

# O biogás e o biofertilizante no balanço energético do Brasil (\*)

Normando Alves da Silva (\*\*)

## 1 — O PROJETO DE DIFUSÃO DE BIOGÁS

Os conceitos emitidos neste documento resultam da experiência de operacionalização do Projeto de Difusão de Biogás no meio rural brasileiro, nestes quatro últimos anos, coordenada pela Embrater e executada por 24 empresas estaduais de extensão rural (exceto São Paulo e Distrito Federal).

De 1980 a 1983, o projeto conseguiu instalar apenas três mil biodigestores a nível de produtor rural, por influência direta da extensão rural. Estava prevista, pelo MME/Embrater, em 1979, a construção de sete mil biodigestores.

Como se tratava de introduzir uma nova tecnologia no meio rural, totalmente desconhecida dos técnicos e produtores, era esperado um processo de adoção lento e difícil, como tudo que ocorre no meio rural.

Estudando-se o potencial e as expectativas do biogás como fonte alternativa de combustível inserida no balanço energético brasileiro, necessário se faz levar em consideração os seguintes fatores intervenientes:

### 1.1 — Integração na política nacional energética

O Projeto Biogás, coordenado pela Embrater, figura no "Modelo Energético Brasileiro" (maio/82) (6) como "biomassa carente-emprego de biodigestores aproveitando resíduos principalmente rurais, para produção de gás, geração de energia elétrica e outros fins", estabelecendo uma meta estratégica de ação (para as fontes alternativas não-convencionais), de substituição de 15 mil bep/dia, em 1985. Esta meta inclui as fontes eólica, solar, marés, baterias, especiais, hidrogênio, geotérmica e óleos vegetais.

No balanço energético nacional (7), versão 1982, não há citação, referência ou estratégia sobre biogás isoladamente.

Em 3 de maio de 1983, o MME fez referência pela primeira vez ao metano de biodigestores quando divulgou uma nota "atribuindo a queda na importação de petróleo à substituição dos derivados de petróleo por outras fontes energéticas, entre elas o metano de biodigestores".

### 1.2 — Apoio institucional

A partir de 1980, o PME/Seplan, através do MA/Embrater, está apoiando o Projeto Biogás em bases modestas e reduzidos recursos financeiros. De 1979 a 1983, foram alocados pelo PME/MME/MA, recursos da ordem de Cr\$ 284,5 milhões em moeda corrente. Estes recursos, diluídos em 24 Estados, foram insuficientes para imprimir um projeto dinâmico e agressivo de substituição de combustível no meio rural.

### 1.3 — Crédito rural para biodigestor

Em 1981, o Banco Central instituiu o Proase, destinando recursos específicos para instalação de biodigestores. Alguns bancos chegaram a operar com o repasse do Banco Central mas, em dezembro do mesmo ano, este programa foi desativado.

Os técnicos do Sistema Embrater elaboraram, no período de 1980/82, planos de financiamento e conseguiram dentro do crédito rural normal a aprovação de créditos para investimentos em biodigestores no valor de Cr\$ 219.472 milhões, correspondentes a 820 biodigestores instalados. Isto significa que os produtores rurais, neste mesmo período, construíram, com recursos próprios, 1.072 biodigestores.

Evidencia-se, assim, que não houve estímulo, no período considerado, de crédito rural para os biodigestores por parte do setor governamental.

### 1.4 — Contribuição da pesquisa aplicada

O Projeto de Difusão de Biodigestores iniciou as atividades sem o apoio necessário da pesquisa aplicada. Os extensionistas assumiram transferir uma nova tecnologia apenas com o conteúdo da literatura exógena, reple-

to de contradições, escrito e divulgado por "especialistas" que nunca construíram um biodigestor e muito menos conheciam as possíveis reações do produtor rural a este tipo de tecnologia.

Foi a experiência brasileira, vivida pelos extensionistas em condições de campo, junto com o produtor rural, que trouxe a convicção de que o biodigestor rural é viável e que a tecnologia está dominada e aperfeiçoada pelo técnico e produtores para as condições brasileiras.

### 1.5 — Participação da indústria

Desde o início das atividades do Projeto Biogás, a Embrater se preocupa em manter um estreito relacionamento com a indústria privada de equipamentos e motores a biogás. Através de pequenos estímulos indiretos, a Embrater conseguiu que a indústria brasileira participe do projeto, oferecendo equipamentos básicos para absorver a produção de biogás gerada no meio rural e permitindo que esta energia se dirija também para as atividades produtivas da agricultura.

Esta indústria pioneira e incipiente de equipamentos não recebeu no período nenhum apoio governamental direto e já está exportando pequenos pacotes de equipamentos e motores a biogás para a América Latina, através da FAO e Olade ou diretamente.

Hoje já existe uma pequena oferta tecnológica de bens, equipamentos e motores a biogás e demais insumos geradores alternativos de energia.

### 1.6 — Assistência técnica permanente

É o mais importante fator para assegurar a continuidade de um projeto de difusão de biodigestor no meio rural.

A China conseguiu instalar em 1978/79 cerca de 4 mil biodigestores rurais (3) por dia, graças ao suporte de sua estrutura social e técnica. O mesmo não aconteceu com a Índia, que no período de 1962 a 1977 só instalou 45.579 biodigestores (4) e (5) e tem dificuldades em mantê-los operando, apesar de dispor no momento de duas

(\*) Apresentado no Seminário "Potencial de mercado para fontes não-convencionais de energia no Brasil para o ano 2000". — Coppe/UFRJ.

(\*\*) Da Embrater

empresas que instalam e fazem supervisão aos biodigestores construídos.

A Coréia, por sua vez, instalou 2 mil biodigestores e não obteve continuidade no programa por falta de acompanhamento aos biodigestores instalados.

De 1980 a 1983, quase 3 mil extensionistas (atuando em cinco atividades diferentes, na agropecuária) receberam treinamento de curta duração (três a cinco dias), em tecnologia de biogás. Estes técnicos estão instalando biodigestores na medida em que suas atividades o permitem. Com exceção dos projetos de biogás do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, todos os outros Estados (exceto São Paulo e Distrito Federal) só dispõem de um técnico (gerente estadual do projeto) com tempo integral em biogás e com a função de capacitar técnicos locais e supervisionar os biodigestores.

A experiência tem mostrado que o êxito de um projeto de difusão de biogás depende de um acompanhamento técnico permanente e que leve em conta, ainda que:

- a) o produtor-usuário do biodigestor é um sujeito inovador e curioso, podendo ser considerado um modificador em potencial da tecnologia de biogás. Por essa razão ele cria problemas para o bom funcionamento do seu biodigestor;
- b) a tecnologia, por ser simples, não pode sofrer desvios bruscos e, por conter uma fase biológica, está sujeita a uma série de fatores que alteram o desenvolvimento do processo. Daí ser necessária a presença constante do técnico para evitar desvios;
- c) é um programa caro. Só a iniciativa oficial pode manter uma assistência técnica a um programa de difusão de biogás. A experiência brasileira mostra que no ano da instalação do biodigestor são necessárias 12 visitas do técnico à propriedade onde está sendo construído o biodigestor, no segundo ano mais seis, e a partir do terceiro, três visitas anuais. Isto significa despesas adicionais para o serviço de extensão.

No Brasil, podemos citar o exemplo de programas paralelos de biogás, conduzidos por instituições privadas, de ensino ou públicas, que não conseguiram manter os biodigestores instalados em operação permanente, simplesmente porque não dispunham de estrutura de campo e de supervisão contínua aos usuários.

Os meios tradicionais de comunicação com o produtor rural, ao serem

utilizados para lançarem uma nova tecnologia, esbarram num entrave cultural que só pode ser desobstruído por um bom impacto inicial. Por isto, o projeto de difusão de biodigestores da Embrater tem sido cauteloso em transferir esta nova tecnologia ao produtor, procurando não estabelecer metas muito ambiciosas e utilizando a metodologia da extensão rural para induzir a participação do produtor na adoção do biodigestor e suas implicações no manejo diário da propriedade. O biodigestor não deverá ser imposto. Não haverá condição de êxito se o biodigestor não se adaptar à família rural e à realidade da empresa agrícola.

## 2 — ALGUNS ENTRAVES

### 2.1 — O problema do gás GLP

O GLP-Gás Liquefeito de Petróleo foi um fator negativo para a difusão rápida do Projeto Biogás, da Embrater, no meio rural, porque era subsidiado (cerca de 66,6% em 1982) fortemente pelo governo.

Segundo um técnico da refinaria de Manaus, a Petrobrás colocava em 1980 um bujão de 13 kg de GLP, em Cruzeiro do Sul, no Acre, por Cr\$ 932 ao custo real, sendo que este mesmo bujão era vendido ao consumidor local por Cr\$ 280. Daí muitos produtores não optarem por biodigestores porque dispunham de GLP barato, subsidiado, de fácil transporte e que oferece uma série de serviços alternativos e qualidade de vida.

O insumo **energia** (17) é uma reivindicação do produtor rural mas é, também, de uma forma profundamente sentida, uma aspiração da família do proprietário rural, de qualquer escolaridade.

Tabela 1 — A economia dos derivados do petróleo

Derivados	Semestre 82/83
Gasolina .....	- 15,2
Gás liquefeito .....	+ 8,4
Óleo combustível .....	- 17,8
Diesel .....	- 1,2

Fonte: Revista "Isto É", agosto/83, n.º 346.

Tendo o proprietário rural (17) trocado de insumo energético, passa a dominar o elemento fundamental de sua atividade: gerará sua energia para sempre e, ela nunca mais subirá de preço e nunca faltará.

Nos últimos anos, face à economia de petróleo imposta pela política do governo, houve uma redução percentual do consumo de derivados de petróleo, exceto do gás liquefeito GLP, conforme Tabela 1.

No momento, o governo está preocupado com o alto consumo do GLP no meio rural e está estudando medi-

das para substituí-lo por outras fontes alternativas.

Essa preocupação está refletida no exame dos dados da Tabela 2 que mostra que a produção interna de GLP não acompanhou a demanda e houve necessidade de importar, em 1982, 482,4% a mais de GLP do que no mesmo período em 1981.

A oferta interna bruta destaca-se com 12,7% sobre os anos anteriores, quando o maior percentual alcançado foi em 1979, com 4,5%.

### 2.2 — O problema da eletrificação rural

Duas pequenas pesquisas realizadas no Rio Grande do Sul e Santa Catarina mostraram que o biodigestor rural convive perfeitamente com a eletrificação rural. Verificou-se que no Rio Grande do Sul 40,5% das propriedades que dispõem de biodigestores estão abastecidas por energia elétrica via eletrificação rural. Em Santa Catarina, 68,9%.

O biodigestor oferece, além do gás para o fogão e motores, um excelente adubo e elimina o inço e a poluição do meio ambiente, principalmente onde existe criação de suínos e aves.

Estão comprovados os benefícios oriundos dos biodigestores nas áreas de energização rural, em forma de adubação orgânica, despoluição ambiental e de saneamento.

A eletrificação rural sendo fortemente subsidiada pelo governo pode ter uma maior aceitação pelo produtor rural.

Estudos realizados (2) considerando as opções (A) linha de distribuição (B) autogeração com uso do biogás, onde foram discutidos os aspectos econômicos e operacionais de cada alternativa, mostraram as vantagens adicionais da opção biogás.

## 3 — VIABILIDADE ECONÔMICA DO BIODIGESTOR

Pesquisa recente realizada (12) na Unesp, Jaboticabal, indica que "os resultados obtidos mostraram uma relação benefício/custo de 4,1 quando se considerou a equivalência do biogás em termos de litros de gasolina, assumindo o valor 2,45 quando a equivalência se referiu a botijões de GLP, sendo que, em ambos os casos, a equivalência do biofertilizante se traduziu pela disponibilidade de micronutrientes (NPK), corretivo e matéria orgânica". Esta pesquisa foi realizada em biodigestor típico rural de 10 m<sup>3</sup> de biogás/dia e 500 l/dia de biofertilizante e o custo da construção no valor de Cr\$ 112.885/out/81.

Esta mesma pesquisa revelou que o biogás contribuiu com 58% do valor

Tabela 2 — Evolução da produção, importação e consumo final de GLP

Centro de Transformação	1978		1979		1980		1981		1982	
	10 <sup>3</sup> TEP	%								
Refinarias .....	2.128	84,5	2.226	80,6	2.492	83,0	2.545	80,5	2.457	71,6
Plantas de GN .....	159	6,3	163	5,9	171	5,7	188	5,9	216	6,3
Outras informações .....	199	7,9	250	9,0	312	10,3	367	11,7	322	9,4
Total transformação .....	2.486	99,0	2.639	95,5	2.975	99,0	3.100	98,1	2.995	87,3
Importação .....	69		75		112		137		661	
Varição estoques .....	- 10		85		- 63		- 30		- 204	
Exportação .....	- 35		- 36		- 20		- 47		- 22	
Oferta interna bruta .....	24	1,0	124	4,5	29	1,0	60	1,9	435	12,7
Consumo final .....	2.500	100,0	2.763	100,0	3.004	100,0	3.160	100,0	3.430	100,0

Fonte: Balanço Energético 1983

Documento interno Coordenação de Energia CNPq — Tubulação a partir de dados do Balanço Energético Nacional — 1983

total do benefício obtido, enquanto que o biofertilizante contribuiu com 42%.

Por outro lado, ao se estabelecer a equivalência do biogás em termos de botijões de GLP, o mesmo contribuiu com 29% do valor do benefício total obtido e o biofertilizante atingiu 71% do total, considerando sua equivalência em termos de fertilizantes, corretivo e matéria orgânica (1/3 do valor de N).

Além destes benefícios do biodigestor, não se pode deixar de lado o alcance indireto, caracterizado pelo saneamento e preservação do meio rural, de extraordinária importância social.

Outra pesquisa realizada pela Secretaria de Habitação, de Pernambuco (13), 1983, concluiu que o valor do investimento em um biodigestor unifamiliar retornará em um período de três a quatro anos. Deve ser lembrado que este retorno estará sujeito a possíveis variações dos preços dos derivados e também das taxas previstas para a inflação.

Na prática, o investimento inicial de um biodigestor rural retorna ao produtor em um e meio a dois anos, desde que seja computado o valor do biogás e do biofertilizante.

Um biodigestor contínuo, com produção de 10 m<sup>3</sup> de biogás/dia, produz em média 500 l de biofertilizante líquido/dia. Isto significa uma produção diária de 40 kg de adubo orgânico seco. Este adubo equivale a Cr\$ 15 mil/dia se se considerar o preço atual (ago./83) do fertilizante a Cr\$ 378 mil/t.

Logo, um investimento inicial de um biodigestor de porte médio, de Cr\$ 500 mil (preço médio em jun/83), para produzir 10 m<sup>3</sup> de biogás/dia, pode retornar em 34 dias só se considerando o valor do biofertilizante.

#### 4 — O POTENCIAL DO BIOGÁS

Sem dúvida o biogás é uma das fontes de energia renováveis mais efetivas para substituir o decrescente consumo de lenha e petróleo.

A produção de biogás a partir de resíduos orgânicos das propriedades rurais está no seu início mas, considerando a sua importância potencial na substituição do GLP, merece que o governo adote uma política que venha a estimular de forma efetiva a difusão em massa desta tecnologia no meio rural.

A energia convencional só será disponível a longo prazo para as populações rurais do país. Segundo o GEER (jun./83) apenas 15% dos estabelecimentos agrícolas do país dispõem de eletrificação rural (mono e trifásica), com baixo consumo por propriedade.

Cálculos realizados (8), tomando-se como base índices conservadores, revelam que o potencial de produção de biogás no Brasil é da ordem de 40 milhões tEP, o equivalente ao consumo nacional de petróleo em 1977.

A Secretaria de Tecnologia do MME/79 levantou esse potencial brasileiro de biogás, estimando o potencial de 11 principais culturas, em 24.712 . 10<sup>3</sup> tEP, mais 555.10<sup>3</sup> tEP para o lixo e para a pecuária mais 15.344.10<sup>3</sup> tEP.

Segundo um técnico do IPT (9), para que o Brasil se torne independente do petróleo e auto-suficiente na produção de energia, é preciso reativar as pesquisas dos vários tipos de biomassa. Atualmente o desperdício de material orgânico no meio rural é tão grande que é impossível quantificá-lo. Enquanto um ser humano produz em média, em São Paulo, 0,6 kg de lixo e cerca de 0,5 kg de lodo/dia, um boi fornece cerca de 4 kg de esterco/dia. Então uma fazenda com dez mil cabeças de gado poderia produzir gás para abastecer a uma cidade de mil habitantes (1,6 m<sup>3</sup> biogás/residência/dia).

O prof. Laurentino Fernandes Batista, do CNPq, afirma que o biogás, por seus múltiplos usos, é uma justificativa para assegurar um programa de grandes proporções e, o que é fundamental: o biodigestor tem peso zero no balanço de pagamentos do país, uma vez que sua tecnologia e os materiais utilizados são de procedência nacional. Em tempo de crise esse é, sem dúvida, um fato ponderável.

Devemos considerar, ademais, que a indústria brasileira de equipamentos e motores a biogás já está exportando esses bens para a América Latina, gerando divisas para o país.

Em menos de dois anos um biodigestor rural retorna o capital empregado em função da economia com os gastos do GLP e do uso do biofertilizante, sem levar em conta a despoluição e o saneamento ambiental.

O rebanho bovino leiteiro (fêmeas ordenhadas) é estimado, em 1980, (10) em 16.512 mil cabeças. Este é o dado mais seguro para se medir o potencial de biogás no país, considerando-se que o esterco das fêmeas é necessariamente manipulado diariamente pelo criador, logo, possível de ser incorporado ao biodigestor, mesmo porque 90% dos atuais biodigestores em operação no país utilizam esterco de bovinos. Este rebanho de fêmeas produzirá 2 milhões de m<sup>3</sup>/dia de biogás, suficientes para acionar 500 mil motobombas de 10 HP por uma hora ou cerca de 812 mil t de GLP/dia.

Além do esterco bovino deve-se levar em consideração as duas matérias-primas indicadas a seguir:

#### 4.1 — O resíduo da comercialização

O resíduo orgânico da comercialização dos estabelecimentos hortigranjeiros constitui-se em um potencial significativo para produção de biogás. Podemos citar o potencial da Ceasa-RJ, o segundo estabelecimento em volume de comercialização do país. Esta Ceasa recolhe, transporta e dispõe de cerca de 40 t/dia de resíduos orgânicos. No momento este material está sendo estudado para ser processado em sistema de biodigestão estático, para, no futuro, vender o biofertilizante seco aos produtores e utilizar o biogás processado (cerca de 2.500 m<sup>3</sup>/dia) e comprimido nos veículos da empresa.

#### 4.2 — O lodo sanitário

É promissor o aproveitamento do biogás nas usinas de saneamento que processam o lodo por sistema anaeróbio. A tecnologia já está dominada no país, com participação do IPT e utilizada pela Sabesp, em São Paulo. Outra alternativa é utilizada pela Sanepar, Curitiba. Outras empresas de saneamento estão conduzindo estudos para processar o biogás, comprimi-lo e utilizá-lo em veículos (Caesb, Brasília).

“Embora possa parecer um absurdo para quem não compreende que a crise atual é de combustível e não de energia, o correto, a nível de instalações industriais e agrícolas de grande porte, é o uso do biogás utilizado para fins automotivos, substituindo o óleo diesel, a gasolina, o óleo combustível e o GLP (11).”

Hoje há mais de 300 mil veículos (11) no mundo inteiro acionados a gás metano comprimido, seja de gás natural ou biogás urbano e rural.

Com respeito ao armazenamento do gás metano (11), hoje existem três tecnologias dominadas e disponíveis no Brasil.

O compressor, peça-chave do processo, os cilindros e os sistemas de descompressão e de regulação da vazão de gás aos motores já são fabricados no Brasil.

## 5 — O POTENCIAL DE BIOFERTILIZANTE

Num estudo econômico do processo da biodigestão anaeróbica não se pode esquecer a contribuição do efluente ou biofertilizante resultante deste processo.

Vários estudos conduzidos neste sentido mostram que o biodigestor fornece dois bens importantes: o biogás e o biofertilizante. Atribui-se a ambos o mesmo valor econômico, além dos relevantes aspectos sociais e ambientais de despoluição e saneamento (reduz em 60% a DBO).

A importância da matéria-prima orgânica no manejo ecológico do solo é destaque de estudos realizados pela FAO e Unesco, quando asseguram que "se persistirem os níveis de empobrecimento do solo, 1/3 das terras aráveis do planeta desaparecerá nos próximos 20 anos". Observando estes aspectos, o prof. Karl Rischbieter assegura que "infelizmente a agricultura tem sido e ainda é praticada baseada unicamente na adubação química do NPK, sem a obrigatoriedade de incluir a matéria orgânica". Apoiado em dados científicos ele afirma que os métodos biodinâmicos são capazes de produzir alimentos saudáveis sem desobedecer às leis do equilíbrio ecológico.

Se tomarmos exclusivamente o potencial das 16.512 mil cabeças de fêmeas ordenhadas do rebanho bovino do país, como fonte produtora de biogás e de biofertilizante, na proporção de 4 kg/dia de esterco úmido por cabeça, contendo 8% de matéria seca, teremos uma produção de 5.283 t/dia de biofertilizante seco.

Em diversas regiões do país o biofertilizante está sendo vendido pelos produtores usuários de biodigestor ao mesmo preço do fertilizante químico, derivado do petróleo.

Em agosto/83 1 t de fertilizante químico comercial (NPK), no Distrito Federal, estava sendo vendida aos produtores por Cr\$ 378 mil.

Extrapolando-se com estes dados, 1983 (Tabela 4), teremos uma economia de fertilizante (derivado do petróleo) da ordem de Cr\$ 2,2 bilhões/dia em benefício da balança de pagamen-

to do país, de uma sadia agricultura biodinâmica e de uma grande economia para o produtor rural.

Além disto, pesquisas indicam que o biofertilizante aumenta, em média, 10% a produtividade agrícola. Este aumento, repassado para as principais culturas econômicas do país, representa um incremento substancial, de difícil mensuração, na produção física colhida e comercializada. Isto porque as diversas culturas respondem ao biofertilizante com aumento de produção da ordem de 5% a 25%.

Nos estudos econômicos sobre o potencial energético das biomassas, quase sempre os autores não levam em consideração a importância e o valor econômico do efluente (biofertilizante).

Nos últimos dez anos o consumo de fertilizantes químicos quadruplicou. Racionalizar os fertilizantes é uma forma de economizar petróleo e o biodigestor é uma das alternativas disponíveis para um programa governamental de substituição dos derivados de petróleo.

## 6 — PERSPECTIVA PARA O BIOGÁS

A partir do crescimento da demanda do GLP no país, da sua substituição parcial no meio rural por biogás e também pela necessidade da energização rural de um modo amplo, podem-se alcançar resultados satisfatórios com o aproveitamento do potencial energético dos dejetos de bovinos, se se considerar as seguintes hipóteses:

- o biogás é um substituto natural do GLP e de combustíveis líquidos;
- existe no meio rural um potencial energético mensurável e de baixo custo para produção de biogás e de biofertilizante;
- o serviço de extensão rural receberá suporte financeiro suficiente, a curto prazo, para desenvolver um programa agressivo de difusão do biogás;
- o governo federal estabelecerá através do Sistema Nacional de Crédito Rural linha específica de crédito para dinamizar os investimentos em biodigestores;

— a indústria privada de equipamentos e motores continuará a investir no desenvolvimento de bens para atender à crescente demanda de utensílios e equipamentos a biogás;

— a pesquisa aplicada desenvolverá a tecnologia da biodigestão anaeróbica e da engenharia de biodigestores para reduzir custos do investimento inicial em biodigestores.

Tendo em vista estas hipóteses básicas, espera-se atingir nas etapas previstas neste estudo as situações da Tabela 3.

## 6.1 — Situação atual

De todas as NFEs-Novas Fontes de Energia, o biogás é o melhor substituto do GLP, o biofertilizante resultante da biodigestão, o outro substituto dos fertilizantes derivados do petróleo.

O consumo final do GLP no país cresceu 37% nos últimos cinco anos e a importação deste gás, no mesmo período, cresceu 958%. A Tabela 2 mostra a evolução do GLP em 10<sup>3</sup> tEP.

O governo está preocupado com a demanda crescente do GLP, as populações rurais estão absorvendo cada vez mais o GLP, a produção interna não acompanha a demanda, optando-se por importar cada vez mais o GLP.

Os subsídios do GLP estão sendo retirados e a população urbana não tem outra alternativa energética a curto prazo para substituir o gás de cozinha. O GLP constitui um "status" social de melhoria de vida para a população rural (50% ou mais da energia usada no setor doméstico nos trópicos é para cozinhar).

Não existe estatística oficial sobre o biogás no país, exceto os levantamentos bianuais dos biodigestores operando no Sistema Embrater. Todos os cálculos e referências ao biogás são quase sempre superestimados e apresentados como índices irreais e chegam a revelar que o potencial de produção de biogás (compreendendo o aproveitamento total de todos os resíduos animais, vegetais, do lixo e do lodo urbanos) é da ordem de 40 milhões de tEP/ano.

Tabela 3 — Equivalente energético do biogás

Ano	Biodigestor (N.º)	Equivalente 10 <sup>3</sup> TEP
1985	9 mil	3,9
1990	70 mil	67,9
1995	260 mil	252,4
2000	965 mil	936,8

Seria também temeroso esperar que o aproveitamento do nosso potencial para o biogás cresça em taxas equivalentes ao nosso consumo energético. Aceitar estes postulados seria desconhecer a realidade e os meandros da introdução de uma nova tecnologia no meio rural, por mais simples que seja, sem levar em consideração os múltiplos fatores sociais, culturais, econômicos e de estrutura da nossa sociedade rural.

As reservas energéticas brasileiras para as biomassas, incluindo o biogás, foram estimadas por (15), em 5,2 MtEP, com a participação de 0,8% nas fontes energéticas renováveis do país.

Um trabalho apresentado no Congresso da Coppe, "Brasil: da dependência à autonomia energética", situa o biogás no ano 2000 com 1,6 MtEP ou 0,5% do total do consumo aparente de energia e 2,3% entre as nove principais fontes não-renováveis, o mais aproximado do potencial calculado neste trabalho que foi de 0,937 MtEP.

## 6.2 — A matéria-prima para o biogás

A partir do rebanho bovino existente em 1980, estimou-se uma projeção até o ano 2000.

A Tabela 4 apresenta os dados mais significativos para estruturar um programa a longo prazo de difusão de biodigestores.

A partir da hipótese de que a matéria-prima mais real e disponível para se projetar um programa de difusão de biodigestores é o esterco das vacas ordenhadas diariamente, e tomando-se por base índices práticos de produção de esterco de 4 kg/vaca ordenhada, e o fator de conversão de 0,03/m<sup>3</sup> biogás/kg de esterco de bovino, determinou-se uma produção de biogás mais realística para as diferentes etapas deste estudo.

O respectivo equivalente energético do GLP, a partir do biogás, foi determinado para o cálculo do valor desta substituição de derivado de petróleo (Tabela 4).

Este potencial energético, previsto com mais segurança, será analisado posteriormente, em confronto com o potencial de biogás.

## 6.3 — A produção estimada de biogás

Em dezembro de 1983, estarão em operação no país 4 mil biodigestores de pequeno e médio portes, sendo 3 mil orientados pelo Sistema Embrater e os outros mil por diversas entidades públicas e privadas, incluindo os biodigestores instalados no Distrito Federal e em São Paulo. Estes biodigestores produzirão, em média, 6 m<sup>3</sup>/dia de biogás.

**Tabela 4 — Estimativa do rebanho bovino até o ano 2000, vacas ordenhadas, produção de esterco e de biogás, seu equivalente em GLP (produção diária) e o valor anual do potencial**

ANO	REBANHO BOVINO (1) (10 <sup>3</sup> .cab)	VACAS ORDENHADAS (2) (10 <sup>3</sup> .cab)	PRODUÇÃO DE ESTERCO (3) (10 <sup>3</sup> .kg)	PRODUÇÃO DE BIOGÁS (4) (10 <sup>3</sup> .m <sup>3</sup> )	PRODUÇÃO DE BIOGÁS (5) (10 <sup>3</sup> .kg)	EQUIVALENTE EM GLP (6) (10 <sup>3</sup> .kg)	EQUIVALENTE ENERGÉTICO EM GLP (7) (m <sup>3</sup> )	VALOR DO POTENCIAL/ANO (8) (US\$ 10 <sup>3</sup> )
1980....	118 971	16 513	66 048	2,0	2,32	812	1 460	94
1983....	128 493	17 860	71 440	2,1	2,44	854	1 536	98
1985....	135 260	18 801	75 204	2,3	2,67	935	1 681	108
1990....	153 780	21 375	85 500	2,6	3,02	1 057	1 901	122
1995....	174 836	24 302	97 208	2,9	3,36	1 176	2 115	135
2000....	198 776	27 629	110 516	3,3	3,83	1 341	2 412	154

Fonte: IBGE dados do rebanho de 1980. Estimativa própria para os períodos até o ano 2000.

Nota:

- (1) Taxa média anual de crescimento do rebanho de 2,6%, utilizada no Condepe/MA por J. Mattoso e H. Franco
- (2) Taxa de 13,9% para as vacas ordenhadas sobre o total do rebanho
- (3) Média de 4 kg por vaca ordenhada
- (4) FCP-Fator de Conversão igual a 0,03/m<sup>3</sup> biogás/kg
- (5) Massa específica do biogás igual a 1,16 kg/m<sup>3</sup>
- (6) Fator 0,35 kg de GLP/kg biogás
- (7) Fator 556 kg GLP/m<sup>3</sup>
- (8) Fator 1t GLP por US\$ 315 médio, em julho/83 (812 x 315 x 365 dias)

Considerando os fatores limitantes de difusão e aceitação do biodigestor pelos produtores, anteriormente apontados, estima-se para 84 e 85 a instalação de 2 mil e 3 mil biodigestores, respectivamente.

Para o período de 1985/90, como está previsto um crescimento econômico do país e tendo em vista que a tecnologia estará mais difundida entre os técnicos que operam no campo, espera-se instalar biodigestores com taxa crescente de 50% ao ano. Neste período o domínio da tecnologia pelos técnicos e pelos produtores provavelmente alcançará um grau satisfatório de aceitação e uso do biodigestor.

A taxa de crescimento proposta para o período de 1990 a 2000 é de 30% ao ano. Neste final de século poderemos alcançar a marca de 965 mil biodigestores instalados e operando no país.

A Tabela 5 identifica todos os valores do biogás alcançados nas etapas previstas para este estudo e mostra (coluna 6) que o potencial de matéria-prima, oriunda exclusivamente de vacas ordenhadas, é de tal porte que, somente no ano 2000 será ultrapassada pelos 965 mil biodigestores operando no país. Necessário se faz então, para o período de 1995 a 2000, admitir uma parte da criação de gado leiteiro em regime de estabulação completa, para se obter um índice superior ao estabelecido de 4 kg/cabeça de esterco/dia. Com isto haverá um equilíbrio entre o potencial energético e a produção de biogás.

A análise da Tabela 5 indica que o biogás concorrerá com o equivalente a US\$ 1.235.000/ano, em 1983, como substituto natural do GLP. Este mesmo índice alcançará, no ano 2000, um valor de US\$ 295 milhões/ano, a preços correntes do GLP em julho de 1983.

**Tabela 5 — Estimativa, por período, dos biodigestores em operação no país, produção diária de biogás e equivalente em GLP, valor anual da produção de biogás e potencial energético**

ANO	BIODIGESTOR RURAL (1) (nº)	PRODUÇÃO DE BIOGÁS/dia (2) (10 <sup>3</sup> .m <sup>3</sup> )	PRODUÇÃO DE BIOGÁS/dia (3) (10 <sup>3</sup> .kg)	EQUIVALENTE EM GLP/dia (4) (10 <sup>3</sup> .kg)	EQUIVALENTE EM GLP/dia (5) (m <sup>3</sup> )	POTENCIAL ENERGÉTICO ANO (6) (10 <sup>3</sup> .tEP)	VALOR DA PRODUÇÃO DE BIOGÁS/ANO (7) (US\$ 10 <sup>3</sup> )
1983	4.000	24	27,84	9,8	17,7	3,9	1.235
1985	9.000	54	62,64	21,9	39,4	8,7	2.740
1990	70.000	420	487,2	170,5	306,6	67,9	21.388
1995	260.000	1 560	1 809,6	633,4	1 139,2	252,4	79.506
2000	965.000	5 790	6 716,4	2 350,8	4 228,1	936,8	295.092

Fonte: Estimativas do autor

Notas:

- (1) Consideram-se três mil biodigestores instalados pelo Sistema Embrater e mais mil por outras fontes, em dez/83.
- (2) Produção média estimada em 6 m<sup>3</sup>/dia de biogás por biodigestor.
- (3) Massa específica do biogás: 1,16 kg/m<sup>3</sup>.
- (4) Fator de conversão: 0,35 kg de GLP/kg biogás.
- (5) Tomaram-se 556 kg GLP/m<sup>3</sup>.
- (6) Fator 0,607 x 1 m<sup>3</sup> = tEP.
- (7) Custo médio do GLP importado em julho/83: US\$ 315 t.

Para cálculo das estimativas dos biodigestores, estabeleceram-se os seguintes critérios:

- a) período de 1983/85 — instalação, de dois mil biodigestores em 1984, e 3 mil em 1985, e 3 mil em 1985.
- b) no período de 1985/90, um incremento de 50% ao ano.
- c) para 1990 até 2000, a taxa de crescimento foi de 30% ao ano.

6.4 — O insumo biofertilizante

Demonstrou-se através da pesquisa conduzida pela Unesp o valor em nutrientes do biofertilizante e ainda sua capacidade de substituir com vantagens os fertilizantes derivados do petróleo.

Na Tabela 6 verifica-se que a produção interna se aproxima do total de nutrientes importados e que o país ainda não produz nutrientes potássicos. Observe-se, também, na Tabela 7, que face à conjuntura do país, está ocorrendo uma queda acentuada do consumo aparente de fertilizantes.

É de se esperar que os produtores se voltem cada vez mais para a adubação orgânica das culturas em geral.

A reciclagem da matéria orgânica (através da biodigestão anaeróbia) é a melhor prática para um aproveitamento racional dos resíduos agrícolas e animais como fertilizante e da energia para atividades produtivas (acionar motores estacionários). Isto tudo é aproveitado pela família rural como um bem-estar permanente.

A Tabela 8 indica que o consumo aparente de fertilizantes em 1982 atingiu um valor total de Cr\$ 1 trilhão e que só a importação destes nutrientes pesou na balança de pagamentos com Cr\$ 345,5 bilhões, ou seja, 33% do total do consumo aparente.

Verifica-se que o potencial de matéria orgânica, expresso na Tabela 9, correspondente ao esterco das vacas ordenhadas, quando transformada em matéria seca, estará sempre muito acima da produção de adubo seco produzido pelos biodigestores, exceto no ano 2000.

Tabela 6 — Disponibilidade de fertilizante em 1982 — importação e exportação

NUTRIENTE	PRODUÇÃO (t)		IMPORTAÇÃO (t)		NUTRIENTE	
	Produto	Nutriente	Produto	Nutriente	Total 10 <sup>3</sup> t	%
Nitrogenados.....	799 163	396 771	909 172	246 841	643	24
Fosfatados.....	3 518 727	1 087 896	330 952	122 087	1 209	44
Potássicos.....	-	-	1 465 221	876 382	876	32
Total .....	4 317 890	1 484 667	2 705 345	1 245 310	2 728	100

Fonte: Sindicato da Indústria de Adubos e Corretivos Agrícolas-SP

Tabela 7 — Evolução do consumo aparente, importação e produção nacional de fertilizantes (toneladas de nutrientes)

ANO	IMPORTAÇÃO	PRODUÇÃO	CONSUMO APARENTE
1970...	808 808	189 759	998 567
1980...	2 205 914	1 916 671	4 122 585
1981...	1 221 343	1 431 990	2 653 333
1982...	1 245 310	1 484 667	2 729 977

Fonte: Pereira G. - Análise da Situação de Fertilizantes (resumo) SNAP/MA

Nota: O consumo aparente de 1981 sofreu uma redução de 64% em relação a 1980 e o consumo aparente de 1983 foi estimado inicialmente pelo MA em 7,5 milhões e depois reduzido para 4,5 milhões de t.

Tabela 8 — Custo médio dos macronutrientes e valor da importação e produção do consumo aparente — 1982

NUTRIENTES	PREÇO MÉDIO	IMPORTAÇÃO		PRODUÇÃO	
	(10 <sup>3</sup> Cr\$/t)	(10 <sup>3</sup> .t)	(10 <sup>6</sup> .Cr\$)	(10 <sup>3</sup> .t)	(10 <sup>6</sup> .Cr\$)
Nitrogenados -N	410	247	99 057	397	159 224
Fosfatados -P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	510	122	62 327	1 088	555 392
Potássicos -K <sub>2</sub> O	220	876	193 172	-	-
Total.....	-	1 245	354 556	1 485	714 616

Fonte: Dados calculados por J.G.Vieira, em agosto/83 - EMBRATER e Pereira G., da SNAP/MA.

Tabela 9 — Estimativa do potencial da matéria-prima reciclada e da produção de adubo seco gerado pelos biodigestores

ANO	VACAS ORDENHADAS (1)	PRODUÇÃO DE ESTERCO (2)	MATÉRIA SECA (3)	BIODIGESTOR RURAL (4)	PRODUÇÃO DE ADUBO SECO (5)
	(10 <sup>3</sup> . cab)	(10 <sup>6</sup> . Kg/ano)	(10 <sup>3</sup> t/ano)	(nº)	(10 <sup>3</sup> t/ano)
1980..	16 512	24 108	1 929		-
1983..	17 860	26 076	2 086	4 000	23,4
1985..	18 801	27 450	2 196	9 000	52,6
1990..	21 375	31 208	2 496	70 000	408,8
1995..	24 302	35 481	2 838	260 000	1 518,4
2000..	27 629	40 338	3 227	965 000	5 635,6

Fonte: Estimativa do autor.

Nota:

- (3) 8% do total da produção anual de esterco, correspondentes a sólidos totais
- (5) Tomarem-se 8% de 200 kg de esterco úmido de bovino, por biodigestor, necessário para se obter 6 m<sup>3</sup>/dia biogás

Tabela 10 — Conteúdo energético do total de fertilizantes empregado no setor agrícola — 1982

NUTRIENTE	10 <sup>3</sup> t	FATOR tEP/t	MtEP
N .....	643	0,4396	0,283
P .....	1 209	0,07952	0,096
K .....	876	0,055	0,048
Total.....	-	-	0,427

Nota: Fatores de N, P e K, fornecidos pelo prof. Fernando Groisman da Fundação Bariloche, Argentina  
 Estima-se, pois, em 0,427 MtEP o valor energético do fertilizante, consumido pela agricultura em 1982

Observa-se que a produção de adubo seco, resultante do efluente dos 4 mil biodigestores instalados em 1983, no total de 23,4.10<sup>3</sup>t/ano, ao preço médio dos nutrientes comerciais existentes na praça do Distrito Federal, em agosto/83, corresponde ao valor de Cr\$ 8,8 bilhões. Neste cálculo não se computou a parte líquida do efluente, também rica em nutrientes e que concorre para irrigar as culturas e como fator de correção do pH do solo.

Somente no ano 2000 a produção de adubo seco (5.636,6.10<sup>3</sup>t/ano) será superior à produção de matéria seca (3.227.10<sup>3</sup>t/ano) das vacas ordenhadas.

#### 6.4.1 — Valor energético do biofertilizante

A Tabela 10 quantifica em MtEP o conteúdo energético do total de ferti-

lizantes utilizados no setor agrícola em 1982, de produção nacional e importado, tomando-se os fatores correspondentes aos nutrientes N, P e K.

A partir destes fatores pode-se estimar a participação conjunta do biogás e do biofertilizante resultantes dos biodigestores, no balanço energético das diversas etapas do cenário deste estudo.

#### 6.5 — Investimento para o projeto biogás

Em 1983, o PME/Seplan investiu Cr\$ 122,5 milhões no Projeto de Difusão de Biogás, da Embrater.

Para 1984 e 1985 estão previstos recursos financeiros da ordem de Cr\$ 266,7 milhões e Cr\$ 417 milhões.

Com a previsão de atualização de 10% a partir de 1985, teremos os resultados apresentados na Tabela 12.

Os projetos na área de energia não-convencionais devem receber estímulos e grandes investimentos.

É preciso que o esforço [16] até agora feito no setor do biogás não venha a esmorecer como resultado de eventuais e passageiras situações de alívio nos dispêndios de divisas para importação de petróleo e derivados.

Necessitamos de mais investimentos para transferir a tecnologia do biogás para os produtores rurais.

#### 6.6 — Características da tecnologia do biogás

A tecnologia do biogás no meio rural conduz a uma série de características que a distingue com vantagens das outras fontes não-convencionais de energia:

Tabela 11 — Potencial energético resultante do biogás e do biofertilizante, segundo o número de biodigestores operando nas etapas previstas no cenário do estudo

ETAPAS	BIODIGESTOR (Nº)	BIOGÁS MtEP	BIOFERTILIZANTE		TOTAL MtEP
			Produção 10 <sup>3</sup> t/ano	Equivalente Energético MtEP	
1983..	4 000	0,0039	23,4	0,0037	0,0076
1985..	9 000	0,0087	52,6	0,0083	0,0170
1990..	70 000	0,0679	408,8	0,0646	0,1325
1995..	260 000	0,2524	1 518,4	0,6096	0,8620
2000..	965 000	0,9368	5 635,6	0,8909	1,8277

Fonte: Estimativa do autor.

Tabela 12 — Investimento no Projeto de Difusão de Biogás, da Embrater — período 1983 a 2000

ANO	INVESTIMENTO (Milhões de cruzeiros)
1983...	122,5
1985...	417,0
1990...	671,6
1995...	1 081,6
2000...	1 754,0

- a) A geração de biogás e de biofertilizante não compete pela posse da terra com as culturas alimentares e de exportação como ocorre com a cana, sorgo, mandioca, oleaginosas etc.
- b) Promove a fixação do homem no campo, oferecendo uma melhor qualidade de vida.
- c) Concorre para aumentar a produtividade agrícola e a renda do produtor, com a aplicação do biofertilizante.
- d) Reduz a demanda de fertilizantes derivados do petróleo.
- e) Favorece a capacitação e a absorção da mão de obra rural, aumentando o nível de emprego e de bens nas áreas rurais.
- f) Descentraliza a energia, liberando o GLP importado para as populações urbanas.
- g) Procura atingir a auto-suficiência energética das empresas agrícolas.
- h) Caracteriza-se por ser uma energia explorada a baixo custo, com tecnologia simples.
- i) Concorre para recuperar o solo e despoluir o meio ambiente.
- j) Reduz o custo do transporte da energia do litoral para o interior do país.
- k) Reduz o balanço de pagamento dos custos de petróleo, GLP e fertilizantes.

#### 6.7 — Medidas complementares

Algumas medidas complementares para dinamizar a transferência da tec-

nologia do biogás no meio rural e atingir as metas propostas neste documento podem ser:

- a) Capacitação de pessoal técnico de nível superior e médio a curto, médio e longo prazos para transferir a tecnologia e acompanhar os biodigestores instalados. O sistema Embrater necessita capacitar em biogás mais 9.500 extensionistas que operem junto ao produtor.
- b) Incluir nos cursos regulares de agricultura, em todas as universidades e no ensino de 1.º e 2.º graus, matéria referente à construção e manutenção de biodigestores rurais e urbanos.
- c) Ampliar os recursos financeiros do PME/Seplan para dinamizar o Projeto de Difusão de Biogás na Embrater. Espera-se com isto que cada um dos 2.600 escritórios locais, atendendo a 4.017 municípios, disponha de três técnicos capacitados em biodigestores até 1985.
- d) Estender os encargos financeiros dos programas especiais para investimentos específicos em biodigestores na aquisição pelo produtor de equipamentos e motores que proporcionem bem-estar e atividades produtivas para a agropecuária.
- e) Apoiar e estimular a indústria brasileira com isenção de taxas de IPI e ICM, para equipamentos e motores a biogás.
- f) Estender o Proinvest às operações normais do Sistema Nacional de

Crédito Rural, concedendo prioridade aos investimentos para biodigestores e equipamentos.

- g) Estimular os órgãos de pesquisa a desenvolverem estudos sobre biodigestão anaeróbia e engenharia de biodigestores, visando melhorar a operação e a construção de biodigestores a baixo custo.

#### 7 — BIBLIOGRAFIA

- (1) EL CIID — Canadá — vol. I, n.º 12 — 1980.
- (2) Uma análise comparativa da eletrificação rural entre as opções: linha de distribuição e autogeração com uso de biogás — Afonso H. M. Santos e Luiz A.H.N.
- (3) Development Digest — vol. XVII, n.º 3.
- (4) GOBARGÁS — Retrospect and Prospects — Rubem Schocken, pág. 24.
- (5) New Alchemy Institute — Newsletter n.º 3 — 1973.
- (6) Modelo Energético Brasileiro - maio/81 — MME.
- (7) Balanço Energético Nacional - MME/1982.
- (8) A política energética brasileira — Josemar Xavier de Medeiros - BSB/Junho/1981.
- (9) IPT — A experiência paulista — Armando M. M. Filho.
- (10) Plano Nacional de Pecuária — MA/1979.
- (11) Processamento do biogás e seu aproveitamento em veículos, tradução de Celso S. Gomes — Sanepar, 24-8-82 — Agosto/80.
- (12) Viabilidade econômica do uso de biodigestores — doc. tec. Catí n.º 47 — mar/1983.
- (13) Aproveitamento dos resíduos domésticos na habitação popular — Cohab — Recife/1983.
- (14) Pereira, G. — Análise da situação de fertilizantes — Snap/MA.
- (15) E. L. la Rovere, Energie et style de development; Les cas du Bresil, Paris, Ehes, dec/1980.
- (16) Energia 82 — As novas opções, diagnósticos Apec.
- (17) Paer - Programa Alternativo de Energia Rural.