

## INTRODUÇÃO DE ENERGIAS RENOVÁVEIS EM UM ASSENTAMENTO DA REFORMA AGRARIA DA AMAZÔNIA OCIDENTAL

Francisco Eulálio Alves dos Santos<sup>1</sup>; Alejandro Fonseca Duarte<sup>2</sup>

### RESUMO

Ao longo de mais de dez anos a Universidade Federal do Acre vem implementando ações e projetos voltados para o desenvolvimento de tecnologias com fontes renováveis de energia. As iniciativas contam com o apoio de várias instituições de fomento como o Ministério de Minas e Energia – MME, Financiadora de Estudos e Projetos – FINEP, Conselho Nacional de Pesquisa – CNPq e outras. Os trabalhos desenvolvidos vêm contribuindo com a Educação, a Ciência e a Tecnologia para os programas governamentais e não-governamentais, destinados ao suprimento de energia elétrica, à produção de bicompostíveis e biofertilizantes, bem como ao monitoramento ambiental relacionado com esses trabalhos.

As aplicações vêm atendendo sistematicamente as comunidades isoladas das regiões agrícolas, florestais, ribeirinhos e povos indígenas dos municípios do Estado do Acre. No município de Rio Branco, na comunidade Limoeiro, que fica a 30 km, foi estruturada uma unidade modelo cuja transformação em relação aos níveis de vida transitou desde a inexistência da energia elétrica e a ausência de comunicação, para o acesso a unidades fotovoltaicas numa escola de ensino fundamental e na sede da associação de colonos, depois nas casas dos colonos mediante o uso de bancos de baterias, mais tarde aconteceu a chegada da rede elétrica através do programa Luz para Todos e finalmente foi aberto de maneira permanente um ramal que atualmente está em fase de asfaltamento.

As atividades principais dos produtores rurais são a agricultura e a pecuária em pequena escala. Todas as famílias do lugar participam, há mais de 10 anos, no apoio às atividades de produção associadas às energias alternativas. Como resultado dessas ações e atividades, foi instalado um biodigestor, cuja fonte de suprimento é o esterco bovino coletado e fornecido nas instalações do projeto. A partir deste, é produzido o biogás, atualmente na etapa de testes para sua utilização na queima direta e em motores de combustão interna; também se extrai biofertilizante, utilizado nas

---

<sup>1</sup> Doutor em Planejamento Energético, Universidade Federal do Acre, Climatologia e Energia, BR 364, Distrito Industrial, CEP; 69.915-900, Rio Branco – AC. Fone: (68) 3229 4630; [magx.santos@uol.com.br](mailto:magx.santos@uol.com.br)

<sup>2</sup> Doutor em Física, Universidade Federal do Acre, Climatologia e Energia, BR 364, Distrito Industrial, CEP; 69.915-900, Rio Branco – AC. Fone: (68) 3901 2802; [fd.alejandro@uol.com.br](mailto:fd.alejandro@uol.com.br)

pequenas lavouras. Os impactos positivos vêm promovendo um ambiente de vida centrado na escola e nas atividades de ciência e tecnologia que propiciam luz, comunicação, melhoria da produção agrícola e lazer. Os três elementos fundamentais que expressam a diferença com o passado são: 1) o fim do isolamento da comunicação, tanto viária, quanto da informação (transporte terrestre, rádio, TV, celular); 2) facilidades para aos serviços de saúde; 3) garantia do ensino e melhoria da sua qualidade. Estes aspectos derivaram diretamente das transformações promovidas pela chegada da energia.

**Palavras-chave:** energias renováveis, biodigestão, biofertilizante, Amazônia.

## INTRODUÇÃO

A escuridão noturna e o isolamento dos meios de comunicação tornam a vida no meio rural e nas florestas mais difícil e triste. A monotonia da realidade, só é superada pela capacidade de adaptação ao ambiente que lhe propicia o mínimo para a sobrevivência. Dessa forma, as famílias e comunidades que conseguem adicionar benefícios tecnológicos ao seu dia-a-dia podem alcançar padrões de vida comparáveis aos das pequenas cidades.

Na Região Norte, em particular no Estado do Acre, a população rural é classificada em quatro categorias: agricultores tradicionais e assentados do INCRA; ribeirinhos; seringueiros e indígenas. Os principais problemas dessas populações são: a econômica de subsistência não evolui para uma economia de excedentes para a comercialização; o isolamento significa ausência de contato por qualquer meio de comunicação a distância ou transporte, exceto a tração animal ou as pequenas embarcações; falta de contato com os centros urbanos, inclusive falta de suprimento de gêneros de primeira necessidade e de outros aspectos que formam parte dos usos costumeiros da sociedade; impossibilidade do acesso aos benefícios da educação e da saúde.

Nesse contexto, o êxodo rural torna-se um dos principais problemas que vem contribuindo para agravar o problema social das periferias urbanas, principalmente nas cidades de grande e médio porte. A falta de opção econômica, o isolamento, dificuldade de suprimento dos gêneros de primeira necessidade, o acesso aos benefícios de educação e de saúde fazem com que, todos os anos, centenas de famílias abandonem suas propriedades rurais, na ilusão de que nas cidades, possam encontrar para os seus filhos melhores condições de vida.

Reverter esse quadro tem sido um dos grandes desafios dos órgãos governamentais, entretanto, são poucas as experiências que conseguiram resultados satisfatórios.

A ideia de fomentar uma estrutura comunitária com suporte da extensão universitária tendo como tema central as energias renováveis teve como propósito contribuir para a redução do êxodo rural através da utilização de tecnologias que assegurem melhoria da qualidade de vida da comunidade. As ações começaram no ano de 1998, numa área da Reforma Agrária, o Assentamento Colibri, as margens do rio Acre no seu curso entre Rio Branco e Porto Acre. Na época este rio constituía o único meio de acesso ao lugar. Centenas de famílias interligadas pelo rio Acre atualmente já desfrutam do benefício do ramal Limoeiro e de outros ramais que compõem a malha viária dos assentamentos. As fontes de suprimento de energia estão sendo utilizadas como convergência para a mobilização da comunidade e das entidades parceiras que desenvolvem ações com os produtores rurais. A partir dessa integração entre a Universidade, a comunidade e demais parceiros, está se consolidando uma metodologia de ações que asseguram às instituições, principalmente às públicas, maximizar os recursos financeiros e humanos para dotar as comunidades isoladas de condições de sobrevivência independente e digna.

Segundo Cruz (1981) a energização da propriedade rural era um sonho de muitos agricultores e pecuaristas brasileiros, que na década de 80 poderia tornar-se realidade. Sendo que para os produtores distantes das redes de eletrificação e nas regiões que ainda não eram atendidas por redes, onde os altos custos de instalação eram altos, a opção do biogás como fonte de energia parecia ser bastante promissora. Passados, mais de duas décadas, através do Decreto- 4.873, de 11 de novembro de 2003, o Governo Federal instituiu o Programa Nacional de Universalização do Acesso e Uso da Energia Elétrica (Luz para Todos), com o objetivo de levar a energia elétrica às comunidades como vetor de desenvolvimento social e econômico, contribuindo para a redução da pobreza e o aumento da renda familiar. Com a chegada da energia elétrica a perspectiva é de que seja facilitada a integração de outros programas sociais, como o acesso aos serviços de saúde, educação, abastecimento de água e saneamento. No Programa está contemplado o atendimento das demandas no meio rural através de uma das seguintes formas: Extensão da rede convencional, Sistemas de geração descentralizada com redes isoladas e Sistemas individuais de geração.

A unidade de demonstração em energias renováveis se insere na comunidade como aspecto que aglutina o uso das fontes convencionais e não convencionais de energia com aplicações biotecnológicas e bioenergéticas, está contribuindo para efetivar novos conhecimentos e vias de desenvolvimento e não apenas representa a simples chegada do uso da energia.

O presente trabalho descreve a evolução social de uma comunidade rural diretamente vinculada às ações de um projeto de pesquisa e extensão, que promoveu o acesso às energias renováveis e sua exploração antes e após do trânsito para o uso das redes convencionais de distribuição de energia elétrica na comunidade Limoeiro.

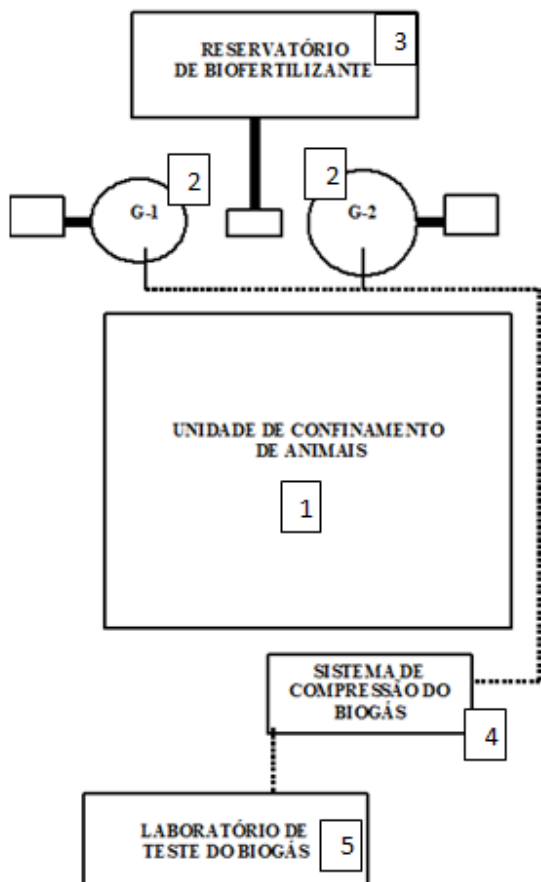
#### ASPECTOS TÉCNICOS

O desenvolvimento e a adaptação de tecnologias para o aproveitamento da biomassa, em pequena escala, têm apresentando grandes desafios quando a opção é gerar energia para o atendimento de domicílios e de comunidades isoladas, diferente ao caso de grandes empreendimentos agropecuários.

No caso dos produtores da Amazônia, a criação de pequenos, médios e grandes animais faz parte da economia local. Neste caso a possibilidade da utilização de biodigestores além do ganho econômico pode reduzir os impactos ambientais ocasionados pelos dejetos orgânicos.

O aproveitamento dos resíduos orgânicos foi uma prática desenvolvida pelo povo chinês que ao longo dos séculos aprimorou o processo de obtenção de biogás e biofertilizante a partir da construção de um aparelho que se popularizou com o nome de biodigestor chinês. Na Índia, esse processo foi aperfeiçoado através de um mecanismo que permite abastecer o depósito de matéria orgânica de forma contínua, que se popularizou com nome de biodigestor indiano. Atualmente, os modelos chinês e indiano continuam em uso e ainda mostram-se os mais viáveis na produção de biogás e biofertilizante em pequenas e médias propriedades rurais que exploram a criação de bovinos, suínos e aves na forma de confinamento ou semi-confinamento.

A unidade de demonstração com biodigestão da comunidade do Limoeiro foi concebida para funcionar como um sistema de produção de biogás e biofertilizante ao tempo que um laboratório para estudos de parâmetros técnicos e aspectos operacionais do sistema ilustrado na Figura 1. Os esforços estão sendo dirigidos para superar as limitações técnicas que tornam pouco atrativas os investimentos em biodigestão como fonte de suprimento energético no Estado do Acre.



**1- Unidade de confinamento de animais:**

Regionalmente denominado de curral foi dimensionada para abrigar até 20 animais, onde poderão ser obtidos até 250 kg de esterco por dia.

**2- Unidades de biodigestão:**

O sistema é constituído de dois biodigestores, G-1 e G-2, do modelo indiano, com cúpulas fabricadas em chapas de aço das seguintes capacidades: 3 e 5 m<sup>3</sup>, respectivamente.

**3- Reservatório de biofertilizante:**

Com capacidade de 50 m<sup>3</sup> para a forma líquida e 20 m<sup>3</sup> a forma sólida.

**4- Unidade de compressão de biogás:**

O sistema é constituído por um tanque de baixa pressão, uma bala de alta pressão e um compressor.

**5- Laboratório de teste do biogás e do biofertilizante:**

O laboratório possui uma área de 48 m<sup>2</sup> e está equipado para realizar os testes de utilização do biogás para geração de energia elétrica e de queima direta em fogão doméstico.

Figura1. Esquema da unidade demonstrativa de biodigestão.

## ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

### Produção do biogás

Na composição do biogás entra o gás metano, obtido por fermentação anaeróbia de esterco. Na Tabela 1 está demonstrado o rendimento médio alcançado por quilograma do material. Cerca de 2/3 da composição corresponde ao gás metano e 1/3 ao gás carbônico (MIALHE, 1980; NOGUEIRA 1986).

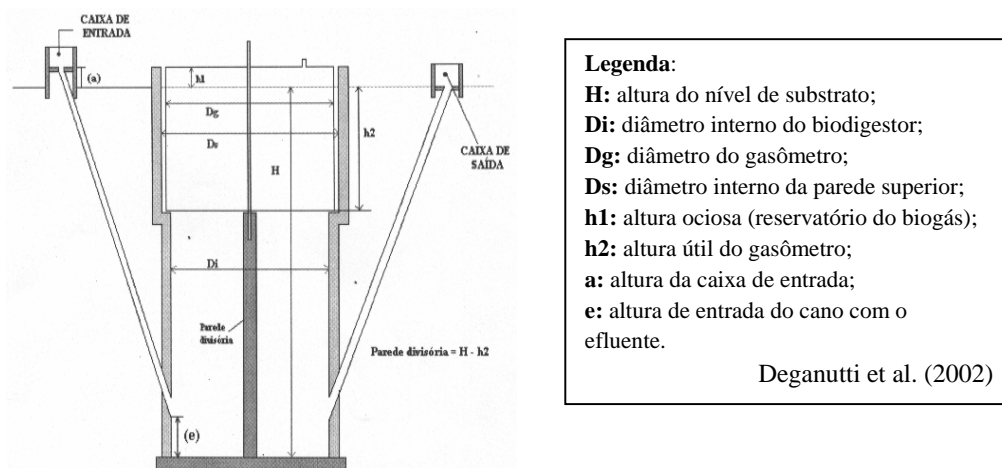
Tabela 1. Produção de biogás em função do tipo de esterco

Esterco	Rendimento, em m <sup>3</sup> de biogás por kg de material orgânico
Fresco de bovino	0,04
Seco de galinha	0,43
Seco de suíno	0,35

O biogás é composto por uma mistura de gases cujo tipo e percentagem, variam de acordo com as características do tipo de resíduo e às condições de funcionamento do processo de digestão (BARREIRA, 1993).

### Unidade de produção de biogás e a armazenamento de biofertilizante

Como mencionado anteriormente, a unidade foi construída com base nos parâmetros técnicos do modelo indiano, Figura 2. Neste modelo, classificado como biodigestor contínuo, o processo de abastecimento é feito diariamente. O tempo de fermentação do esterco diluído na câmara ocorre num período que varia de 20 a 30 dias. Nas fotos é possível observar a disposição dos gasômetros e do depósito de biofertilizante.



Sistema de Produção de Biogás e Biofertilizante



Gasômetro-1 e gasômetro-2



Sistema de armazenamento de biofertilizante

Figura 2. Estrutura de um biodigestor modelo indiano.

### Unidade de compressão e de testes de biogás

A unidade de compressão (Figura 3) é formada por duas bases físicas destinadas à purificação, compressão e realização de testes com biogás. Esta unidade está equipada com um analisador de gases, um compressor, um fogão e dois grupos geradores de 3 e 0,8 kVA.



Figura 3. Instalações do laboratório e sistema de compressão do biogás, no Limoeiro.

O poder calórico do biogás varia na faixa entre 5.000 e 7.000 kcal/m<sup>3</sup>, dependendo da quantidade de metano na composição, Tabela 2, (LUCAS JÚNIOR, 1987; CCE, 2000).

Tabela 2. Composição do biogás.

Composição do biogás	% biogás	Poder calórico do biogás (kcal/m <sup>3</sup> )
Metano (CH <sub>4</sub> )	50 a 80	De 5.000 a 7.000
Dióxido de Carbono (CO <sub>2</sub> )	20 a 40	
Hidrogênio (H <sub>2</sub> )	1 a 3	
Nitrogênio (N <sub>2</sub> )	0,5 a 3	
Outros (H <sub>2</sub> S, CO, NH <sub>3</sub> , O <sub>2</sub> )	1 a 5	

No tocante a purificação e a compressão, o dióxido de carbono tem um efeito de diluição no biogás, reduzindo seu conteúdo energético. Sua remoção é de particular interesse para algumas

aplicações do biogás. A Tabela 3 apresenta a equivalência do biogás com outros combustíveis (COLEN, 2003).

Tabela 3: Correspondência do poder combustível do biogás a outros combustíveis.

Fonte calorífica	Equivalência para 1 m <sup>3</sup> de biogás
Álcool carburante	0,80 litros
Energia Elétrica	De 1,3 a 1,6 kWh
Gasolina	0,61 litros
GLP (butano e propano)	0,43 kg
Lenha	3,50 kg
Querosene	0,62 litros

A utilização do biogás para geração de energia elétrica é feita através da conversão de um grupo gerador convencional, como os utilizados no laboratório de teste. Os motores a gás segundo Zareh (1998) funcionam com base nos princípios dos motores Diesel e a gasolina. Dessa forma, é possível converter motores Diesel ou a gasolina, para funcionar com gás. A conversão consiste em fazer algumas modificações nos sistemas de alimentação e de ignição e também na taxa de compressão. Algumas destas modificações estão em fase de realização. Conforme Cañavate (1988) a taxa de compressão não pode exceder da relação 12:1, pois a composição do biogás não se mantém constante, e isto pode levar à detonação em alguns momentos.

### **Indicadores sociais da evolução comparativa da comunidade**

Na sequência de registros fotográficos a seguir se demonstram alguns aspectos da comunidade que refletem as mudanças alcançadas. A Figura 4 mostra quando em 1998 se instalara uma

unidade de energia fotovoltaica na Associação de Colonos.



Figura 4. A escola e sede da associação de colonos em 1998.



Na Figura 5 está apresentada a situação das escolas e da sede da Associação de Colonos em 2006 e 2009.



Figura 5. As escolas na sede da Associação de Colonos em 2006 e 2009.

A melhoria da infraestrutura e a organização social motivaram que a matrícula escolar que era de 32 alunos de ensino fundamental em 1998 fosse para 103 alunos em 2001; em 1998 não existiam alunos na 5ª série, sendo 40 em 2001, quando concluíram 22 alunos a 8ª série.

Oito alunos, concludentes do primeiro grau em setembro de 2001, foram selecionados e capacitados para atuar como monitores e orientadores no curso de alfabetização de jovens e adultos, coordenado pela UFAC, que atendeu 40 alunos através do Programa Nacional de Alfabetização para a Reforma Agrária (PRONERA).

Atualmente a escola funciona com alunos de todas as séries de Ensino Fundamental. As turmas somam 92 alunos. A partir de 2008 começou o atendimento ao Ensino Médio, que assegura a continuidade da escolaridade dos filhos das famílias dos produtores rurais, evitando assim o deslocamento dos alunos para a cidade. A escola conta com laboratório de informática, como parte do programa de inclusão digital.

Entre 1998 e 2009 se desenvolveram as seguintes atividades de capacitação, Tabela 4, junto aos produtores rurais, na abrangência do projeto.

Tabela 4. Atividades de capacitação para a produção na cooperativa de produtores rurais, realizadas entre 1998 e 2009.

<b>Cursos, treinamentos e palestras</b>	<b>Participantes</b>
Aproveitamento da mandioca	45
Dia de campo sobre a cultura do feijão caupi	80
Dias de campo sobre a cultura do arroz primavera	30
Indústria caseira	20
Curso prático de costura (Fase I)	15
Curso de Vagonite (Artesanato)	15
Curso de ponto cruz	15
Curso sobre aproveitamento da banana	15
Curso de tricô (Roupa de criança)	15
Curso de panificação caseira	15
Curso de alimentação alternativa	15
Curso de crochê	40
Curso de farinha melhorada	30
Curso sobre aproveitamento do milho	15
Curso sobre saúde animal	15
Organização rural (Fases I, II, II)	45
Curso sobre bomba rosário	80
Curso sobre construção de forno de carvão vegetal	15
Curso sobre construção de forno de panificação	15
Curso sobre construção de forno de farinha	15
Curso sobre sistema de meda (Arroz)	15
Curso sobre produção de mudas de citros	40
Curso sobre empreendedorismo	25
Curso sobre seleção e alimentação de alevinos	10
Curso sobre cultura orgânica	30
Palestra sobre Energia solar e biodigestão	10
Palestra sobre Reprodução humana e doenças sexualmente transmissíveis	
Palestra sobre Cooperativismo	
Palestra sobre Legislação ambiental	
Palestra sobre Crédito rural	
Palestra sobre Mecanização agrícola	
Palestra sobre Planejamento participativo	
Palestra sobre Infraestrutura do centro de integração	

Por outro lado a comunidade realizou as seguintes construções:

Uma escola em madeira, com capacidade para atender 70 alunos por turno; uma microcozinha industrial; uma unidade de beneficiamento de farinha; uma unidade de revenda da produção; uma unidade para beneficiamento de arroz; um estábulo; um biodigestor; uma igreja; 25 pequenas barragens; um poço semi-artesiano; a instalação de um sistema hidráulico para suprimento e distribuição de água potável; a implantação de ½ ha de capineira; a infraestrutura da área de colonização consistente na abertura de 9 km de ramais, melhoramento de 10 km de ramais, aragem e gradagem de 27 ha de solo por ano.

## CONCLUSÃO

O fato de que a Universidade Federal do Acre tenha priorizado o estudo do desenvolvimento social numa comunidade a partir da influência de energias renováveis e convencionais, bem como de bioprodutos, tem demonstrado no longo prazo a viabilidade da transformação de um entorno isolado e improdutivo, em uma comunidade inserida no contexto social e econômico amazônico potencializado pela organização estrutural em torno ao uso da energia e produtos como biogás e biofertilizante para a sustentabilidade produtiva e ambiental dos assentados da Reforma Agrária na localidade Limoeiro, distante 30 km de Rio Branco.

O benefício transformador da Escola de melhor qualidade e uma abrangência maior entre jovens e adultos despertou, junto com os meios de comunicação e o transporte, a curiosidade pelo saber e o conhecimento.

Numerosos cursos, treinamentos e palestras difundem sistematicamente as boas práticas para as atividades produtivas e aumentam a capacitação para as ações cooperativas das famílias.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, F. A.; MELO, R. J. S.; VIDIGAL, R. C.; PEREIRA, E. M. D. Eficientização Energética da Fazenda experimental PUC – Minas – Biodigestor de Baixo custo. In: 4º ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL. Anais.CD ROM. São Paulo, 2002.

BARREIRA , P. Biodigestores: energia, fertilidade e saneamento para a zona rural. São Paulo: Ícone, 1993.

CANAVATE, O.J.; BAADER. W.; Biogás as fuel for internal combustion engines. Asae1988.

CCE – CENTRO PARA CONSERVAÇÃO E ENERGIA. Guia Técnico de Biogás. Amadora – Portugal, 2000. 117p.

CRUZ, E. R. da. Metodologia para o cálculo da renabilidade de Biodigestores. In: ENCONRO DE TÉCNICOS EM BIODIGESTORES DO SISTEMA EMBRAPA, I, Coronel Pacheco, 1981. coronel Pacheco, EMBRAPA/CNPGL, 1981, 7p.

DEGANUTTI, Roberto; Palhaci, Maria do Carmo Jampaulo Plácido; Rossi, Marco; Tavares, Roberto; Santos, Claudemilson dos. Biodigestores Rurais: Modelo Indiano, Chinês e Batelada. Departamento de Arquitetura, Artes e Representações Gráficas, UNESP: Bauru, 2002.

LASTELLA, G.; TESTA, C.; CORNACCHIA, G.; KOTORNICOLA, M.; VOLTASIO, F.; SHARMA, V.K. Anaerobic Digestion of Semi-Solid Organic Waste: biogas production its purification. Energy Conservation & management. v. 42, n. 1, p. 63-75. 2002.

LUCAS JÚNIOR, J. Estudo comparativo de biodigestores modelos indiano e chinês. 1987. 114 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1987.

MIALHE, L.G. Máquinas motoras na agricultura. São Paulo: Ed. da Universidade de São Paulo, 1980. v.1, 289 p.

NOGUEIRA, L. A. Biodigestão. A alternativa energética. São Paulo: Nobel, 1986. 93p.

WONG S.; BIOLETTI R. Carbon Dioxide Separation Technologies. Carbon & Energy Management, Canada, 14p. 2002.

COLEN, F. Potencial energético do caldo de cana-de-açúcar como substrato em reator UASB. 2003. 85 f. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu 2003.

ZAREH, A. Motores a Gás. **Lubrificação**, Rio de Janeiro, v. 81, n° 04 , p. 2-4, 1998.