

VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DE BIODIGESTORES EM PROPRIEDADES RURAIS

Eliana Walker¹
Gideon Villar Leandro²
Robinson Figueiredo de Camargo³

Resumo

Pela importância que os fatores econômicos têm na determinação da utilização de fontes renováveis, este artigo apresenta o estudo da viabilidade econômica da implantação de biodigestores em propriedades rurais para geração de energia elétrica. O estudo está baseado em um modelo matemático construído que utiliza o ferramental da pesquisa operacional. Neste modelo estão incorporados os aspectos referentes a receitas, custos e produção de energia de um biodigestor descontínuo (batelada), que utiliza os dejetos de suínos como matéria orgânica. Os resultados mostram que a atividade é lucrativa, sendo apresentados através de um aplicativo desenvolvido no software Matlab[®].

Palavras chave: viabilidade econômica, energia alternativa, biodigestor, propriedades rurais.

Abstract

Given the importance that economic factors have in determining the use of renewable sources, this article presents the study of economic feasibility of installing digesters on farms to generate electricity. The study is based on a mathematical model built using the tools of operational research. This model are incorporated aspects relating to revenues, costs and energy production of a batch digester (batch), using pig slurry as organic matter. The results show that the activity is profitable and are presented through an application developed in Matlab[®].

Keywords: economic viability, alternative energy, digester, farms.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, nos últimos anos, as energias renováveis têm obtido destaque cada vez maior, pois podem ser a solução para os problemas energéticos que vêm ocorrendo, como o racionamento de energia elétrica, em 2001; o aumento do consumo de energia; o baixo nível dos reservatórios de águas em determinadas épocas do ano ocasionado pela falta de chuva.

A maior parte do consumo de energia no Brasil é provida por usinas hidrelétricas, mas, para atender à crescente demanda, a construção de novas hidrelétricas resultaria em grandes impactos ambientais. Portanto, uma alternativa é o desenvolvimento sustentável através de fontes de energia renováveis, tais como energia solar, energia eólica e biomassa.

Biomassa é a massa total de matéria orgânica que se acumula em um espaço vital. Assim são consideradas biomassas, todas as plantas e todos os animais, inclusive seus resíduos, as matérias orgânicas transformadas, provenientes de indústrias alimentícias e indústrias transformadoras de madeira (ANEEL, 2005).

¹ Docente, AJES – Instituto Superior de Educação do Vale do Juruena, Juína - MT

² Docente, UFPR - Depto de Engenharia Elétrica, Curitiba, PR

³ Docente, UFSM – Departamento de Energia Elétrica, Santa Maria - RS

Cabe ressaltar que a biomassa é uma das fontes para produção de energia com maior potencial de crescimento nos próximos anos. Tanto no mercado internacional quanto no interno, ela é considerada uma das principais alternativas para a diversificação da matriz energética e a conseqüente redução da dependência dos combustíveis fósseis. Dela é possível obter energia elétrica e biocombustíveis, como biodiesel e o etanol, cujo consumo é crescente em substituição aos derivados de petróleo como o óleo diesel e a gasolina (ANDRADE, 2002).

O aproveitamento da biomassa pode ser feito por meio da combustão direta (com ou sem processos físicos de secagem, classificação, compressão, corte/quebra, etc.), de processos termoquímicos (gaseificação, pirólise, liquefação e transesterificação) ou de processos biológicos (digestão anaeróbia e fermentação) (ANDRADE, 2002). Para que haja o aproveitamento da biomassa utilizam-se biodigestores, os quais oferecem condições para que as bactérias presentes atuem sobre a biomassa, produzindo assim o biogás.

Este trabalho aborda o uso de dejetos de suínos como fonte para a produção de biogás e será utilizado o biodigestor à batelada do tipo descontínuo, adequado para implementação em pequenas propriedades. Os dejetos de suínos são bastante vantajosos quando comparados com os de outros animais (aves, bovinos, caprinos), por produzirem uma grande quantidade diária e pela facilidade da coleta, já que a maior parte é criada em sistema de confinamento.

Será desenvolvido um modelo para verificar a viabilidade econômica do uso de dejetos de suínos para a geração de energia elétrica através de biodigestores. O estudo está baseado em dados colhidos na propriedade: energia produzida, valor de mercado da energia, gasto com energia elétrica, custo para a implementação do biodigestor, número de funcionários para a manutenção, salário dos funcionários, vida útil do biodigestor, número de animais e tempo de permanência do suíno na propriedade.

2. BIOGÁS E BIODIGESTOR

O biogás produzido a partir de resíduos agropecuários pode promover a autonomia energética de propriedades rurais. Seu uso pode contribuir para agregação de valor de produtos agroindustriais, suprimento autônomo de combustível para várias utilidades, como para alimentação de sistemas de bombeamento para irrigação, podendo viabilizar tais empreendimentos. (ANEEL, 2008)

Grande parte dos resíduos de animais é simplesmente descartado, esses resíduos podem ser fermentados e formar o biogás, uma fonte não-poluidora de energia. O biogás, ao contrário do álcool da cana-de-açúcar e de óleo extraídos de outras culturas, não compete com a produção de alimentos em busca de terras disponíveis. Afinal ele pode ser inteiramente obtido de resíduos agrícolas, ou mesmo de excrementos de animais e dos homens. Assim, ao contrário de ser um fator de poluição, transforma-se em um auxiliar do saneamento ambiental. O biogás pode ser produzido a partir do lixo urbano, como já se faz nos chamados “aterros sanitários” de quase todos os países desenvolvidos do mundo e cuja experiência começa a ser implementada em algumas cidades brasileiras. Nas propriedades agrícolas, ele pode ser produzido em aparelhos simples, os chamados biodigestores. (TURDERA; YURA, 2006)

O biodigestor constitui-se de uma câmara fechada onde é colocado o material orgânico, em solução aquosa, onde sofre decomposição, gerando o biogás que irá se acumular na parte superior da referida câmara. A decomposição que o material sofre no interior do biodigestor, com a conseqüente geração de biogás, chama-se digestão anaeróbica. (DENAGUTTI et al., 2008)

Quanto à forma de abastecimento os biodigestores se classificam em: a) descontínuos (batelada) e b) contínuos. Os biodigestores em batelada recebem um carregamento de matéria

orgânica, que só é substituído após um período adequado à digestão de todo o lote. Os biodigestores contínuos são construídos de tal forma que podem ser abastecidos diariamente, permitindo que a cada entrada de material orgânico a ser processado exista uma saída de material já processado. (TURDERA; YURA, 2006)

3. MODELO MATEMÁTICO

A seguir pode-se observar uma representação genérica do modelo matemático utilizado neste trabalho para a análise da viabilidade econômica, feita utilizando-se o ferramental da programação linear.

Maximizar ou minimizar a função objetivo:

$$Z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n \quad (a)$$

Sujeito às restrições:

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \leq r_1 \quad (b)$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n \leq r_2 \quad (c)$$

.....

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n \leq r_m \quad (d)$$

$$x_j \geq 0 \quad (1, 2, \dots, n) \quad (e)$$

Onde:

(a) representa a função matemática que codifica o objetivo do problema e é denominada função objetivo (Z). Na programação linear esta função deve ser linear.

(b)-(e) representam as funções matemáticas lineares que codificam as principais restrições identificadas.

(e) restrição de não-negatividade, o que equivale a dizer que as variáveis de decisão podem assumir qualquer valor positivo ou zero.

“ x_j ” são as variáveis decisórias que representam as quantidades que se quer determinar para otimizar o resultado global.

“ c_i ” são os coeficientes de ganho ou custo que cada variável é capaz de gerar.

“ r_j ” representa a quantidade disponível de cada recurso.

“ a_{ij} ” representa a quantidade de recursos que cada variável decisória consome. (LAPPONI, 2000)

Obs.: $j = 1, 2, 3, \dots, n$.

Com base no modelo descrito acima construiu-se um modelo de otimização linear dado a seguir:

$$\max \left(VPL = -C + \sum_{i=1}^n \left(\left(\frac{R_{bio} + R_{vendasui} + R_{biogás} + T^* P_c^* E_p}{G_e + N_f^* S_f^* m_e + C_{mger} + C_{mbio} + C_{mlag} + C_{mgal} + J\theta} \right)^* x_i \right) / (1 + A)^t \right) \quad (1)$$

onde a variável x_i representa o número de suínos.

Os coeficientes da função-objetivo são coeficientes constantes ou variáveis:
coeficientes constantes:

C = capital inicial investido;
 T = total de horas do período analisado;
 P_c = valor de mercado da energia produzida;
 E_p = energia produzida;
 $R_{vendasui}$ = receita por suíno;
 R_{bio} = receita pela utilização de biofertilizante;
 $R_{biogás}$ = receita pela produção de energia utilizando o biogás;
 λ = número de suínos;
 k = taxa mínima de atratividade
 G_e = gasto com energia;
 S_f = salário dos funcionários;
 m_e = período em meses;
 C_{mger} = custo de manutenção do gerador;
 C_{mbio} = custo de manutenção do biodigestor;
 C_{mlag} = custo de manutenção das lagoas;
 C_{mgal} = custo de manutenção dos galpões de instalação dos suínos;

coeficientes variáveis:

ι = duração de um período em anos
 N_f = número de funcionários;
 $J(t)$ = juros cobrados em função do tempo de financiamento;

4 RESTRIÇÕES DO MODELO

4.1 Restrição a respeito do número de suínos

Esta restrição indica que é preciso que se tenha variáveis inteiras e maiores ou igual a zero, considerando que pertençam ao Conjunto dos Números Naturais, por se tratar de suínos:

$$\lambda \geq 0 \in \mathcal{N} \quad (2)$$

onde:

λ = número de suínos
 \mathcal{N} = números naturais

4.2 Restrição com respeito a geração de energia

Esta restrição informa quanta energia pode ser gerada pelo motor-gerador anualmente:

$$E_p \leq v_d * B_{mo} * E_{cb} * E_{bee} * \lambda \quad (3)$$

onde:

E_p = energia produzida;
 V_d = volume de dejetos produzido por suíno;
 B_{mo} = biodegradabilidade da matéria orgânica;
 E_{cb} = eficiência de conversão no biodigestor;
 E_{bee} = conversão do biogás em energia elétrica;

4.3 Restrição a respeito do custo de manutenção

Esta restrição informa o custo para a manutenção do projeto:

$$C_{man} \geq (C_f + C_a + C_{ma}) * X + C_{ger} + C_{bio} + C_{lag} + C_{gal} \quad (4)$$

onde:

C_{man} = custo de manutenção;

C_f = Custo com os funcionários;

C_a = custo com alimentação;

C_{ma} = custo de manutenção dos animais;

C_{ger} = custo de gerador;

C_{bio} = custo do biodigestor;

C_{lag} = custo das lagoas;

C_{gal} = custo dos galpões;

4.4 Restrição a respeito da área utilizada:

Esta restrição informa a área necessária para o empreendimento desejado:

$$A_{disp} \geq A_{bio} + A_{inst} + A_{lag} \quad (5)$$

onde:

A_{disp} = área disponível na propriedade para a instalação do sistema de biodigestão e criação de suínos;

A_{bio} = área ocupada com a instalação do biodigestor;

A_{inst} = área ocupada com as instalações dos suínos;

A_{lag} = área ocupada pelas lagoas;

4.5 Restrição a respeito do capital inicial investido

Esta restrição informa qual o custo de investimento inicial para o projeto:

$$C \geq (P_c + I_g + C_{bio} + C_{ger} + C_{lag}) * N_{cabpc} \quad (6)$$

onde:

C = Capital inicial;

P_c = Preço da energia cobrada pela concessionária;

I_g = custo do metro da instalação por cabeça de suínos por metro;

C_{bio} = Custo do biodigestor;

C_{lag} = Custo das lagoas

C_{ger} = Custo do gerador;

N_{cabpc} = número de cabeças de suínos.

5. ANÁLISE DE RENTABILIDADE

A receita total pode ser obtida pela diferença entre as receitas totais (RT) e os custos totais (CT).

As receitas totais podem ser descritas através da equação:

$$RT = (T * P_c * E_p + G_s) * N_{cabpc} + R_{bio} \quad (7)$$

onde:

RT = receita total;

T = total de horas analisado;

P_c = preço da energia cobrada pela concessionária;

E_p = energia produzida;

G_s = ganho por suíno;

N_{cabpc} = número de cabeças de suínos;

R_{bio} = receita do biofertilizante;

Os custos totais podem ser descritos pela equação:

$$CT = (G_e + N_f * S_f) * m_e \quad (8)$$

Onde:

CT = custos totais;

G_e = gasto com energia;

m_e = meses do período;

N_f = número de funcionários;

S_f = salário dos funcionários.

Conhecida a receita líquida, calcula-se então o fluxo econômico anual ou total, utilizando as seguintes equações:

Fluxo econômico anual:

$$FE = RL - C_{ger} - P_i - L \quad (9)$$

onde:

FE = fluxo econômico;

RL = receita líquida;

C_{ger} = custo do motor gerador;

P_i = gasto com pintura das instalações;

L = gasto na troca das lonas.

Fluxo econômico total:

$$FET = C + FE \quad (10)$$

onde:

FET = fluxo econômico total;

C = capital inicial;

FE = fluxo econômico.

O VPL pode ser descrito através da equação:

$$VPL = -II + \sum_{j=1}^n \frac{FE_j}{(1+r)^j} \quad (11)$$

onde FE_j representa o fluxo econômico do projeto por período, n o número de períodos que representa o horizonte do projeto, j a duração de um período e r a taxa de juros cobrada por período

A TIR pode ser calculada, utilizando as equações abaixo:

$$\sum_{j=1}^n \frac{FE_j}{(1+\alpha)^j} = 0 \quad (12)$$

onde FE_j representa o fluxo econômico do projeto por período, n o número de períodos que representa o horizonte do projeto, j a duração de um período e α a taxa interna de retorno

O período de recuperação do capital (PRK) é definido pelo prazo de tempo necessário para a recuperação dos desembolsos.

6 RESULTADOS

Para a validação do modelo proposto, foi escolhida uma propriedade rural no município de Ibirubá-RS. Os dados coletados serão utilizados para gerar três cenários. Tais cenários foram obtidos ao se considerar uma taxa mínima de atratividade e variação do número de suínos. Os seguintes dados são utilizados em todos os cenários:

- kWh /Concessionária: R\$ 0,238769
- Vida útil do projeto: 20 anos
- Número de suínos: 1000, 3000 e 5000.

O cenário 1 mostra resultados para taxa mínima de atratividade de 6%.

Cenário 1: taxa mínima de atratividade = 0.06

	Com Biofertilizante			Sem Biofertilizante		
	1000	3000	5000	1000	3000	5000
CT	530604,26	1020642	1519057,29	530604,26	1020642	1519057,3
RT	2208406,1	5921418,3	9634430,5	1856506,1	5569518,3	9282530,5
RL	1677801,84	490077,33	8115373,21	1325901,84	4548876,3	7763473,2
FE	1451244,98	4262423,1	7058183,55	1099344,98	3910523,1	6706283,6
VPL	726456,85	2127077,7	3515239,58	524643,58	1925264,5	3313426,3
TIR	14,3	14,2	14,14	12,92	13,77	13,88
PRK	3	3	3	4	4	4

O cenário 2 mostra resultados para taxa mínima de atratividade de 12%.

Cenário 2: taxa mínima de atratividade = 0.12

	Com Biofertilizante			Sem Biofertilizante		
	1000	3000	5000	1000	3000	5000
CT	530604,26	1020642	1519057,29	530604,26	1020642	1519057,3
RT	2208406,1	5921418,3	9634430,5	1856506,1	5569518,3	9282530,5
RL	1677801,84	490077,33	8115373,21	1325901,84	4548876,3	7763473,2
FE	1451244,98	4262423,1	7058183,55	1099344,98	3910523,1	6706283,6
VPL	390957,8	1137682,9	1873467,07	259532,94	1006258,1	1742042,2
TIR	18,11	18	17,93	16,65	17,54	17,66
PRK	3	3	3	4	4	4

O cenário 3 mostra resultados para taxa mínima de atratividade de 0%, o que representa que o produtor não espera retorno financeiro.

Cenário 3: taxa mínima de atratividade = 0

	Com Biofertilizante			Sem Biofertilizante		
	1000	3000	5000	1000	3000	5000
CT	530604,26	1020642	1519057,29	530604,26	1020642	1519057,3
RT	2208406,1	5921418,3	9634430,5	1856506,1	5569518,3	9282530,5
RL	1677801,84	490077,33	8115373,21	1325901,84	4548876,3	7763473,2
FE	1451244,98	4262423,1	7058183,55	1099344,98	3910523,1	6706283,6
VPL	1451244,98	4262423,1	7058183,55	1099344,98	3910523,1	6706283,6
TIR	10,97	10,88	10,82	9,66	10,47	10,57
PRK	3	3	3	4	4	4

7. CONCLUSÕES

Pode-se observar através dos resultados obtidos que independentemente se for utilizado 1000, 3000 ou 5000 suínos, tem-se um bom rendimento mostrado pelo valor presente líquido (VPL). Porém se estes valores forem analisados, percebe-se que para 1000 suínos tem-se um valor de VPL proporcionalmente maior.

Observa-se que além de aproveitar o biogás produzido no biodigestor também pode ser utilizado o biofertilizante que é a sobra dos dejetos que fica no biodigestor. Conforme mostram os resultados, a receita líquida quando usado o biofertilizante é maior que quando não é utilizado. Por consequência o período de recuperação do capital também será menor quando utilizado o biofertilizante do que quando não for utilizado. Isso mostra que a produção de energia elétrica através do uso de biodigestores em propriedades rurais é válido e promissor sendo uma fonte de receita além de ser uma atividade ecologicamente correta, contribuindo para a vida de toda sociedade.

8. REFERÊNCIAS

ANDRADE, M. A. N. Biodigestores rurais no contexto da atual crise de energia elétrica brasileira e na perspectiva da sustentabilidade ambiental. UFSC. Revista Scielo: 2002.

ATLAS DE ENERGIA ELÉTRICA DO BRASIL. 2ª edição. ANEEL. 2005.

ATLAS DE ENERGIA ELÉTRICA DO BRASIL. 3ª edição. 2008.

DENAGUTTI, R. et al. ; Biodigestores rurais: modelo indiano chinês e batelada. Disponível na página da internet: <<http://www.feagri.unicamp.br/energia/agre2002/pdf/0004.pdf>> Acessado em: 07/10/2008.

LAPPONI, J. C. “Projetos de Investimento: Construção e avaliação de Fluxo de Caixa: Modelos em Excel”, Lapponi Treinamento e Editora, São Paulo, 2000.

TURDERA, M. V., YURA, D. Estudo da viabilidade econômica de um biodigestor no município de dourados. UEMS. Evento: Agrener 2006.