

Estudo de viabilidade econômica de plantas de biogás com tecnologia de última geração

Study on the economic viability of hi-tech biogas plants

Mario Augusto Alexandre COELHO [1](#); José de SOUZA [2](#); Lirio SCHAEFFER [3](#); Elton Gimenez ROSSINI [4](#)

Recibido: 25/12/13 • Aprobado: 14/01/14

Contenido

- [1. Introdução](#)
- [2. Referencial teórico](#)
- [3. Método](#)
- [4. Apresentação e discussão dos resultados](#)
- [5. Considerações finais](#)
- [6. Referências bibliográficas](#)

RESUMO:

Os preços praticados no mercado de energia elétrica, de fontes renováveis, não viabilizam plantas de biogás de última geração. Por isso, os modelos de plantas de biogás mais difundidos no Brasil são desprovidos de alta tecnologia. O biogás é uma fonte alternativa de energia que não depende apenas da geração de energia elétrica para a viabilização do investimento. Portanto, é pertinente que se faça uma análise comparativa entre diferentes cenários de mercado, para o biogás, com o objetivo de determinar quais deles poderiam ser estimulados e apoiados por programas governamentais específicos para este setor. Este trabalho analisa a viabilidade econômica de plantas de biogás, modelo europeu, para os mercados de biogás de cozinha, autoconsumo de energia elétrica e mercado livre de energia. Este estudo mostra que plantas de biogás, com tecnologia de última geração, são viáveis também no Brasil. Mas é preciso criar Normas e Legislação pertinente a cada nicho de mercado.

Palavras-chave: Energia renovável, Biogás de cozinha, Mercado livre de energia, Autoconsumo de energia elétrica, Viabilidade econômica.

ABSTRACT:

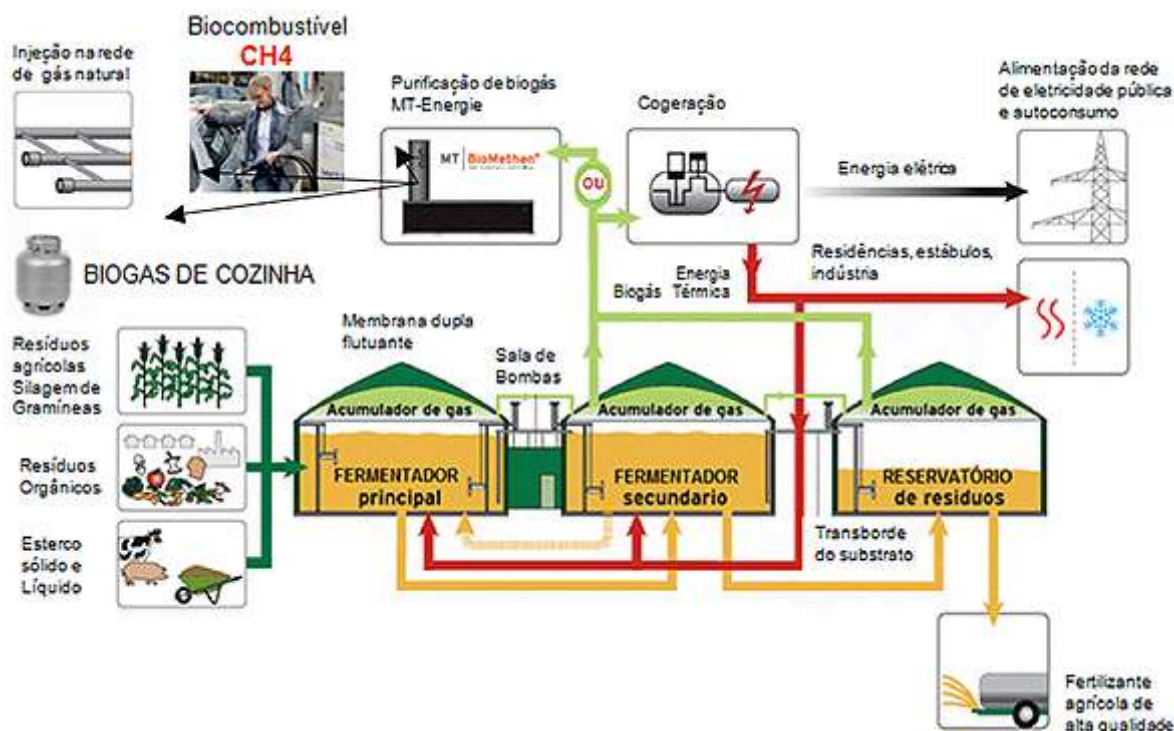
The prices on the electrical energy market, of renewable sources, make the latest technology of biogas plants not feasible. Therefore, models of biogas plants most commonly used in Brazil are devoid of high technology. Biogas is an alternative source of energy that does not depend solely on electric power generation for the viability of the investment. Therefore, it is pertinent that a comparative analysis between different market scenarios, for biogas, must be done in order to determine which of them could be encouraged and supported by Government Programs specific to this sector. This article examines the economic feasibility of biogas plants, European model, for markets of cooking biogas, own consumption of electricity and free energy market. This study shows that biogas plants with the latest technology are also viable in Brazil. However, it is necessary to create standards and legislation relevant to each market niche.

Key-words: Renewable energy, Cooking biogas, Free energy market, Own consumption of electricity, Economic viability.

1. Introdução

Os modelos de plantas de biogás existentes no Brasil, cujo processo de fermentação ocorre de forma anaeróbia, em sua grande maioria são desprovidos de tecnologia de ponta (HORST; DIHL; FRANCISCO, 2011). O foco da produção de biogás tem sido sempre o de amenizar os efeitos poluidores dos dejetos animais, principalmente de suínos (SOUZA, 2010). O modelo canadense que utiliza geomembrana em PVC foi e ainda é muito utilizado para este tipo de projetos. Entre os anos de 2002 e 2003 iniciou-se um processo de implementação destas plantas de biogás. Seu foco principal estava direcionado à venda de créditos de carbono (CERs). No sul e sudeste do Brasil milhares de unidades foram implantadas até 2008, ano da crise internacional (KONZEN, 2006). Hoje se sabe que estes projetos não deram certos e que contribuíram para o descrédito de plantas de biogás como forma de investimento. Para que haja um bom funcionamento do modelo citado anteriormente, o teor de matéria seca nunca deve ultrapassar os 3% (VIVAN et al., 2010). Isto limita a utilização de outros substratos que tenham maior potencial para a produção de biogás.

Figura 1 - Planta de biogás de última geração, modelo europeu, com opções para produção de biogás de cozinha; metano (biocombustível e/ou injeção na rede de gás natural) e CO₂, energia elétrica, energia térmica, geração de frio e produção de biofertilizante



Fonte: MT-Energie GmbH, Zeven, Disponível em www.mt-energie.com

O biogás além da alternativa de produção de energia elétrica pode gerar: energia térmica, biogás para utilização em cozinhas caseiras e industriais, metano, CO₂ e biofertilizante, como mostra a Figura 1. Cada um destes produtos tem seu valor econômico diferenciado. Isto permite ao investidor maior flexibilidade na sua comercialização (SILVA; BASSI; NASCIMENTO, 2011).

O biogás pode ser produzido a partir de silagem de milho e outras plantas energéticas, bem como também a partir de resíduos da produção animal, resíduos orgânicos de supermercados e restaurantes, matéria orgânica de resíduos sólidos urbanos e de agroindústrias de alimento. É a energia de fonte renovável que mais impacta de forma positiva sobre o meio ambiente e a sociedade (SILVA; WEISS; FREITAS; 2011). Além disso, possibilita aos produtores de animais o aumento de sua produção pelo fato de tratar de forma segura 100% dos dejetos gerados nesta atividade. Este aspecto é muito importante para os produtores com pouca área, que não possuem mais espaço para tratar seus resíduos. Por isso, é necessário avaliar melhor o mercado para o biogás no Brasil e na América Latina juntamente com o tipo de tecnologia capaz de tornar o investimento viável não somente no aspecto socioambiental, mas também com relação ao aspecto econômico. Este modelo de planta de biogás, mostrado na Figura 1, permite uma produção constante de gás durante o ano inteiro. Isto faz com que o motor (CHP) utilizado para geração de energia elétrica e térmica possa ser utilizado em sua plena capacidade de produção (SOUZA; SCHAEFFER, 2013). Somente desta forma a compra do CHP se torna viável economicamente. Esta segurança na produção de biogás propicia ao empreendedor honrar os contratos de venda assumidos com seus clientes.

O mercado de Gás Liquefeito de Petróleo (GLP) no Brasil é muito bem difundido. Possui uma rede de vendas e distribuição em todo o País. A Tabela 1 mostra uma estabilidade na produção nacional de GLP, enquanto que as importações têm mostrado uma tendência de aumento. O biogás pode ser utilizado com a mesma finalidade do gás de cozinha GLP e assim diminuir a dependência das importações deste produto.

Tabela 1 - Produção (P), Importação (M) e Exportação (X) de GLP (em milhares de m³)

		2007	2008	2009	2010	2011	2012*
GLP	P	8518,9	8312,5	7856,8	7653,7	7912,5	6943,0

	M	1794,6	2188,8	2556,7	3122,6	3389,7	2187,0
	X	23,2	7,5	20,1	7,5	43,2	31,2

Fonte – (ANP, 2013) * até outubro 2012

O biogás para ser utilizado como fonte combustível para a produção de energia elétrica deve ser livre de enxofre e umidade, para que a vida útil do motor gerador de eletricidade e energia térmica (CHP) seja maior (SOUZA; SCHAEFFER, 2010). A energia gerada pode ser vendida no mercado livre, para consumidores com demanda igual ou superior a 500 kW de potência ou ser utilizada para autoconsumo de energia. No autoconsumo a empresa poderá consumir até 1 MW de potência da energia gerada por ela própria. Se esta empresa tiver filiais cada uma delas poderá consumir, da mesma forma, até no máximo 1MW.

2 Metodologia

Os dados utilizados neste trabalho para o cálculo de viabilidade das plantas de biogás levam em consideração a tecnologia que está representada na Figura 1, com dois tanques de fermentação e um reservatório para o biofertilizante. O número de tanques varia conforme o volume de substrato demandado pelo projeto para a produção de biogás. As plantas de biogás analisadas foram de: 250 m³/h, 500 m³/h, 700 m³/h, 1000 m³/h, 1400 m³/h e 2000 m³/h. O substrato utilizado na simulação para obtenção do resultado econômico de cada uma delas foi silagem de milho. Os custos analisados, para o cálculo de viabilidade econômica destas plantas de biogás, foram: construção dos tanques de concreto; tecnologia de alimentação da planta; tubulações, agitadores e tecnologia de bombeamento; sistema de controle da planta de biogás; custos adicionais da construção (construção da área de silagem, terraplanagem, conexões elétricas, licenciamento entre outros); queimador e container de transporte de gás; seguro; motor CHP; manutenção do CHP; suporte biológico; nutrientes minerais; custo hora de três funcionários; custo de operação para alimentação do substrato; custo de autoconsumo de energia do sistema; juros do financiamento (Programa BNDES de Sustentação do Investimento 2013); financiamento de 10 anos; manutenção da planta de biogás; custo do substrato (conforme planilha de custo do Banco do Brasil para a produção de 1 ha de milho para silagem – produtividade 46 t/ha); custo do separador do biofertilizante, taxas e administração. Como alternativas de comercialização foram analisados os mercados de biogás de cozinha, autoconsumo de energia e mercado livre de energia. Os preços utilizados para cada tipo de mercado estão representados na Tabela 2.

Tabela 2 - Preço dos produtos conforme o tipo de mercado

Mercado	Produto	Preço de venda	ICMS
Biogás de Cozinha	Biogás	R\$ 0,91/m ³	12%
	Biogás	R\$ 1,03/m ³	12%
Autoconsumo de energia	Energia elétrica	R\$ 252,00/MWh	12%
	Energia elétrica	R\$ 252,00/MWh	12%
Mercado livre de energia	Energia elétrica	R\$ 252,00/MWh	12%

Fonte – Dos autores

Para o autoconsumo de energia o preço médio da energia elétrica, considerado para o cálculo da diferença de tarifa entre o mercado livre e o mercado convencional de energia, pago pelas empresas, que ainda não participam ou não podem participar do mercado livre devido ao fato de possuírem um consumo de energia inferior a 500 kWh, foi de R\$ 500,00 / MWh.

Para a planta de biogás projetada para o autoconsumo de energia considerou-se dois negócios para melhor avaliar o ROI de cada estrutura montada para tal finalidade. O ROI obtido pela planta de biogás e o ROI alcançado pelo investimento no motor CHP. Pois no autoconsumo é possível às empresas investirem apenas no CHP e comprarem o biogás para a geração da energia elétrica a ser consumida.

O Retorno Sobre o Investimento (ROI) foi calculado através da fórmula: Lucro Líquido após o Imposto de Renda ÷ Investimento Fixo, do primeiro ao décimo ano.

Uma planta de biogás, como a considerada neste trabalho, tem uma vida útil de pelo menos 20 anos.

3 Resultados e Discussão

Para a produção de 250 m³/h de biogás em uma planta de biogás, conforme modelo apresentado na Figura 1, são necessários 200 ha de plantação de milho para silagem. O Gráfico 1 apresenta os Retornos Sobre o Investimento para as plantas de produção de biogás de cozinha, autoconsumo e venda de energia elétrica no mercado livre. Neste caso a venda de energia elétrica no mercado livre é inviável economicamente e a planta destinada a venda de biogás de cozinha não é atrativa para investidores. Mas é possível perceber que para o produtor rural já começa a ficar interessante do ponto de vista do retorno econômico por hectare de área plantada com milho. No segundo ano o lucro líquido auferido é de R\$1.203,39/ha e no oitavo ano de R\$1.472,68. No autoconsumo o ROI da planta de biogás, no segundo e oitavo ano, se aproxima do rendimento obtido na poupança. Mas se a conta de energia elétrica da empresa que pretenda investir no autoconsumo, com este modelo de planta de biogás, for em média de R\$500,00 / MWh o investimento não será mais rentável do que se ela fosse comprar a energia elétrica no mercado livre. Comprando a energia diretamente do mercado livre o ganho seria maior do que o lucro realizado com a planta de biogás e o CHP.

Gráfico 1 - Comparação entre os Retornos Sobre o Investimento (ROI) de uma planta que produz 250 m³ / h de biogás

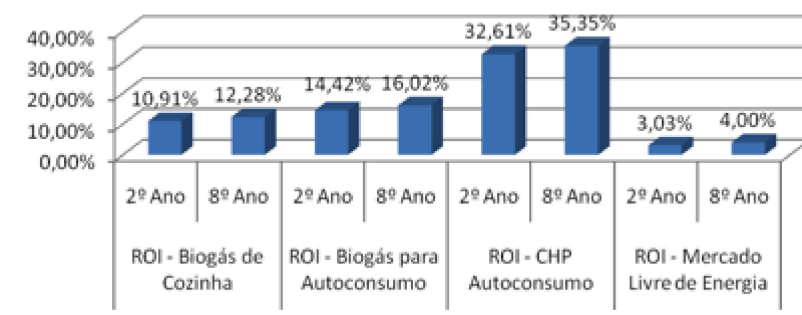
Produção de Biogás: 250 m³ / h

Fonte – Dos autores

No Gráfico 2 o cenário passa a ser melhor que o anterior. Todas as três opções de mercado têm ROI positivo. A planta que produz biogás de cozinha apresenta um ROI de 10,91% e 12,28%, no segundo e oitavo ano, respectivamente. Para a produção dos 500 m³/h de biogás são necessários produzir o milho para silagem em 400 ha. Para o agricultor investir em uma planta destas, para competir no mercado de gás de cozinha, significaria obter um lucro líquido equivalente a R\$2.611,00/ha no segundo ano e R\$2.939,56 no oitavo ano. Após o completo pagamento da planta o lucro líquido passa a ser de R\$4.917,00/ha no décimo segundo ano. No autoconsumo esta planta de biogás passa a ser interessante para agroindústrias que possuem geração de resíduos orgânicos e não podem comprar energia elétrica no mercado livre. Estes resíduos podem ser utilizados para a geração do biogás a ser utilizado no motor CHP. Neste caso se fosse possível substituir toda a silagem de milho, necessária para a produção dos 500 m³ de biogás, pelos resíduos da agroindústria o negócio seria melhor do que comprar a energia elétrica diretamente no mercado livre. Pois além de ter uma redução, mesmo que pequena, na conta de energia elétrica a agroindústria estaria tratando todo o seu resíduo de uma forma inteiramente sustentável. No mercado livre o ROI para a planta com produção de 500 m³/h é baixo, 3,03 % no segundo ano e 4,0 % no oitavo ano. Até mesmo o agricultor se optasse por plantar milho para grãos teria melhor oportunidade de negócio do que plantando milho silagem para produção de energia elétrica.

Gráfico 2 – Comparação entre os Retornos Sobre o Investimento (ROI) de uma Planta que produz 500 m³ / h de biogás

Produção de Biogás: 500 m³ / h

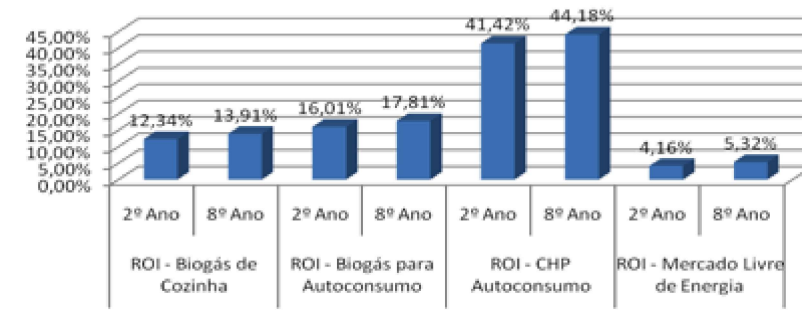


Fonte – Dos autores

O Gráfico 3 mostra que existe um efeito de escala sobre os resultados econômicos obtidos com as plantas de biogás. Com o aumento da capacidade instalada para a produção de biogás aumenta também o percentual de retorno econômico sobre o investimento. Para a produção de 700 m³/h de biogás são necessários 600 ha plantados de milho para silagem. A planta cuja finalidade é a venda de biogás de cozinha apresenta um ROI de 12,34% com Lucro Líquido de R\$1.662.051,59 no segundo ano e ROI de 13,91% com Lucro Líquido de R\$1.875.955,99 no oitavo ano. Para o agricultor o Lucro Líquido por hectare seria de R\$2.770,09 no segundo ano e de R\$3.126,59 no oitavo ano. No décimo segundo ano, após o pagamento total do financiamento o Lucro Líquido por hectare seria de R\$5.787,69. No caso de autoconsumo de energia elétrica a oportunidade seria para empresas que geram resíduos orgânicos em suas atividades industriais ou de comércio. É preciso sempre avaliar o custo do substrato.

Gráfico 3 – Comparação entre os Retornos Sobre o Investimento (ROI) de uma Planta que produz 700 m³ / h de biogás

Produção de Biogás: 700 m³ / h

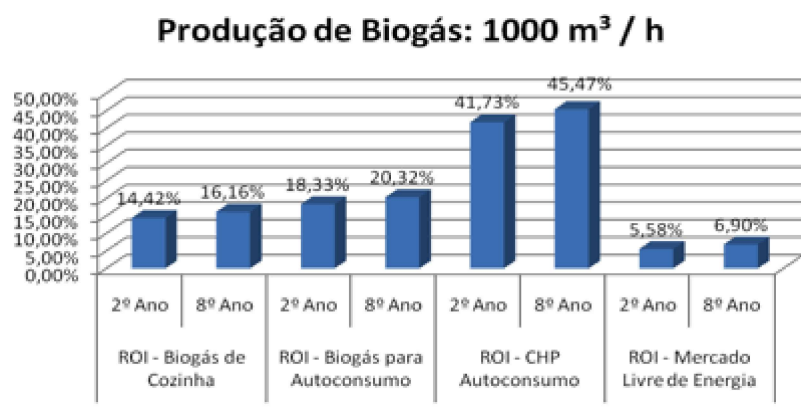


Fonte – Dos autores

Para empresas que não podem comprar energia elétrica no mercado livre, por possuírem um consumo de energia inferior a 500 kW, esta seria uma alternativa para reduzir o custo da conta de luz. No mercado livre o ROI da planta de 700 m³/h é de 4,16% (2º ano) e 5,32% (8º ano).

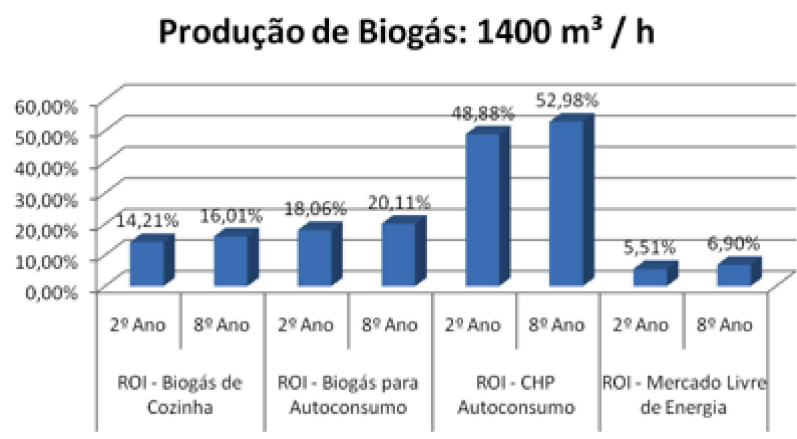
Os Gráficos 4 e 5 apresentam resultados econômicos semelhantes. Os valores do ROI para o negócio de biogás de cozinha podem ser considerados muito bons, em torno de 14% (2º ano) e 16% (8º ano). O autoconsumo deve ser analisado da mesma forma como nos casos dos modelos anteriores. No mercado livre os modelos de 1000 m³/h e 1400 m³/h apresentam ROIs semelhantes de 5,5% (2º ano) e 6,9% (8º ano). Com estes modelos de plantas de biogás, no caso caso de o agricultor possuir a habilidade de negociar os volumes de biogás de cozinha e de energia elétrica em seus respectivos mercados, o Lucro Líquido por hectare seria: no caso do biogás de cozinha, R\$3.011,00 no segundo ano e R\$3.375,00 no oitavo ano e; para o caso da venda da energia elétrica no mercado livre seria o equivalente ao agricultor vender toda a safra de milho em grãos, com produtividade de 6.000 Kg/ha à R\$24,50/sc 60 Kg. A planta de 1000 m³/h necessita 800 ha de milho para silagem e a planta de 1400 m³/h, 1200 ha.

Gráfico 4 – Comparação entre os Retornos Sobre o Investimento (ROI) de uma Planta que produz 1000 m³ / h de biogás



Fonte – Dos autores

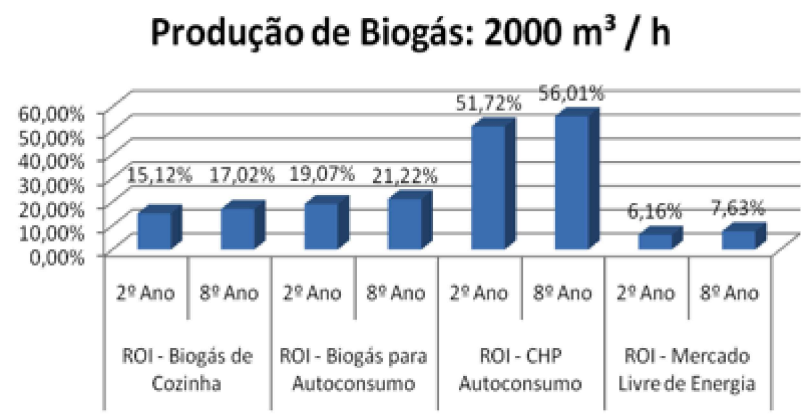
Gráfico 5 – Comparação entre os Retornos Sobre o Investimento (ROI) de uma Planta que produz 1400 m³ / h de biogás



Fonte – Dos autores

O Gráfico 6 apresenta os melhores Retornos Sobre o Investimento para os três tipos de mercado. O ROI da planta de biogás para o mercado de biogás de cozinha é de 15,12% (2º ano) com Lucro Líquido de R\$5.179.404,54 e 17,02% (8º ano) com Lucro Líquido de R\$5.829.885,36. No mercado livre o ROI é de 6,16% (2º ano) e 7,63% (8º ano). Para que a produção de biogás atinja os 2.000 m³/h são necessários 1.700 ha de milho para silagem. Aqui, a venda de energia elétrica no mercado livre proporciona ao agricultor um retorno igual ao se ele tivesse produzido 6.000 Kg de milho (grão) por hectare e os tivesse vendido ao preço de R\$25,34/saco de 60 Kg.

Gráfico 6 - Comparação entre os Retornos Sobre o Investimento (ROI) de uma Planta que produz 2000 m³ / h de biogás



A vantagem para o agricultor em poder plantar milho silagem para produção de biogás de cozinha ou energia elétrica, para a venda no mercado livre, é a de poder aumentar seu lucro por hectare e/ou obter maior segurança na comercialização de seus produtos. Ele sai de um monopólio que é o mercado de grãos para adentrar em outro tipo de mercado que é o da energia renovável, onde existem vários compradores. A energia elétrica produzida pode ser vendida em todo o território nacional. O agricultor pode ainda optar por produzir milho a mais, para estocar na forma de silagem, precavendo-se, desta forma, contra possíveis adversidades climáticas que possam estar previstas para a próxima safra. Com a silagem ele está estocando energia. Pelo fato de a planta de biogás ser automática e poder ser operada facilmente possibilita a formação de cooperativas de produtores para o investimento em plantas maiores e mais rentáveis economicamente. O fato deste modelo de planta de biogás proporcionar a utilização de diferentes tipos de substratos com percentual de matéria seca mais elevada torna o empreendimento mais flexível. Existe a possibilidade de aumentar o número de tanques conforme for a oferta de resíduos orgânicos. Além da energia elétrica e/ou biogás de cozinha o produtor rural terá como resultado da fermentação anaeróbia da silagem de milho nos tanques, o fertilizante orgânico ao final do processo.

No caso de autoconsumo de energia, mais apropriado para agroindústrias ou empresas geradoras de grande quantidade de resíduos orgânicos, a geração de energia elétrica possibilita ao mesmo tempo redução da conta de luz e tratamento dos resíduos orgânicos de forma sustentável.

Boa parte dos materiais para a construção da planta de biogás pode ser adquirida no mercado nacional. Mas quase 50% dos custos ainda são referentes à importação de máquinas e equipamentos. A nacionalização de 100% das plantas de biogás certamente ocorrerá, a exemplo do que aconteceu com o setor de energia eólica. Mas é preciso iniciar mesmo assim, com a importação de parte destas máquinas e equipamentos. O imposto sobre o valor da importação destes chega a 70%. Com a nacionalização a redução dos custos do investimento pode atingir até 35%.

O custo do kWh de energia elétrica produzido varia conforme o tamanho da planta de biogás. Dependendo dos custos que se tenha com a importação dos equipamentos e/ou maior ou menor possibilidade de conseguir parte dos motores, máquinas e equipamentos no mercado nacional o custo do kWh de energia elétrica pode variar conforme a Tabela 3.

Tabela 3 – Possível variação do custo médio do MW gerado pelas plantas de biogás, conforme for a capacidade instalada e os custos do investimento e de operação

m³/h	RS / MW produzido	RS / MW produzido
	Durante os 10 anos de financiamento	Após o pagamento do financiamento – do 10º ao 20º ano
250	R\$ 339,00 à R\$ 368,00	R\$ 199,00 à R\$ 213,00
500	R\$ 249,00 à R\$ 269,00	R\$ 153,00 à R\$ 163,00
700	R\$ 235,54 à R\$ 253,96	R\$ 142,00 à R\$ 151,00
1000	R\$ 221,88 à R\$ 238,95	R\$ 134,00 à R\$ 141,00
1400	R\$ 221,40 à R\$ 238,39	R\$ 131,63 à R\$ 139,08
2000	R\$ 215,64 à R\$ 232,09	R\$ 128,00 à R\$ 135,10

Fonte – Dos autores

O biogás pode ser armazenado no telhado de dupla membrana por até 20 horas. Desta forma pode ser utilizado no CHP em horários de maior necessidade da rede de energia elétrica. As plantas de biogás poderão regular o fornecimento de energia elétrica nas horas de instabilidade da rede. No Brasil, pelas extensões de terras que temos, seria possível projetar plantas de até 20 MW de potência. Outro detalhe que é preciso ressaltar é que em nosso país possuímos regiões capazes de produzir duas safras de milho por ano.

4 Conclusão

O objetivo deste trabalho foi mostrar que é possível investir em plantas de biogás de última geração, modelo europeu, com Retorno Sobre o Investimento bastante atrativo até para investidores. Utilizando a silagem de milho como substrato, nas simulações das diferentes plantas de biogás, constatou-se que os ROIs assumem valores mais interessantes conforme a capacidade instalada aumenta. A silagem de milho possui a vantagem de poder ser armazenada por mais de um ano. Desta forma é possível ter uma reserva de substrato (energia) caso haja alguma frustração de safra em algum período de tempo. O biogás é um produto que pode gerar renda de formas variadas ao investidor e/ou agricultor. O biogás de Cozinha é uma alternativa bastante interessante por proporcionar um ROI acima de 10% a partir de plantas com capacidade de produzir 500 m³/h de biogás. Na planta de 2.000 m³/h o ROI varia de 15% a 17% do segundo ao oitavo ano. A produção de energia elétrica para o autoconsumo é uma alternativa muito interessante para agroindústrias e empresas geradoras de resíduos orgânicos que não podem comprar energia elétrica no Mercado Livre. Além da economia na conta de luz a planta de biogás trata os resíduos orgânicos gerados por estas empresas. A energia elétrica produzida pelas plantas de biogás, quando vendida pelo preço de R\$252,00/MW no mercado livre de energia, proporciona aos agricultores maior segurança neste tipo de comercialização do que plantar milho para venda de grãos. A agricultura apresenta um mercado muito instável com relação aos preços, principalmente para aqueles agricultores que não possuem infraestrutura para armazenagem de grãos. Por isso este negócio alternativo pode trazer uma nova realidade de geração de renda para o campo. As plantas de 1000 m³/h, 1400 m³/h e 2000 m³/h apresentam-se como uma opção muito interessante para os agricultores.

Mas para que isso aconteça de fato é preciso a regulamentação do mercado para produtos como o biogás de cozinha, que pode substituir o gás de cozinha GLP, como o metano que pode ser comercializado como biocombustível, bem como para o CO₂ que também é um produto originário do biogás.

5 Referências

- ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Evolução do Mercado de Combustíveis e Derivados, 2000-2012; Estudo Temático 01/2013/SPD. Superintendência de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico. Fevereiro de 2013.
- Horst, D. J; Dihl, W; Francisco, A. C. *Technological forecasting: renewable energies generation in Brazil*. Revista Espacios, Caracas, Vol. 34 nº 5. Pág. 10, 2011.
- Konzen, E. A.; **Biodigestores para tratamento de dejetos suínos**. Reunião técnica sobre biodigestores para tratamento de dejetos de suínos e uso de biogás. EMBRAPA – Concórdia SC, 2006.
- MT-Energie GmbH, Zeven – Alemanha 2013. Biogasanlagen und Stromvermarktung. Acesso em 02/01/2014. Disponível em <http://www.mt-energie.com>
- Vivan, M; Kunz, A; Stolberg, J; Perdomo, C; Techio, V. H; **Eficiência da interação biodigestor e lagoas de estabilização na remoção de poluentes em dejetos de suínos**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental vol.14 nº3 Campina Grande, 2010.
- Silva, G. T. F; Weiss, M. A; Freitas, A. **Energias renováveis e potenciais efeitos para o desenvolvimento regional no Brasil**. Revista Cadernos de Economia, Vol. 15, nº 28. 2011.
- Silva, C. L; Bassi, N. S. S; Nascimento, D. E. **A implementação de políticas públicas pelas instituições públicas de pesquisa: um estudo sobre pesquisas e tecnologias da EMBRAPA suínos e aves para mitigação do impacto ambiental da suinocultura no oeste catarinense**. Revista Espacios, Caracas, Vol. 32 nº 4. Pág. 10, 2011.
- Souza, J. **Desenvolvimento de tecnologias para compressão de biogás** – Dissertação para obtenção do título de Mestre em Engenharia – Escola de Engenharia – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais – PPGE3M - Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Porto Alegre – 2010.

Souza, J; Schaeffer, L. **Estudo para fabricação de cilindros especiais para biometano**. Revista Liberato, Educação, Ciência e Tecnologia – v. 11, n. 15, pg 33-38, jan./jun 2010.

Souza, J; Schaeffer, L; Sistema de compresión de biogas y biometano. Información Tecnológica. Vol. 24 nº. 6 La Serena – Chile, 2013.

1 Laboratório de Transformação Mecânica – LdTM – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – RS – Brasil mariocoelho@ecoterra-bio.com.br

2 Instituto SENAI de Inovação – Soluções Integradas em Metalmeccânica – Rio Grande do Sul – RS – Brasil

souza.jose@senairs.org.br

3 Laboratório de Transformação Mecânica – LdTM – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – RS – Brasil schaeffer@ufrgs.br

4 Engenharia em Energia - Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – RS – Brasil eee2007r@gmail.com

Vol. 35 (Nº 3) Año 2014

[\[Índice\]](#)

[En caso de encontrar algún error en este website favor enviar email a [webmaster](#)]