pois conseguirá manter a temperatura interna do substrato na faixa dos 35 °C, ideal para o metabolismo bacteriano.

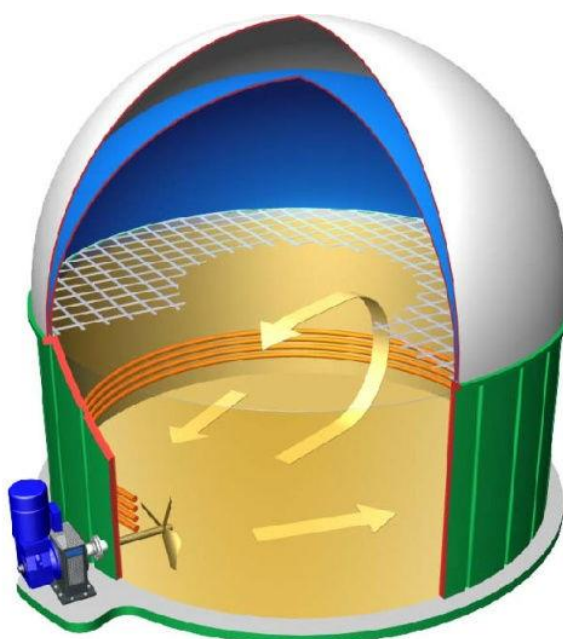


Figura 6 - Fluxo interno do substrato com a agitação
Fonte: Empresa fornecedora do biodigestor, 2017.

Supondo que a unidade consiga receber mais 20 toneladas diárias de resíduos orgânicos, além das 12 toneladas diárias produzidas na propriedade, o *payback* do cenário futuro, Tabela 3, apresenta maior retorno financeiro. Na variável “valor de investimento” utilizou-se o mesmo valor do cálculo do cenário atual acrescido do orçamento do modelo de biodigestor alemão, o qual ficou estimado em R\$ 800.000,00.

Tabela 3 - Variáveis consideradas para o cálculo do *payback* futuro

Cenário futuro		
Variáveis	Unidades	Valor
Resíduo	kg	32.000
Equivalente energético	kw/h/m ³	1,4
Valor do investimento	R\$	2.274.000
Energia média consumida	kw/h mês	31.250
Custo médio da energia consumida	R\$	10.000
Custo com coleta de resíduos	R\$	15.000
Despesas gerais	R\$	8.000
Equivalente biogás	kg/m ³	8,0
Tarifa média	R\$	0,32
Energia gerada	kw/h mês	168.000
Energia excedente	kw/h mês	136.750
Venda energia excedente 70%	R\$	43.760
Lucro	R\$	30.760
Retorno do investimento economia e lucro	Mês	73,93
	Anos	6,16

Fonte: Autor, 2017.

Com o recebimento de outros tipos de biomassa, recomenda-se a realização de testes para avaliar a cinética do potencial de degradação e produção de biogás de cada resíduo. Moraes e Paula Júnior (2004) salientam que a caracterização dos dejetos, por meio de testes de biodegradabilidade é de fundamental importância, uma vez que os dejetos apresentam grande variabilidade quanto à qualidade, quantidade, Demanda Química de Oxigênio (DQO) e presença de compostos orgânicos refratários, além de constituir um importante fator para o desenvolvimento da tecnologia anaeróbia, pois, além de os dados cinéticos fornecerem informações sobre o crescimento e utilização do substrato por diversas culturas, são úteis para a análise do sistema de tratamento e para o aumento de escala dos reatores.

Apesar de ser necessário um investimento maior, o tempo de retorno diminui para aproximadamente 6,16 anos. Porém, não se levou em consideração nesse cálculo alguns possíveis lucros que a propriedade pode ter além dos já citados.

É possível que seja feita uma cobrança pelo recebimento ou tratamento dos resíduos de terceiros, valor este que pode ser abatido na variável do “custo com a coleta dos resíduos”. Além disso, através do processo de tratamento será gerada uma grande quantidade de

biofertilizante, o qual uma parte será utilizada para aplicação na lavoura da propriedade, e o restante poderá ser comercializado, na forma líquida ou sólida, sendo que para esta última será necessário investir também no processo de compostagem para a produção de adubo orgânico.

Sugere-se também avaliar a efetividade dos tratamentos com o biofertilizante como única fonte de adubação, com variantes de uso combinado com adubação química e apenas adubação química, para posterior comparação dos resultados obtidos e análise dos diferentes tratamentos.

Conclusões

Acredita-se que a geração de energia elétrica através de fontes alternativas, como o biogás, é um fator importante na busca pelo desenvolvimento sustentável e deve ser estudada com atenção especial frente à crise energética em que o mundo se encontra e a degradação do meio ambiente causada pelas fontes convencionais de energia.

Há um grande interesse da propriedade em tornar-se autossustentável em geração de energia elétrica, visto o elevado custo mensal da propriedade com este serviço. Além disso, observou-se que o atual sistema de tratamento dos dejetos seria suficiente para tornar a propriedade autossustentável em geração de energia elétrica, entretanto o tempo de retorno desse investimento nesse projeto é a longo prazo.

Com a nova proposta, o tempo de retorno diminui em, aproximadamente, quatro anos e há necessidade de um maior investimento. Além disso, esse novo sistema poderá gerar um lucro mensal em torno de R\$ 20.760,00. Este valor tende a aumentar enquanto o tempo de retorno do investimento tende a diminuir, caso a propriedade opte por cobrar pelo recebimento dos resíduos de terceiros e pela comercialização do biofertilizante excedente.

Conclui-se que o atual sistema de tratamento contribui com o meio ambiente, evitando contaminação do solo e lençol freático, e que é um método que proporciona a sustentabilidade do empreendimento. Contudo, a proposta sugerida também atende essas questões ambientais e agrega valor a propriedade, majorando a viabilidade econômica com um retorno maior para a propriedade ao longo dos anos de funcionamento da atividade.

Referências

ANEEL. Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012. **Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências.** Diário Oficial da União de 19 de abril de 2012, seção 1, p. 53, v. 149, n. 76 e o retificado no Diário Oficial da União de 8 de maio de 2012 e 19 de setembro de 2012.

ANEEL. Resolução Normativa nº 687, de 24 de novembro de 2015. **Altera a Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012, e os Módulos 1 e 3 dos Procedimentos de Distribuição – PRODIST.** Diário Oficial da União de 2 de dezembro de 2015, seção 1, p. 45, v. 152, n. 230 e o retificado no Diário Oficial da União de 18 de dezembro de 2015 e 26 de fevereiro de 2016.

BARBOSA, G; LANGER, M. Uso de biodigestores em propriedades rurais: uma alternativa à sustentabilidade ambiental. **Revista Unoesc & Ciência – ACSA**, Joaçaba, v. 2, n. 1, p. 87-96, jan./jun. 2011.

BLANCO, M. F. de J. et al. Produção de biogás a partir de dejetos da bovinocultura de leite e cama aviária. **Revista Acta Iguazu**, Cascavel, v. 3, n. 1, p. 14-27, 2014.

BRASIL. Decreto nº 5163 de 30 de julho de 2004. **Regulamenta a comercialização de energia elétrica, o processo de outorga de concessões e de autorizações de geração de energia elétrica, e dá outras providências.** Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d5163.HTM>. Acesso em: 01 set. 2017.

CASSINI, S. T. (coordenador). **Digestão de resíduos sólidos orgânicos e aproveitamento de biogás.** Projeto PROSAB, Rio de Janeiro: ABES, RiMa, 210 p. 2003.

DOMINIAK, A. L.; TONELLO, J. P. C.; SILVA, W. A. **Projeto e implantação de sistemas de geração de biogás em pequenas propriedades rurais como fonte alternativa de energia.** Curitiba: UTFPR, 2016. Disponível em: <https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiI3bCQ5NLWAhWDFpAKHc6ABLwQFggnMAA&url=http%3A%2F%2Ffnupet.daelt.ct.utfpr.edu.br%2Ftcc%2Fengenharia%2Fdoc-equipe%2F2015_1_38%2F2015_1_38_final.pdf&usg=AOvVaw1zp5SXoLQPARJm0eb76zSa>. Acesso em: 02 set. 2017.

GRANDO, D. L. et al. Comparação do sistema de produção de leite com alimentação a base de pasto e confinamento nos sistemas free-stall e compost barn. InovaAgro, 2016. **Anais**

eletrônicos... Itapiranga: FAI Faculdades, 2016. Disponível em: <
<http://eventos.seifai.edu.br/site/inovaagro-workshop-de-praticas-tecnologicas-no-agronegocio>>. Acesso em 03 set. 2017.

KARLSSON, T. et al. **Manual básico de biogás**. Lajeado: Ed. Da UNIVATES, 2014.

KONRAD, O. et al. **Atlas das biomassas do Rio Grande do Sul para produção de biogás e biometano**. Lajeado, ed. Da Univates, 226 p., 2016.

MORAES, L. M.; PAULA JÚNIOR, D. R. Avaliação da biodegradabilidade anaeróbia de resíduos da bovinocultura e suinocultura. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n, 2, p. 445-454, mai./ago. 2004.

RICARDO, T. N. A. **Plano de manejo de resíduos de bovinocultura leiteira de uma propriedade rural no município de Santa Bárbara do Monte Verde, MG**. (Trabalho Final de Curso) 2016. Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Engenharia, Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, Juiz de Fora, MG, 2016.

SILVA, E. P. da. **Fontes renováveis de energia: produção de energia para um desenvolvimento sustentável**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2014.

TIETZ, C. M.; FEIDEN, A.; SOARES, P. R. H. Biogás de bovinos como alternativa energética sustentável. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 4, p. 14-26, 2015.