

## INSTALAÇÃO DE BIODIGESTORES EM PEQUENAS PROPRIEDADES RURAIS: ANÁLISE DE VANTAGENS SOCIOAMBIENTAIS.

GUILHERME DE LUCA BONTURI\* & MICHEL VAN DIJK \*

Curso de Graduação – Faculdade de Engenharia Mecânica/UNICAMP

\* E-mail dos autores correspondentes: [g093819@dac.unicamp.br](mailto:g093819@dac.unicamp.br) e [m100954@unicamp.br](mailto:m100954@unicamp.br)

**RESUMO:** O objetivo foi fazer um estudo sobre a viabilidade ambiental da construção de biodigestores em pequenas propriedades rurais, para isso se comparou os diversos tipos de modelos de biodigestores que existem, mostrando suas principais vantagens e desvantagens. Seu modo de operação, seus produtos e subprodutos. Também se fez a estimativa de produção de biogás produzido na propriedade, utilizando como base um biodigestor construído num assentamento rural que utilizava principal insumo produtos descartado pela própria propriedade. Após isso se fez uma estimativa do tempo para o retorno do capital investido na construção do biodigestor.

**Palavras-Chave:** Biodigestor, biogás, energia

**ABSTRACT:** The goal was to do a study on the environmental feasibility of building biodigestores on small farms, it was compared to the various types of digesters that there are models, showing their main advantages and disadvantages - their mode of operation, their products and byproducts. It also made the estimate of biogas produced in the property, using as a base digester built in rural settlements to the main input used products discarded by the property itself. After it became a time estimate for return on capital invested in the construction of the digester.

**Keywords:** Biodigesters, biogas, energy

### CONTEXTUALIZAÇÃO

Segundo dados do Balanço Energético Nacional referente ao ano de 2004, as principais fontes de energia para o consumo no segmento agropecuário foram óleo diesel (58%), lenha (26%), energia elétrica (15%) e outros (1%) (BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL, 2005). No triênio 2002-2004, dados oficiais disponíveis mostraram elevação dos preços pagos pela energia, pois os preços do óleo diesel apresentaram aumento de 41%, da lenha aumento de 52% e da energia elétrica aumento de 36%, em média, nesse período.

Os impactos da elevação do custo de energia fazem-se sentir com maior intensidade no setor rural de mais baixa renda, em geral, menos capitalizado e com menores condições de

arcar com essa elevação de custos, tanto no que diz respeito ao consumo doméstico quanto para as atividades de produção. Nesse sentido, o desenvolvimento de alternativas tecnológicas com vistas à geração de energia a custos reduzidos para esse segmento podem gerar impactos socioeconômicos positivos. Uma das alternativas tecnológicas mais promissoras diz respeito ao aproveitamento da biomassa para geração de energia, que propicia uso mais racional dos recursos disponíveis na exploração agrícola, reduz a transferência de renda para outros agentes e diminui a dependência de fontes externas de energia.

Existem hoje diversas alternativas tecnológicas de aproveitamento da biomassa para geração de energia, tecnicamente viáveis

para a agricultura familiar. Uma das alternativas que vem despertando grande interesse é a tecnologia de biodigestão anaeróbia de resíduos dos animais, e particularmente de resíduos gerados com a criação animal, pela implantação de biodigestores.

Conforme apontado pela literatura, a tecnologia de biodigestão anaeróbia de dejetos animais, principalmente de suínos, apresenta diversas vantagens. Uma delas é a produção de biogás e biofertilizantes, produtos de elevado valor agregado, redução da poluição dos recursos hídricos, facilidade de implantação e operação, e redução da pressão sobre as matas pelo consumo de lenha (GASPAR, 2003).

Como o biodigestor, além de produzir gás, limpa os resíduos não aproveitáveis de uma propriedade agrícola e gera biofertilizante, é considerado por alguns como um poço de petróleo, uma fábrica de fertilizantes e uma usina de saneamento, unidos em um mesmo equipamento. Ele trabalha com qualquer tipo de material que se decompõe biologicamente sob ação das bactérias anaeróbias. Praticamente todo resto de animal ou vegetal é biomassa capaz de fornecer biogás através do biodigestor. Os resíduos animais são o melhor alimento para os biodigestores, pelo fato de já saírem dos seus intestinos carregados de bactérias anaeróbicas.

Ocorre que grande parte dos resíduos de animais é simplesmente jogada fora, 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 processo de produção do biogás depende da temperatura e do pH do substrato, da concentração de nutrientes e de sólidos da solução, segundo MIRKO et al. (, 2006) a produção do gás tem sua ótima velocidade com pHs entre 7 e 8, e temperatura ao redor de 35°. Em pHs menores que 7, a geração do gás é paralisada, e em temperaturas abaixo de 15° a produção é muito pequena. A concentração de sólidos indicada é a de 7 a 9 partes de sólidos em 100 partes de líquidos (para fezes bovinas, isso equivaleria a 4 partes de fezes bovinas misturadas a 5 partes de água). A velocidade da atividade microbiana também é retardada caso a concentração de nutrientes (nitrogênio, fósforo, potássio, fatores de crescimento, micronutrientes) seja insuficiente. Pode-se adicionar ureia (presente na urina animal) ou fertilizantes químicos para suprir essa deficiência (MIRKO et al., 2006). Além disso, as dimensões dos biodigestores devem levar em conta, também, a produção de resíduos que se tem disponível na propriedade para abastecê-los.

Nessa pesquisa foi feito um levantamento da produção de biogás através da decomposição bacteriana, seus principais produtos e

subprodutos e suas possíveis utilizações pelo pequeno produtor. Foi feito também um levantamento dos principais biodigestores que existem no mercado, mostrando suas principais vantagens e desvantagens.

## DISCUSSÃO

A decomposição bacteriana de matéria orgânica sob condições anaeróbias é feita em 3 fases: hidrólise enzimática; fase ácida; fase metagênica. Na fase de Hidrólise Enzimática as bactérias liberam no meio as enzimas extracelulares que irão promover a hidrólise de partículas (quebra de partículas no meio aquoso), transformando moléculas grandes em menores e mais solúveis. Na fase Ácida as bactérias produtoras de ácidos transformam moléculas de proteínas, gorduras e carboidratos em ácidos (ácido láctico e ácido butílico), etanol, hidrogênio, amônia e dióxido de carbono, entre outros. E na fase Metagênica as bactérias metanogênicas atuam sobre o hidrogênio e o dióxido de carbono transformando-os em CH<sub>4</sub> (metano). Esta fase limita a velocidade da cadeia de reações devida principalmente á formação de microbolhas de CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub> em torno da bactéria metanogênica isolando-a do contato direto com a mistura.

O Biogás consta basicamente de: gás Metano (CH<sub>4</sub>) em torno de 50 a 70%; gás carbônico (CO<sub>2</sub>) em torno de 35 a 40%; hidrogênio (H<sub>2</sub>) em torno de 1 a 3%; oxigênio (O<sub>2</sub>) em torno de 0.1 a 1%; gases diversos em torno de 1,5 a 8% (THOMAS & DELVAL,

1987). Sendo o gás carbônico incombustível, com sua eliminação através da dissolução em água, é possível a obtenção de um Biogás com cerca de 95% de metano de poder calorífico de cerca de 8500 Kcal/m<sup>3</sup>.

O Biogás, contudo só se torna combustível eficiente quando o teor de metano for superior ao de CO<sub>2</sub>. É uma fonte de energia de múltipla utilização: em aquecedor de água, geladeiras, fogão, calefação, iluminação, veículos de grande e pequeno porte, grupos geradores, embarcações, etc.

Sua eficiência é economicamente viável. Como exemplo prático um veículo de 70HP roda 15 Km com 1m<sup>3</sup> de Biogás, e uma família de cinco pessoas fazendo três refeições por dia consome apenas 1m<sup>3</sup> de Biogás.

A produção do metano, a partir da biomassa, começa a se processar depois de 20 dias, vai aumentando até chegar ao máximo na terceira semana quando começa a decrescer lentamente durante o período de fermentação de cerca de 90 dias. Para não ocupar o Biodigestor nas fases de produção mínima, na prática costuma-se dimensioná-lo para um período de produção de 5 a 6 semanas.

Em experiências realizadas na França e na Alemanha, verificou-se que a produção diária para 1m<sup>3</sup> de câmara de fermentação é de cerca de 0.6m<sup>3</sup> de gás. Para melhor produção de Biogás, o material utilizado deve apresentar certa relação Carbono/Nitrogênio (C/N) em torno de 30, ou seja, 30 vezes mais carbono do que nitrogênio. (SEIXAS et al.,1980)

Havendo excesso de carbono, o que ocorre quando se usa muito material celulósico, principalmente serragem, o Biogás tende a possuir elevado teor de  $\text{CO}_2$  e pouco metano. O mesmo ocorre se a matéria-prima é muito rica em nitrogenados (urina, sangue, etc.).

Além da produção de Biogás para a utilização de seu alto poder energético, os resíduos da biodigestão apresentam alta qualidade para o uso como fertilizante agrícola, pois há o aumento no teor de nitrogênio e demais nutrientes em consequência da perda de carbono para o biogás, o que melhora as condições do material para fins agrícolas, maior facilidade de imobilização do biofertilizante pelos microorganismos do solo, devido ao material já se encontrar em grau avançado de decomposição, o que aumenta a sua eficiência e solubilização parcial de alguns nutrientes, diminuindo o custo do pequeno produtor com fertilizantes químicos.

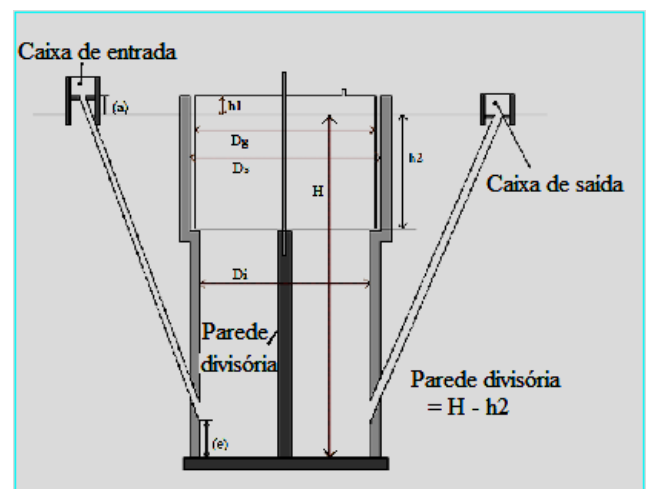
### BIODIGESTOR MODELO INDIANO

Este modelo de biodigestor caracteriza-se por possuir uma campânula como gasômetro, a qual pode estar mergulhada sobre a biomassa em fermentação, ou em um selo d'água externo, e uma parede central que divide o tanque de fermentação em duas câmaras. A função da parede divisória faz com que o material circule por todo o interior da câmara de fermentação.

O modelo indiano possui pressão de operação constante, ou seja, à medida que o volume de gás produzido não é consumido de imediato, o gasômetro tende a deslocar-se

verticalmente, aumentando o volume deste, portanto, mantendo a pressão no interior deste constante.

O fato de o gasômetro estar disposto ou sobre o substrato ou sobre o selo d'água reduz as perdas durante o processo de produção do gás. O resíduo a ser utilizado para alimentar o biodigestor indiano, deverá apresentar uma concentração de sólidos totais (ST) não superior a 8%, para facilitar a circulação do resíduo pelo interior da câmara de fermentação e evitar entupimentos dos canos de entrada e saída do material. O abastecimento também deverá ser contínuo, ou seja, geralmente é alimentado por dejetos bovinos e/ou suínos, que apresentam certa regularidade no fornecimento de dejetos.



**Figura 1.** Biodigestor modelo indiano adaptado de LUCAS JÚNIOR (1987). (Fonte: DEGANUTTI, 2002). Onde:  $H$  - altura do nível do substrato;  $D_i$  - diâmetro interno do biodigestor;  $D_g$  - diâmetro do gasômetro;  $D_s$  - diâmetro interno da parede superior;  $h_1$  - altura ociosa (reservatório do biogás);  $h_2$  - altura útil do gasômetro.  $a$  - altura da caixa de entrada e  $e$  - altura de entrada do cano com o afluente.

Do ponto de vista construtivo, apresenta-se de fácil construção, contudo o gasômetro de

metal pode encarecer o custo final, e também à distância da propriedade pode dificultar e encarecer o transporte inviabilizando a implantação deste modelo de biodigestor. A Figura 1 mostra a vista frontal em corte do biodigestor, realçando os elementos fundamentais para sua construção.

### BIODIGESTOR MODELO CHINÊS

Formado por uma câmara cilíndrica em alvenaria (tijolo) para a fermentação, com teto abobado, impermeável, destinado ao armazenamento do biogás. Este biodigestor funciona com base no princípio de prensa hidráulica, de modo que aumentos de pressão em seu interior resultantes do acúmulo de biogás resultarão em deslocamentos do efluente da câmara de fermentação para a caixa de saída, e em sentido contrário quando ocorre descompressão.

O modelo Chinês é constituído quase que totalmente em alvenaria, dispensando o uso de gasômetro em chapa de aço, reduzindo os custos, contudo podem ocorrer problemas com vazamento do biogás caso a estrutura não seja bem vedada e impermeabilizada.

Neste tipo de biodigestor uma parcela do gás formado na caixa de saída é liberada para a atmosfera, reduzindo parcialmente a pressão interna do gás, por este motivo as construções de biodigestor tipo chinês não são utilizadas para instalações de grande porte. Semelhante ao modelo indiano, o substrato deverá ser fornecido continuamente, com a concentração de sólidos

totais em torno de 8%, para evitar entupimentos do sistema de entrada e facilitar a circulação do material.

Em termos comparativos, os modelos Chinês e Indiano, apresentam desempenho semelhante, apesar de o modelo Indiano ter apresentado em determinados experimentos, ter sido ligeiramente mais eficiente quanto a produção de biogás e redução de sólidos no substrato, conforme podemos visualizar na tabela a seguir.

*Tabela 2. Resultados preliminares do desempenho de biodigestores modelos Indiano e Chinês, com capacidade de 5,5m<sup>3</sup> de biomassa, operados com esterco bovino (LUCAS JÚNIOR, 1987).*

Biodigestor	Chinês	Indiano
Redução de sólidos (%)	37	38
Produção Média (m <sup>3</sup> / dia)	2,7	3
Produção média de substrato (kg / m <sup>3</sup> )	489	538

### BIODIGESTOR MODELO BATELADA

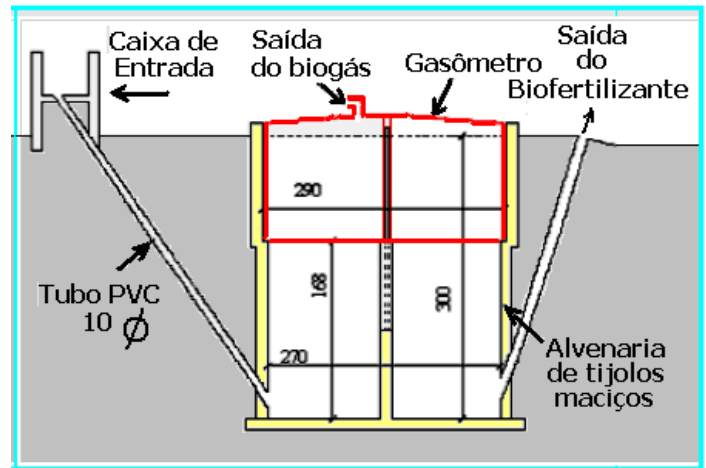
Trata-se de um sistema bastante simples e de pequena exigência operacional. Sua instalação poderá ser apenas um tanque anaeróbico, ou vários tanques em série. Esse tipo de biodigestor é abastecido de uma única vez, portanto não é um biodigestor contínuo, mantendo-se em fermentação por um período conveniente, sendo o material descarregado posteriormente após o término do período efetivo de produção de biogás.

Enquanto, os modelos chinês e indiano são indicados para propriedades em que a disponibilidade de biomassa ocorre em períodos



curtos, como exemplo aquelas que recolhem o gado duas vezes ao dia para ordenha, permitindo coleta diária de biomassa, que deve ser encaminhada ao biodigestor, o modelo em batelada adapta-se melhor quando essa disponibilidade ocorre em períodos mais longos, como ocorre em granjas avícolas de corte, cuja biomassa fica a disposição após a venda dos animais e limpeza do galpão.

Após discussão sobre os principais tipos de biodigestores, foi feito um levantamento sobre o orçamento para construção de um pequeno biodigestor, o modelo que se utilizou como base para estudo foi o construído num assentamento rural no município de Itaberá, SP, por se enquadrar ao perfil da análise, nele foi utilizado esterco de suínos com 20% de sólidos totais. Para atingir a mistura de 8% de sólidos, foram utilizados 123 kg de esterco suíno, aproximadamente 60 animais, e 184 litros de água, totalizando mistura de 307 l, com Tempo de Retenção Hidráulica (TRH) de 50 dias, capacidade de produção de 0,35 m<sup>3</sup> de biogás por kg de esterco, atingindo-se produção de 43 m<sup>3</sup> de biogás por dia. Abaixo a uma figura com as dimensões do biodigestor, modelo indiano, bem com a tabela de custos para sua construção.



**Figura 3.** Figura esquemática do biodigestor construído em alvenaria no assentamento de Itaberá (Fonte: ESPERANCINI et al., 2007).

**Tabela 4.** Custo para se construir o biodigestor modelo indiano no assentamento de Itaberá no ano de 2005 (MAURA S. T. ESPERANCINI, 2007)

Material	Unidade	Quantidade	Preço	Total	%
Tijolo maciço comum	milheiro	5,75	160,0	920,0	11,25
Cimento	saca	48,0	17,5	840,0	10,28
Areia grossa	m <sup>3</sup>	1,0	88,0	88,0	1,08
Areia fina	m <sup>3</sup>	3,0	48,0	168,0	2,06
Brita 2	m <sup>3</sup>	1,5	59,5	89,3	1,09
Brita 1	m <sup>3</sup>	0,5	59,5	29,8	0,36
Impermeabilizante	18 litros	1,5	42,8	64,2	0,79
Tubo PVC 150 mm	barra	2,0	106,4	212,9	2,60
Registro de esfera 50 mm	Unidade	1,0	32,7	32,7	0,40
Gasômetro	peça	1,0	4.220,0	4.220,0	51,62
Mangueira cristal (3/4")	m	4,0	2,9	11,6	0,14
Ferro galvanizado (3/8")	barra	2,0	20,6	41,2	0,50
Tubo galvanizado	Unidade	0,5	246,6	123,3	1,51
Junções	Unidade	16,0	3,1	49,3	0,60
Registro de esfera 32 mm	Unidade	1,0	20,7	20,7	0,25
Tubo PVC 32 mm	barra	5,0	27,8	138,8	1,70
Tubo PVC 50 mm	barra	4,0	44,6	178,5	2,18
Outros				32,5	0,40
<b>Total de materiais</b>				<b>7.260,0</b>	<b>88,81</b>
Escavação	horas	2,50	60,0	150,0	1,84
Mão-de-obra pedreiro	diárias	20	27,00	540,0	6,61
Mão-de-obra ajudante	diárias	15	15,00	225,00	2,75
<b>Total de serviços</b>				<b>915,00</b>	<b>11,19</b>
<b>Total geral</b>				<b>8.175,0</b>	<b>100,0</b>

Tendo sido feito o levantamento do custo para a construção do biodigestor fez-se uma estimativa do consumo diário de biogás pela propriedade, abaixo a tabela 5 estão listados os principais gastos diários com biogás na propriedade.

**Tabela 5.** Estimativa do consumo de biogás por pessoa na propriedade rural. (Fonte: TURDERA & YURA, 2006),

Equipamentos	Biogás
Para a cozinha	2,10 m <sup>3</sup>
Para iluminação	0,63 m <sup>3</sup>
Para geladeira	2,20 m <sup>3</sup>
Para banho quente	4,00 m <sup>3</sup>
<b>Total de biogás necessário (por dia)</b>	<b>8,93 m<sup>3</sup></b>

Esse consumo corresponde a mais ou menos um quarto do botijão de 30kg de GLP. Analisando melhor a tabela de gasto e produção vê-se que uma sobra de aproximadamente 34 m<sup>3</sup> de biogás que poderiam ser utilizados pelo pequeno proprietário para os gastos energéticos com o resto da propriedade ou até uma possível venda dessa energia para a rede de energia elétrica.

Segundo SOUZA et al. (2006), utilizando metodologia e tipo de investimentos diferentes (biodigestores, motor elétrico e conjunto de irrigação), totalizando R\$60 mil, apresentaram período de retorno que varia entre 1,8 e 2,65 anos, dependendo do tempo de uso diário do gerador. Outro estudo, de JORDAN et al. (2004), mostra que um biodigestor com capacidade de produção de 150 m<sup>3</sup> diários de biogás apresenta investimento inicial de R\$20 mil e tempo de retorno de aproximadamente 15 meses.

## CONCLUSÃO

Viu-se com isso que é viável a construção de biodigestores em pequenas propriedades rurais, produzindo produtos e subprodutos que

podem ser aproveitados pelo pequeno produtor, com um possível aumento de renda da propriedade, com um custo mínimo já que os insumos para a produção do biogás serão produzidos pela própria propriedade. O único custo será a construção e manutenção do biodigestor, sendo esse o modelo que mais se enquadra ao perfil da propriedade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, S. M.; MELO, C.F.M., WISNIEWISKI, A. Biogás: uma alternativa de energia no meio rural. Belém, EMBRAPA/CPATU. (Miscelânea, 4), 1980.
- BENINCASA, M.; ORTOLANI, A.F., LUCAS JUNIOR, J. Biodigestores convencionais. Jaboticabal, FUNEP, 1991. 25p.
- BRASIL. Ministério das Minas e Energia. *Balanco Energético Nacional*. 2005. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br>>. Acesso em: 12 jan. 2006.
- GASPAR, R.M.B.L. Utilização de biodigestores em pequenas e médias propriedades rurais com ênfase na agregação de valor: um estudo de caso na região de Toledo - PR. 2003. 106 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento e Estratégia Organizacional) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.
- JORDAN, R.A.; CORTEZ, L.A.B.; NEVES FILHO, L.C.; LUCAS JÚNIOR, J.L.; BALDASSIN JÚNIOR, R. Comparativo econômico do uso de uma bomba de calor para aquecimento e resfriamento de água em laticínios em relação ao aquecedor elétrico e o sistema de refrigeração convencional. 2004.
- LAGRANGE, B. Biomethane: principes-techniques, utilisations. La Calade, EDISUD/energias alternativas, 1979. 249p.
- LUCAS JÚNIOR, J. Estudo comparativo de biodigestores modelos Indiano e Chinês. Botucatu, 114p. (Tese de Doutorado), Universidade Estadual Paulista, 1987.
- ESPERANCINI, M.S.T.; COLEN, F.; BUENO, O.C.; PIMENTEL, A.E.B. & SIMON, E.J..

- Viabilidade técnica e econômica da substituição de fontes convencionais de energia por biogás em assentamento rural do Estado de São Paulo. UNESP, Botucatu. 2007
- TURDERA, M.V. & YURA, D. Estudo da viabilidade de um biodigestor no município de dourados. UEMS, Mato grosso do Sul. 2003
- ORTOLANI, A.F., BENINCASA, M., LUCAS JUNIOR, J. Biodigestores rurais: modelos Indiano, Chinês e Batelada. Jaboticabal, FUNEP, 1991. 3p.
- DEGANUTTI, R.; PALHACI, M. C. J. P.; ROSSI, M.; TAVARES, R. & SANTOS, C. Biodigestores Rurais: modelo indiano, chinês e batelada. An. 4. Enc. Energ. Meio Rural 2002. Disponível em <http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?pid=MSC0000000022002000100031&script=sciarttext&tlng=pt-f1> Acesso em 19 de agosto de 2012.
- SEIXAS, J., FOLLE, S.; MACHETTI, D., Construção e Funcionamento de Biodigestores. Embrapa, 1980.
- SOUZA, S.N.M.; COLDEBELLA, A.; SOUZA, J.; KOEHLER, A.C. Viabilidade econômica de uso do biogás da bovinocultura para geração de eletricidade e irrigação. 2006.
- THOMAS, D. G. & DELVAL, P., Utilization Du Biogaz Dans Les Moteurs Thermiques, Informations Chimie, 283, 147-149, Paris, France, 1987.