

DIMENSIONAMENTO DE PLANTA DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS UTILIZANDO BIODIGESTOR DO TIPO SERTANEJO

Fernanda Siqueira Lima; José Mariano da Silva Neto; José Nilton Silva

Universidade Federal de Campina Grande – fsl_nanda@hotmail.com

Universidade Federal de Campina Grande – neto-silva@hotmail.com

Universidade Federal de Campina Grande – nilton@eq.ufcg.edu.br

RESUMO

Diante do contexto energético atual, a comunidade científica vem buscando alternativas para a produção de energia renovável. Nesse sentido, a tecnologia dos biodigestores surge como uma ideia simples que pode contribuir para o desenvolvimento sustentável do meio rural, prevenindo a poluição, conservando os recursos hídricos e gerando energia. A utilização de biodigestores possibilita um adequado tratamento de diversos resíduos orgânicos agrícolas, bem como a utilização energética do gás metano, cujo potencial de aquecimento global (efeito estufa) é 21 vezes maior que o do gás carbônico. Justifica-se o potencial dessa utilização principalmente nos aspectos socioeconômicos, energéticos e ambientais. O presente trabalho tem por finalidade a construção de uma ferramenta computacional que permita o dimensionamento de biodigestores, como forma de facilitar e disseminar a tecnologia para o suprimento autônomo de energia e biofertilizante principalmente para os pequenos produtores rurais. A ferramenta de projeto de biodigestor do tipo sertanejo foi desenvolvida em ambiente Excel e aplicada em uma propriedade rural do Município de Monteiro, interior do estado da Paraíba. O biodigestor foi dimensionado para suportar cerca de 250 kg/dia de biomassa, proveniente de dejetos bovinos e suínos. Com essa carga diária, a biodigestão produz um volume de biogás correspondente a 10 botijões de gás/mês, assim, a tecnologia dos biodigestores rurais é apropriada aos pequenos produtores, apresentando viabilidade técnica, econômica e ambiental.

Palavras-chave: Biogás, Biofertilizante, Fontes Renováveis, Sustentabilidade.

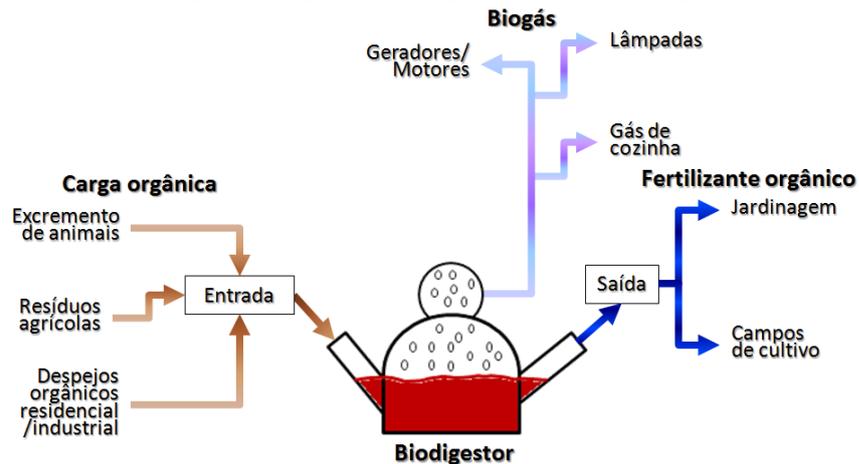
INTRODUÇÃO

O setor agropecuário do Brasil vem sendo modernizado nos últimos anos, o que vem ocasionando um aumento expressivo na demanda de energia e no volume de resíduos gerados, provocando, conseqüentemente, um desconforto e perigo à saúde devido ao alto teor de substâncias patogênicas presentes nestes resíduos (PORTES, 2005).

Uma alternativa para estes problemas é alcançar o desenvolvimento sustentável, para isso, são necessários à busca, desenvolvimento e incentivo em tecnologias que utilizem energias alternativas que contribuam com o saneamento ambiental e mitiguem as conseqüências das mudanças climáticas, possibilitando a criação de fontes de suprimentos descentralizadas e em pequena escala (PRATI, 2010).

A criação de tecnologias no âmbito da obtenção de energia a partir de materiais residuais orgânicos vem se mostrando uma alternativa bastante promissora. Uma dessas criações é a obtenção de energia a partir matéria orgânica/biomassa, como mostra a Figura 1, tais como excrementos de animais, esgoto e/ou resíduos vegetais, com os quais produzem biogás e fertilizante orgânico, utilizando um processo anaeróbico em um biodigestor.

Figura 1 – Diagrama simplificado dos produtos de um biodigestor



Como resultado desse processo, é possível obter biogás e biofertilizante. O biogás é um gás composto principalmente de metano e gás carbônico que pode ser usado para geração de energia elétrica e aquecimento. O biofertilizante é um fertilizante natural, rico em nitrogênio, aplicado principalmente na agricultura.

Há diversos tipos de biodigestores, dentre eles: o Indiano, o Canadense, o Chinês e também o Sertanejo. Esse último tipo, é o foco de estudo no presente trabalho e é voltado principalmente para propriedades rurais, por possuir um custo relativamente baixo para sua construção e apresentar um bom retorno financeiro. A escolha do tipo de biodigestor depende basicamente das condições do local, do tipo de biomassa que será aplicada e principalmente da relação custo x benefício.

A grande quantidade de biomassa proveniente das atividades agrícolas e a possibilidade de sua utilização para fins energéticos pode ser uma forma de obter energia elétrica no meio rural, além de reduzir o potencial poluidor, a utilização de recursos naturais e o custo da energia no valor final dos produtos (ANGONESE, 2006).

O Brasil, mesmo possuindo um dos maiores rebanhos de suínos e aves do mundo, não possui mais que alguns milhares de biodigestores, muitos deles desativados por falta de suporte técnico e de tecnologias eficientes, tendo como base a China, que possui, 7,1 milhões de biodigestores, a biodigestão no Brasil ainda caminha a passos lentos, por não possuir mão de obra

especializada para orientar o produtor rural, por falta de apoio financeiro e falta de tecnologias mais acessíveis (BALMANT, 2009). Até 2014, o subsídio para biodigestores com substratos agrícolas foi eliminado e somente os empreendimentos que utilizam substratos de resíduos urbanos continuam sendo subsidiados, o que dificulta ainda mais as instalações dessa tecnologia (JUNQUEIRA, 2014). Entretanto, com a conscientização e a aplicação sustentável, e as novas exigências do mercado por produtos limpos, orgânicos e diminuição dos danos ao meio ambiente, a biodigestão voltou a ser uma alternativa economicamente viável. Além disso, com o protocolo de Kyoto, a utilização de biodigestores pode gerar créditos de carbono que podem ser comercializados em bolsas de valores (PALHARES, 2008).

Dessa forma, no intuito de contribuir para o desenvolvimento de projetos de unidades de produção de biogás, esse trabalho visa estruturar uma ferramenta computacional onde leva em consideração as informações científicas do processo e dos custos envolvidos, tais como a infraestrutura física e operacional, que possibilita dimensionar a planta de geração de biogás, permitindo realizar o estudo da viabilidade econômica do processo. O tipo de biodigestor Sertanejo, uma versão do biodigestor indiano (ORTOLANI, 1991), será considerado para desenvolvimento da ferramenta. Portanto, esse estudo busca o desenvolvimento de ferramentas que possibilitem projetar tais unidades, no intuito de gerar informações para tomada de decisão de investimentos nesse tipo de empreendimento.

METODOLOGIA

O presente trabalho utiliza a implementação de uma ferramenta de projeto em ambiente Excel, no intuito de estruturar a proposta e, por conseguinte, obter o dimensionamento estrutural e econômico para o biodigestor do tipo sertanejo.

O algoritmo tem início com a entrada manual dos dados do projeto e das fontes de biomassa. Estabelecido à biomassa que abastecerá o sistema, inicia-se o acesso às variáveis, previamente especificado para o tipo de biomassa armazenado como banco de dados, tais como: produção de biomassa por animais e coeficiente de biogás e biomassa.

A partir do dimensionamento do biodigestor, onde é determinado o volume da unidade baseado na carga diária de substrato, calcula-se a produção de biogás, energia equivalente do sistema e do biofertilizante. Com isso, gera-se um resumo econômico para verificação da viabilidade do sistema. Caso não atenda a esse critério, retorna-se a especificação inicial de

biomassa e ajuste do dimensionamento. Após confirmação da viabilidade do projeto, gera-se um relatório do sistema com as informações técnicas e econômicas.

Podemos dimensionar um biodigestor através do volume necessário para suportar o volume de carga diária pelo período de retenção necessário para que ocorra a fermentação.

Para essa estimativa usamos a seguinte fórmula:

$$V_{carga, dia} = V_{Água} + V_{Biomassa} \quad (1)$$

Onde, a carga diária expressa em m³/dia, é resultante da soma do volume de biomassa mais o volume de água necessário para ocorrer a digestão.

O volume da biomassa pode ser determinado pela seguinte expressão:

$$V_{Biomassa} = \frac{M_{Total}}{\bar{\rho}_{Biomassa}} \quad (2)$$

A massa total é obtida através do somatório do total de biomassa (Kg/dia) dos diferentes tipos de animais que compõe a biomassa:

$$M_{Total} = \sum_{i=1}^n M_{Subtotali} \quad (3)$$

$$M_{Subtotali} = M_{Produçãodebiomassa} \times N_{animais,i} \quad (4)$$

Já o volume de água é determinado pela equação seguinte:

$$V_{Água} = \frac{V_{Biomassa}}{f_{V_{Biomassa}/V_{Água}}} \quad (5)$$

Calculado a Volume de carga diária, prossegue-se o dimensionamento do volume do biodigestor em função também do tempo de retenção (dias) conforme expresso pela Equação 6:

$$V_{Biodigestor} = t_{Retençãohidráulica,dia} \times V_{carga,dia} \quad (6)$$

O volume de alimentação diário do biodigestor dependerá do tipo de matéria orgânica utilizada e da quantidade de animais existentes na propriedade. Para esse cálculo, devemos saber a

média de produção de esterco referente a cada tipo de animal e a quantidade de água necessária para a preparação da carga do biodigestor.

Dependendo do volume requerido do biodigestor, fazem-se necessárias outras unidades, cujo volume será calculado baseado no volume do cilindro

Estabelecendo o diâmetro e a profundidade da unidade, calcula-se então o volume da unidade através da Equação 7:

$$V_{unidade} = \pi \times \left(\frac{D}{2}\right)^2 \times h \quad (7)$$

Para determinar o número de unidades de biodigestores que serão aplicadas para o volume de carga diário, aplica-se a seguinte relação entre o volume do biodigestor e o volume da unidade, em seguida verificam-se as condições:

$$\left(INT \left(\frac{V_{Biodigestor}}{V_{Unidade}} \right) < \left(\frac{V_{Biodigestor}}{V_{Unidade}} \right) \right) \quad (8)$$

Se essa condição for verdadeira o número de unidades será dado por:

$$N_{unidades} = \left(INT \left(\frac{V_{Biodigestor}}{V_{Unidade}} \right) + 1 \right) \quad (9)$$

Caso a condição da Equação 8 seja falsa, o número de unidades será dado por:

$$N_{unidades} = \left(INT \left(\frac{V_{Biodigestor}}{V_{Unidade}} \right) \right) \quad (10)$$

As dimensões da caixa de entrada devem ser suficientes para que seu volume suporte o volume de carga diária. Logo, o volume tanque de alimentação será calculado por:

$$V_{TanqueAlimentação} = A_{m^2} \times h_m \quad (11)$$

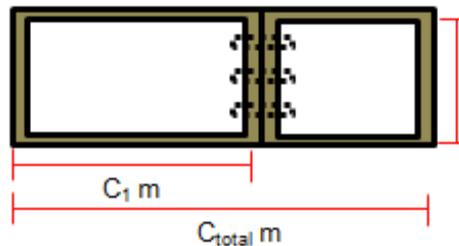
Para esse cálculo, necessita-se da profundidade já pré-estabelecida, o volume de carga diário já calculado, o diâmetro e a área total do tanque, ambos calculados pelas equações 12 e 13, respectivamente.

$$D_m = \sqrt{\frac{4 \times V_{c\text{arg a, dia}}}{\pi \times h_m}} \quad (12)$$

$$A_{m^2} = \pi \times \left(\frac{D_m}{2}\right)^2 \quad (13)$$

O tanque de saída, diferentemente do tanque de alimentação e da câmara de digestora, que possuem formato cilíndrico, apresenta formato conforme apresentado na Figura 2.

Figura 2 – Representação geométrica do tanque de saída.



Para a caixa de saída o dimensionamento é feito para um volume, no mínimo, três vezes o volume da carga diária, para que o biofertilizante seja armazenado. Dessa forma, tendo pré-estabelecido os comprimentos, a altura e a largura, calcula-se:

$$V_{saída, dia} = C_{Total, m} \times C_{1, m} \times H_m \quad (14)$$

O poder calorífico do biogás, que varia de 5000 a 7000 Kcal/m³ é devido à porcentagem do metano. É devido à maior ou menor pureza. O biogás altamente purificado pode alcançar 12000 Kcal/m³ (BRONDANI, 2010).

A tabela 4 apresenta o fator de equivalência energética de um metro cúbico de biogás, com os principais meios energéticos utilizados.

Tabela 1 – Equivalência Energética de 1 m³ de biogás.

Energia	Fator de Equivalência
Elétrica (KWh)	1,43
GLP (Kg)	0,45
Gasolina (Kg)	0,61

Para o cálculo da equivalência energética do biogás, multiplica-se o volume total de biogás diário, dado pela Equação 15, pelo fator de equivalência, da Tabela 4.

$$V_{Total, Biogás/ dia} = \sum_{i=1}^n V_{Biogás/ dia, i} \quad (15)$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Aplicação da Ferramenta Proposta-Estudo de Caso

Nesse trabalho, desenvolveu-se um estudo para a elaboração de um software de dimensionamento do biodigestor sertanejo e aplicou-se essa ferramenta computacional para a construção de um biodigestor na cidade de Monteiro, no interior do estado da Paraíba, com a finalidade de geração de energia e gerenciamento do resíduo gerado na fazenda de propriedade privada.

É satisfatória a implantação de biodigestores na região, pois o clima favorece a reação para biodigestão e os estudos realizados visam, além de uma economia de energia elétrica, um melhor saneamento dos dejetos bovinos, que após inseridos no biodigestor, saem em forma de biofertilizantes, apresentando características melhores de adubação e menor impacto ambiental.

Dimensionamento

Na propriedade, existem 23 Bovinos e 10 suínos. Esses animais são os responsáveis por produzir a biomassa utilizada no biodigestor sertanejo. Sendo assim, a Figura 4, apresenta o cálculo da carga diária produzida no curral da fazenda, já levando em conta a adição de água para preparação do substrato para a fermentação.

Figura 3 – Carga diária produzida.

	A	B	C	D	E	F
1	Cálculo do volume de Carga por dia					
2	Tipo de Animal	Biomassa por animal: (A) (Kg/dia)(Suínos, Bovinos)	Quant. de animais: B	Quant. de animais: B	Total de biomassa: C = B x A (kg/dia)	
3	Suínos+Bovinos	2,3	10	10	23	253
4	Volume de biomassa (m ³ /dia) (1000kg<=>1m ³): D = C/1000		Relação biomassa/ água (1:1)		Volume de água (m ³ /dia): F = C*E	
5	0,253		1		0,253	
6	Volume da carga(m ³ /dia): G = D + F			0,5060		

Tem-se então uma carga diária de 0,5060 m³/dia de substratos a serem adicionados no biodigestor. Para calcular o volume necessário do biodigestor, multiplica o tempo de retenção hidráulica pelo volume de carga diária, previamente já calculada, conforme apresentado na Figura 4

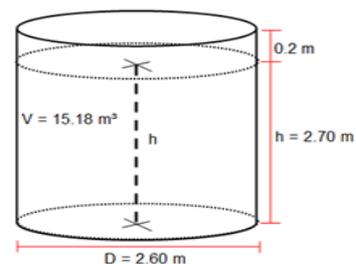
Figura 4 – Volume do biodigestor em função do tempo de retenção da carga.

Cálculo do volume do Biodigestor em função doTempo de Retenção e da Carga			
12			
13	Obs.:		
14	VB = volume do biodigestor (m ³);		
15	VC = volume da carga diária (dejetos + água) (m ³ /dia)		
16	TRH = Tempo de retenção hidráulica (dias)		
17	TRH (dias) =	30	VC (m ³ /dia) =
18			0,51
19	VB(m ³) =		15,18
20			

Em função do tempo de retenção obteve-se um volume de biodigestor de 15,18 m³, esse valor será à base de comparação para o cálculo das dimensões do biodigestor. Utilizando as equações (8), (9) e (10) descritas no item 2.4, e o Excel como ferramenta de cálculo, calculou-se o número de unidades de biodigestores requeridas para o volume calculado, como apresentado a Figura 5.

Figura 5 – Número de unidades de Biodigestores

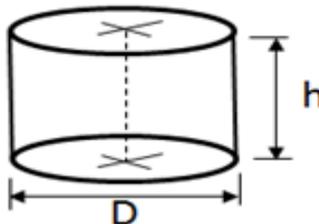
Cálculo do número de Biodigestores do tipo sertanejo			
21			
22	Volume de uma unidade:		
23	V _{unidade} =	15,40	V _{unidade} >= VB
24	V = volume do biodigestor (m ³);	h (m) =	2,9
25	h = profundidade (m);	D (m) =	2,6
26	D = diâmetro (m);	Vcaixa(m ³) =	5
27	Número de unidades		
28	Obs.:		
29	Se o volume necessário for menor que nxVunidade		
30	será aproximado sempre para o número maior.		
31			
32	Nº de Unidades =		
33	1		



O tanque de alimentação deve ter volume pelo menos igual ao da carga diária, portanto fixou-se a altura, e calculou-se o diâmetro, conforme exibido na Figura 6.

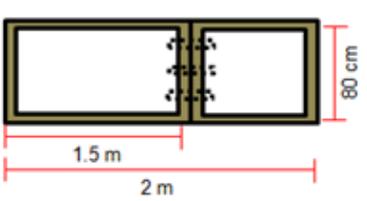
Figura 6 – Cálculo do tanque de alimentação.

34		Cálculo do Tanque de alimentação	
35	h(m) =	0,5	h , definir altura; V , volume desejado; $V = A \times h$ $A = \pi(D/2)^2$ $D = \sqrt{\frac{4V}{\pi h}}$
36			
37	V (m³/dia) =	0,51	
38			
39	D(m) =	1,14	
40			
41			
42			
43			



O tanque de saída foi calculado segundo a equação (14) e apresentado na Figura 7.

Figura 7 – Cálculo do tanque de saída.

44		Cálculo do Tanque de saída	
45	C_{total}(m) =	2	
46			
47	C1(m) =	1,5	
48			
49	L(m) =	0,80	
50			
51	H(m) =	0,50	
52			
53	V (m³/dia) =	0,80	
54			

Produção de Biogás

De acordo com o volume diário de substrato produzido pelos animais da fazenda, obtêm-se à produção de biogás de 10,005 m³/dia, calculada através da equação (15). Essa produção de biogás equivale a 14,31 KWh de energia elétrica, 4,51 Kg de GLP, 10,4botijões por mês e 6,11 Kg de gasolina, como mostra a Figura 8.

Figura 8 – Produção de biogás e equivalência energética.

7				Cálculo de Equivalência de energia			
8		Biogás por animal: (H)		Produção de Biogás (m ³ /dia)			
Tipo de Animal		m ³ /animal/dia) (Suínos, Bovinos)		I = H x B			
9		Suínos+Bovinos	0,1725	0,36	10,005		
10		ENERGIA ELETRICA (kWh) (1m ³ <=> 1.43 kWh)	GLP(kg) (1m ³ <=> 0.45kg)	Número de Botijões/mês (1 bot. <=> 13 kg)	Gasolina(L) (1m³<=> 0.61kg)		
11		14,30715	4,50225	10,4	6,10305		

Análise de Custo- Preliminar

A análise econômica consiste em fazer estimativas de todo o gasto envolvido com o investimento inicial, operação, manutenção, e receitas geradas durante um determinado período de tempo, para assim montar-se o fluxo de caixa relativo a esses investimentos. Comparando-se esses indicadores econômicos com o que se espera obter com alternativas de investimento de capital, pode-se concluir sobre a viabilidade do empreendimento.

Na saída de dados da ferramenta de dimensionamento, obtém-se o resumo de toda produção de biogás, energia e biofertilizante obtidos a partir biodigestão do substrato, como apresenta a Figura 9.

Figura 9 – Saída de dados (produção de biogás, energia e equivalência energética).

54 Produção de biogás, energia e equivalencia energética			
55			
56 Produção de biogas e energia			
57	Descrição	m ³ (dia)	m ³ (ano)
58	Produção de biogás:	10,005	3.651,83
59	Produção de metano:	5,0025	1.825,91
60			
61			
62 Equivalências energéticas de biogás			
63	Descrição	(Por dia)	(Por ano)
64	Biogás (Nm ³)	10,005	3651,825
65	kWh	14,507	5295,146
66	GLP(kg)	4,50225	1643,321
67	Nº de Botijões	0,3463269	126,409
68			
69			
70 Produção de Fertilizante orgânico			
71	Descrição	(Kg/dia)	(t/ano)
72	Massa total de Fertilizante orgânico:	240,53377	87,79

O gasto de investimento, feito tipicamente em função da tecnologia adotada é a soma do custo dos diversos equipamentos presentes, mais os custos de implantação, que por sua vez devem incluir transporte, taxas, obras civis, montagem, manutenção, e etc.. Tais custos podem ser considerados como uma função do investimento em equipamentos:

Figura 10 – Saída dos custos da construção.

74 Orçamento detalhado									
75									
76 Resumo estrutural									
77	Descrição	Quant.	Diam.(m)	Altura(m)	Comp.(m)	Larg.(m)	Vol. Unit.(m ³)	Vol. Total (m ³)	
78	Tanques de alimentação	1	1,14	0,5	-	-	0,51	0,506	
79	Biodigestores	1	2,6	2,9	-	-	15,40	15,3969456	
80	Tanque de descarga	1	-	0,50	2	0,80	0,80	0,8	
81									
82	Custo estimado de construção						(R\$)	1869,06	

Estimou-se um custo para a construção do biodigestor de cerca de R\$ 1.900,00, incluindo todo material civil e a mão de obra da construção. Ao atualizar os dados com os custos a ferramenta fornece também, análise de custo benefício do empreendimento, apresentado na Figura 11.

Figura 11 – Saída de dados da análise de custo - benefício.

Análise de custo-benefício			
Despesas anuais			
		Unid. (R\$/mês)	(R\$/ano)
88	Filtro de remoção de H ₂ S (Lã de aço 60g)	2,98	35,76
89	Soma dos custos de manutenção	(R\$)	35,76
Economias anuais			
92	Energia Calorífera	Botijão/ano	R\$/Botijão
93	Economia com botijão de gás	124,68	60
94	Fertilizante	t/ano	R\$/t
95	Economia do Fertilizante	87,79	20
96	Soma do total de rendimento anuais	(R\$)	9236,56
Resumo de Gastos anuais			
99	Custo de operação e manutenção		R\$/ano
100	Soma do custos (R\$)	(R\$)	35,76
Resumo de Lucros anuais			
103	Redução de custos com Energia		R\$/ano
104	Fertilizante		R\$/ano
105	Soma do total de rendimento (R\$)		9236,56
107	Rendimento anual: Lucros - Custos (R\$)		9200,80
108	Taxa interna de retorno (TIR)		4,92

Considerando o preço do Botijão de gás GLP de R\$ 60,00 a unidade, considerando que todo o biogás gerado venha ser utilizado na geração de energia térmica, substituindo o botijão, e os lucros com energia e biofertilizante, e o baixo custo de manutenção, a razão do rendimento anual pelo investimento, uma taxa interna de 4,92 foi obtida, ou de 492%. O valor corresponde a um retorno do investimento anual, que por sua vez, dividindo por 12 meses, resultará em 41 % ao mês, ou seja, Payback de 2 meses e meio.

CONCLUSÕES

Através da ferramenta aplicada neste trabalho foi possível materializar o conhecimento referente aos conceitos da tecnologia de produção de biogás.

É perceptível nesse trabalho a relevância desse tipo de sistema para a agropecuária e a economia do Brasil, e por isso uma grande fonte para estudos visando melhor aproveitamento energético e sustentabilidade e como forma de aproveitar uma fonte de energia renovável, a aplicação de biodigestores nas propriedades rurais.

Com o desenvolvimento e aplicação prática da ferramenta de projeto de biodigestores do tipo sertanejo construída nesse projeto, pode-se concluir que o emprego energético do biogás, a

partir dos dejetos bovinos e suínos, apresentam inúmeros benefícios e aplicabilidades, quando bem planejado e executado dentro dos parâmetros técnicos e econômicos, conforme as características peculiares de cada unidade de produção e o devido controle dos fatores ambientais.

A ferramenta produzida apresentam resultados que podem ser utilizados na formulação de políticas públicas a fim de implementar assistência técnica para a utilização de biodigestores, bem como podem ser utilizados para subsidiar propostas de programas de financiamento de aproveitamento de biomassa para fins de produção de energia, voltados a esse segmento da agricultura, tendo em vista a economia de custos gerada no processo, bem como as inequívocas vantagens ambientais.

Em relação ao tempo de retorno do investimento, torna-se atrativo com a intensificação do uso do sistema, porém seria interessante também que o excesso de energia gerado nas propriedades pudesse ser comercializado com as concessionárias e lançado na rede elétrica.

REFERÊNCIA

ANGONESE, A.; CAMPOS, A. T.; ZACARKIM, C. E. **Eficiência energética de sistema de produção de suínos com tratamento dos resíduos em biodigestor.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.10, n.3, p.745-750, jul./set. 2006.

BALMANT, W. **Concepção, Construção e Operação de um biodigestor e modelagem matemática da biodigestão anaeróbica.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Paraná, 2009.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Composição do PIB.** Disponível em: <<http://ibge.com.com.br/home/estatística/economia/constasnacionais>> Acesso em: 31/08/2015.

JUNQUEIRA, S. L. C. D. **Geração de Energia através de biogás proveniente de esterco bovino: estudo de caso fazenda aterrada.** Trabalho de conclusão de curso, Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro-RJ, 2014.

ORTOLANI, A. F; BENINCASA, M.; LUCAS JÚNIOR, J. **Biodigestores rurais: modelos indiano, chinês e batelada.** 3p. Jaboticabal-SP, FUNEP, 1991.

PALHARES, J.C.P. **Biodigestão anaeróbica de dejetos de suínos: aprendendo com o passado para entender o presente e garantir o futuro.** 2008. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2008_1/Biodigestao/index.htm>. Acesso em: 21/7/2015.

PORTES, A. Z., **Aplicativo computacional para projetos de biodigestores rurais,** Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, 2005.

PRATI, L. **Geração de energia elétrica a partir do biogás gerado por biodigestores.** 2010. 83f Monografia (conclusão do curso de Engenharia Elétrica). Departamento de Engenharia Elétrica. Universidade Federal do Paraná-Curitiba. 2010.