




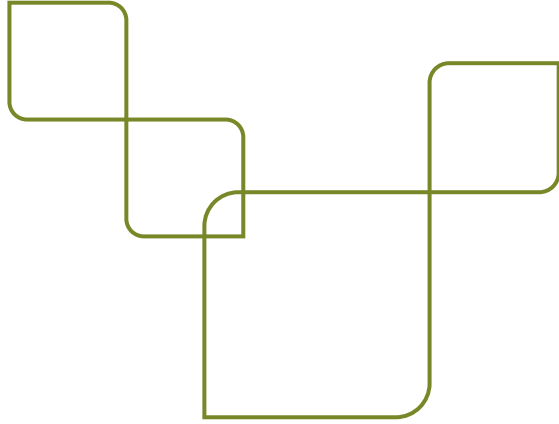
Agroenergia

da biomassa residual:

perspectivas energéticas,
socioeconômicas e ambientais.



2ª edição, revista



■ **Agroenergia**
da biomassa residual:
perspectivas energéticas,
socioeconômicas e ambientais.

Cícero Bley Júnior
José Carlos Libânio
Maurício Galinkin
Mauro Márcio Oliveira

2ª edição, revista

Itaipu Binacional/FAO

Technopolitik Editora

Foz do Iguaçu/Brasília

2009

EQUIPE TÉCNICA

Superintendente da Coordenadoria
de Energias Renováveis da Itaipu Binacional: Cícero Bley Jr.
Coordenador do projeto: José Carlos Libânio
Editor: Maurício Galinkin
Consultor para agroeconomia: Mauro Márcio Oliveira
Produção de conteúdo

Capítulos I a VII

- Cícero Bley Jr.
- José Carlos Libânio
- Maurício Galinkin e
- Mauro Márcio Oliveira

Anexos

- Anexo I: Maurício Galinkin e Cícero Bley Jr.
- Anexo II: Plataforma Itaipu de Energias Renováveis
- Anexo III: Cícero Bley Jr. e Gláucio Rollof

Projeto gráfico: Competence Comunicação e Marketing

Itaipu Binacional

Diretor-Geral Brasileiro: Jorge Miguel Samek

Endereço

Centro Executivo da Itaipu Binacional, Avenida Sílvio Américo Sasdelli, s/nº, Vila A
Foz do Iguaçu, PR, CEP 85866-900
Tel.: 55 (45) 3520-5252
itaipu@itaipu.gov.br

FAO – Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação

Representante no Brasil: José Tubino

Endereço: Eixo Monumental via S-1 Campus do INMET - Setor Sudoeste - Brasília, DF

CEP: 70680-900 - Caixa Postal: 00242

Contato: tel.: + 55 (61) 3038-2299 | Fax: +55 (61) 3343-2543

TechnoPolitik Editora

Endereço: SCS Quadra 01, Bloco B, loja 23, Sobreloja.

CEP: 70308-900 Brasília. D.F.

Contato: editor@technopolitik.com; tel: 61 8407-8262

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação – CIP

A281

Agroenergia da *biomassa residual*: perspectivas energéticas, socioeconômicas e ambientais/Maurício Galinkin, editor; Cícero Bley Jr. ... [et al.]. 2ª ed. rev. - Foz do Iguaçu/Brasília: Itaipu Binacional, Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação, TechnoPolitik Editora, 2009.

140 p.: il., color.

Inclui bibliografia e anexos.

ISBN 978-85-62313-02-8

1. Energia de biomassa – Brasil. 2. Fonte renovável de energia. 3. Impacto ambiental. 4. Zona rural. 5. Desenvolvimento sustentável. I. Galinkin, Maurício. II. Bley Jr., Cícero.

CDU 620.95(81)

CDD 333.95 (22.ed.)

APRESENTAÇÃO ITAIPU

A fronteira trinacional do Brasil, Argentina e Paraguai abriga dois valiosos patrimônios naturais: solos férteis, que são a base para um rico complexo agropecuário e agroindustrial; e muita água, garantida por rios importantes como o Paraná e o Iguazu, pelo Aquífero Guarani, que se espalha pelo subsolo de quatro países, e pelo reservatório da hidrelétrica de Itaipu, com mais de 170 quilômetros de extensão e 29 bilhões de metros cúbicos de água.

Essas condições permitiram construir no Brasil – e mais precisamente no oeste paranaense – um dos mais promissores segmentos da economia rural brasileira, com milhares de pequenos produtores rurais, em sua maioria de caráter familiar, organizados na forma de cooperativas. Seu sistema de produção basicamente consiste no cultivo de soja e milho, que são transformados em ração utilizada como insumo na suinocultura, avicultura e bovinocultura de leite, chegando à industrialização de carnes e laticínios. Além de atender ao mercado interno, essa eficiente cadeia produtiva exporta para os principais mercados internacionais.

A riqueza e o dinamismo econômico dessas atividades na região têm como base a exploração intensiva dos recursos naturais, que acaba por cobrar um preço alto do ambiente, o que já começa a se evidenciar pelos registros de contaminação do solo e das águas por agrotóxicos; pela perda de solos resultante da erosão; pela perda da cobertura vegetal e da biodiversidade; bem como pela produção de efluentes da pecuária (dejetos de suínos, aves e gado) e das cidades (esgotos industriais e domésticos).

Como a ocupação humana é recente – a exploração agrícola de forma mais intensa tem apenas 50 anos –, a lógica manda mudar os meios de produção agora, pois recuperar a qualidade ambiental no futuro será uma tarefa cada vez mais complexa.

É isso que a Itaipu Binacional vem estimulando com suas ações de responsabilidade socioambiental, tais como o programa Cultivando Água Boa, um amplo movimento liderado pela empresa e que reúne mais de 2 mil parceiros, entre associações comunitárias, cooperativas, instituições de ensino, órgãos de governo municipais,

estaduais e federais, além de ONGs. Em seis anos de execução, esse programa tem mudado a vida de milhares de pessoas, por meio de ações de educação ambiental, apoio técnico às atividades agropecuárias, projetos de proteção à biodiversidade, entre outros.

Nesse cenário, a Plataforma Itaipu de Energias Renováveis surge como promotora de uma alternativa econômica e tecnicamente viável para dar sustentabilidade à pecuária, que é a atividade em que se encontram os impactos mais agressivos ao ambiente nessa região, que conta com um rebanho de mais de 1 milhão de suínos e cerca de 30 milhões de aves. Nesses casos, a proposta é utilizar os dejetos para gerar energia e tornar a propriedade autossuficiente ou, pelo menos, suprir sua demanda energética durante os horários de ponta, quando as tarifas são mais caras.

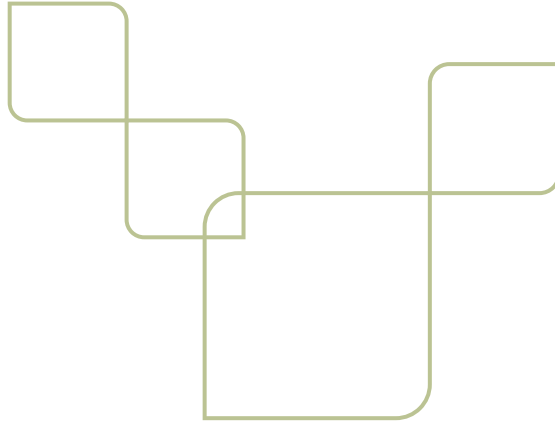
Nosso país, com sua enorme biodiversidade e disponibilidade de água, produção agropecuária invejável e condições climáticas favoráveis, tem grande potencial para assumir uma posição de forte promotor do aproveitamento de fontes renováveis.

E o emprego energético da biomassa residual das atividades agropecuárias e do tratamento de esgotos urbanos merece um foco diferenciado, visto que está diretamente ligado ao suprimento de água de boa qualidade, um bem cada vez mais escasso no século 21.

É nesse contexto de responsabilidade socioambiental e de apoio ao desenvolvimento de fontes renováveis que a Itaipu Binacional oferece ao público esta obra, provocando a discussão do tema e para a busca de soluções que amenizem os impactos das mudanças climáticas. A biomassa residual das atividades agropecuárias constitui uma vasta reserva energética de que o Brasil dispõe mas que está inerte, espalhada pelos campos do país, esperando para ser usada. Seu aproveitamento sinaliza para novas oportunidades de geração de emprego e renda, e da promoção do desenvolvimento com sustentabilidade.

É o que se poderá comprovar ao longo das páginas deste livro. Boa leitura!

Jorge Miguel Samek
Diretor-geral brasileiro da Itaipu Binacional



APRESENTAÇÃO FAO

O Dr. Franklin Hiram King, no seu livro clássico “Agricultores de Quarenta Séculos: Agricultura Permanente na China, Coreia e Japão” (só publicado em 1926), relatou em 1904 suas observações sobre como, nesses países, os camponeses tinham cultivado os mesmos campos durante 4.000 anos sem destruir a fertilidade do solo. Dr. King chegou a uma conclusão bastante simples: a chave da sustentabilidade desses sistemas ancestrais de produção agrícola é a reciclagem do desperdício, incluindo dejetos humanos.

A agricultura industrial de nossos tempos esqueceu a sabedoria acumulada pela humanidade durante os milênios e se converteu na agricultura do desperdício, exportando a fertilidade do solo e a água utilizada na produção agropecuária para os centros de consumo. Esqueceu-se de reciclar seus subprodutos, particularmente os dejetos animais que contaminam o meio ambiente e que são fonte de gases do efeito estufa. Esqueceu que o carbono e o metano na atmosfera são um perigo, mas que esse mesmo carbono no solo é matéria orgânica e que o metano no biodigestor é um combustível para motores, para a produção de calor e também de eletricidade.

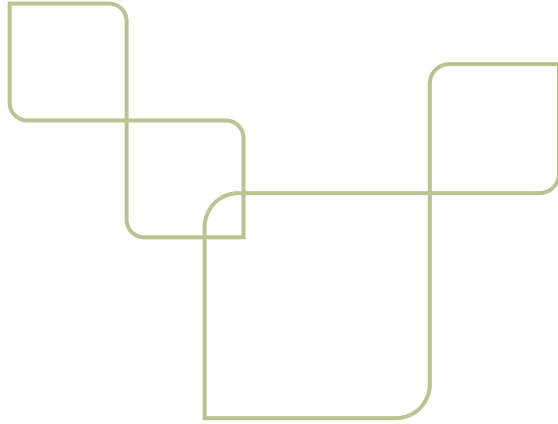
A Itaipu Binacional e a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação – FAO colocam o foco, neste livro, no potencial da utilização dos dejetos animais da pecuária brasileira para a geração de gás metano e, a partir dessa base, a geração de eletricidade, a produção de biofertilizantes e, dependendo das negociações sobre o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo do Convênio de Kioto, para receber o pagamento de bônus de carbono.

Consideramos urgente a necessidade de relembrar os princípios básicos aprendidos através da história da agricultura no mundo para, assim, poder aplicar esse conhecimento junto com a ciência e a tecnologia modernas. Esse é um passo fundamental para abrir um novo paradigma do desenvolvimento. Temos uma oportunidade que não pode ser perdida.

Este livro é um passo nessa direção. Tenho a confiança que vamos poder unir esforços com outros atores relevantes da sociedade brasileira e continuar abrindo o caminho da sustentabilidade para a produção agropecuária brasileira.

José Tubino

Representante da FAO no Brasil



ÍNDICE

	Apresentação Itaipu	iii
	Apresentação FAO	v
	Índice, relação de tabelas, quadros, figuras e gráficos	vii
	Resumo executivo	01
1.	Introdução, objeto e justificativa	07
	1- Introdução	09
	2- Objeto e justificativa do relatório	11
	3- Objetivos, resultados esperados e impactos	13
2.	Produção e tratamento de resíduos animais e vegetais	15
	1- O crescimento recente da produção de proteína animal	17
	2- A contrapartida: os impactos ambientais	19
	3- A biomassa residual como fonte de energia	26
	4- Crescimento da biomassa residual no Brasil	28
	5- O tratamento sanitário da biomassa residual	30
3.	Agroenergia: obtenção de biogás e geração de energia térmica e elétrica	35
	1- A agroenergia	37
	2- Processos de produção e produtos	42
	3- Impactos econômicos positivos da geração distribuída de energia elétrica	45
4.	Avaliação do potencial de produção de energia e subprodutos	49
	1- A produção de proteína vegetal e animal	51
	2- Novo ciclo transfere mais impactos ambientais	53
	3- Características do produtor da biomassa residual	57
	4- A produção potencial de energia dos criatórios	57
	5- Estimativas da recuperação de nutrientes	61
	6- Estimativas do sequestro de carbono	63
5.	Potenciais impactos sociais	65
	1- Introdução	67
	2- Vetores que geram os impactos sociais	67
	3- Os impactos sociais no meio rural	68
	4- Os impactos sociais referentes aos bens públicos	73
6.	Propostas de estudos e conclusões	77
	1- Condições legais estão dadas: cabe incentivar seu uso	79
	2- Vantagens da bioenergia	80
	3- Questões locais	81
	4- Sugestões para desenho de políticas	82
	5- Temas merecedores de estudos mais detalhados	84
	6- Conclusões	86
7.	Bibliografia consultada	89

Anexo 1	Histórico recente da Geração Distribuída de energia por microprodutores do Paraná	97
Anexo 2	Extrato do estudo de caso: Granja Colombari	107
Anexo 3	Encaminhamentos futuros – nota conceitual	117
Anexo 4	Unidades de medida de energia	125

Tabelas

1	Brasil, exportações e importações de carnes, 1996- 2008	17
2	Participação dos rebanhos brasileiros no total mundial, em mil cabeças	19
3	Cálculo da emissão anual de metano originário de dejetos da exploração pecuária, segundo espécies, em mil toneladas anuais	19
4	Bacia Paraná III: produção anual de dejetos pela população animal, 2006	20
5	Coeficientes de produção animal de esterco e biogás	21
6	Brasil: produção de esterco considerada, bovinos, suínos e frangos abatidos, bovinos estabulados e vacas leiteiras, em toneladas	21
7	Brasil: principais rebanhos e produção de esterco	21
8	Brasil: usinas termoeletricas utilizando licor negro como combustível, 2008	30
9	Brasil: empreendimentos independentes geradores de energia a partir do biogás	47
10	Países membros da FAO, importações de soja, em grãos, farelo e óleo, 1983-1993-2003, em 1.000 t	52
11	América do Sul, exportações de soja, em grãos, farelo e óleo, 1983-1993-2003, em 1.000 t	52
12	Parâmetros da produção potencial típica de biogás	57
13	Geração de energia a partir de diferentes fontes de biomassa	58
14	Brasil: abates mensais, bovinos, suínos e aves, 2006	58
15	Brasil: estimativa de produção de biogás relativa ao plantel abatido (bovinos, suínos e aves) em estabelecimentos inspecionados, vacas leiteiras e bovinos estabulados no ano de 2006, em milhões de m ³	59
16	Brasil: estimativa de N, P e K contidos no biofertilizante obtido da biomassa residual, total anual recuperável, em 1.000 t, 2006	62
17	Brasil e Grandes Regiões: estimativa da população com situação de domicílio rural, segundo a condição de atividade, 2004	70
18	Brasil: distribuição dos ocupados rurais não agrícolas, segundo a atividade econômica, 1995	70
19	Brasil: média de jornadas semanais, idade e escolaridade do pessoal ocupado na agropecuária, segundo sexo, 2004	71
20	Benefícios e custos, privados, externos e sociais	75
1-A	Anexo 2: registros da operação realizados nos primeiros 7 dias (168 horas)	108
2-A	Anexo 2: resumo dos registros em 24 e 168 horas	109
A-VII	Anexo 4: unidades de medida de energia	125

Gráficos

1	Exportações brasileiras de proteínas animais (carnes), por destino, em toneladas, 1996-2007	18
2	Exportações brasileiras de proteínas animais (carnes), por destino, em US\$ 1,000, 1996-2007	18
3	Conversão de cobertura vegetal natural para produção de biocombustíveis - Tempo de zerar as emissões de CO ₂ liberado com desmatamento com a utilização do respectivo combustível produzido	37
4	Fases da produção de biogás	42
5	Distribuição percentual do uso e destino da soja produzida no Brasil, 2000-2004	53
6	Brasil: valor da produção pecuária, por tipo de produtor, segundo a criação, 2004, em percentuais	57
7	Brasil: renda média mensal do pessoal ocupado na área rural, por atividade e sexo, 2004	71
1-A	Anexo 2: requisitos ao controlador/sincronizador	112

Figuras

1	Braços do reservatório de Itaipu com indicadores de eutrofização	22
2	Estado trófico do reservatório da Itaipu Binacional	23

Boxes

1	Paraná cria mercado de longo prazo para venda de energia elétrica produzida a partir de biomassa residual	5
2	Efeitos indesejáveis da eutrofização das águas	25
3	Produção de biogás a partir do vinhoto de cana-de-açúcar	41
4	Cronologia do biogás	43
5	Tecnologia avança nos veículos elétricos	46
6	Como o Brasil entrou no comércio internacional de soja	51
7	Instalação de um complexo de carne de aves no Centro-Oeste brasileiro	56
8	O teste vitorioso da geração distribuída: estudo de caso	60
9	Os três tipos de gastos públicos	74

Créditos

Figuras

Pág. 23 Gráfico (figura 2) elaborado pela Divisão de Reservatório (MARR.CD) da Itaipu Binacional, Programa de Monitoramento e Avaliação Ambiental

Fotografias

Pág. 09 Foto: Vivi Zanatta - Agência Estado. "Aves poedeiras".

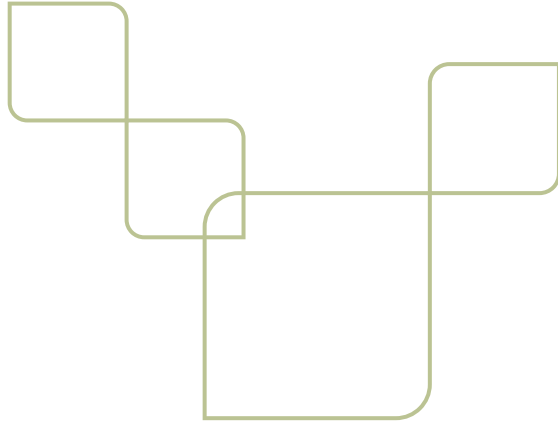
Pág. 18 Foto: Rodrigo Félix Leal - APPA. "Exportação de soja".

Pág. 24 Foto: Marcio Silva - Correio Amazonense/AE. "Peixes morrem no Lago Rei".

Pág. 29 Foto: Hélvio Romero - Agência Estado. "Bagaço de cana".

Pág. 43 Foto: Celio Messias - Agência Estado. "Usina São Martinho".

Págs. 14, 25, 31, 33, 46, 55, 56, 61, 62, 72 e 76 Fotos: Alexandre Marchetti - Itaipu Binacional.



RESUMO EXECUTIVO

A fotossíntese, uma reação de natureza química, combinando dióxido de carbono atmosférico e água, transforma e acumula a energia solar nos vegetais e alguns organismos unicelulares. Os vegetais servem de alimento para uma vasta gama de animais, inclusive o homem, e sua digestão – sempre incompleta – gera resíduos orgânicos que ainda mantêm um potencial energético. Além da carga orgânica, esses efluentes dos animais possuem outros compostos orgânicos, nutrientes e minerais como nitrogênio e fósforo. Quando dispostos na natureza em estado bruto, particularmente se oriundos de aglomeração de animais em espaços relativamente reduzidos, esses resíduos – que são denominados *biomassa residual* – produzem significativos impactos ambientais resultantes da liberação de altas cargas carbonáceas.

Operando dentro de margens de lucro constantemente reduzidas e limitadas pela prática e concorrência acirrada no setor, a produção de proteína animal em nosso país tem encontrado dificuldades para cobrir os custos de investimento e operação do tratamento desses impactos ambientais. Com isso, a sustentabilidade da criação é comprometida e pode ocorrer sua inviabilização pelo não atendimento da legislação ambiental. A possibilidade de gerar novas receitas não operacionais, quer dizer, faturamento adicional com outros produtos além da venda dos animais, como a produção de energia elétrica, a venda de créditos ao mercado de carbono por evitar que gases do efeito estufa atinjam a atmosfera terrestre, e a venda de biofertilizantes abre uma nova perspectiva ao setor, ao aportar recursos relevantes para cobrir investimentos e custos operacionais necessários ao tratamento da *biomassa residual*. E, caso eles não sejam suficientes, será necessário encontrar recursos subsidiados para viabilizar essas ações, já que as mudanças climáticas exigem a redução nas emissões de gases do efeito estufa.

Esse trabalho, resultado das preocupações da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) e da Itaipu Binacional – gestora da maior usina hidrelétrica do país,

debruça-se sobre um fato que até pouco tempo atrás não entraria sequer na agenda de produtores de energia elétrica: os impactos de resíduos e efluentes agropecuários nas águas do reservatório que abastece suas turbinas geradoras e, também, no ar e no solo da sua bacia hidrográfica.

O processo de crescente urbanização da população mundial criou a necessidade de produção e comercialização de grandes volumes de alimentos para abastecê-la. Com isso formaram-se processos agropecuários em escala industrial e fluxos dessas mercadorias do campo para as cidades. O que interessa, nesse trabalho, é focalizar como se dão agora, na natureza, os impactos da cadeia produtiva de criação e industrialização de animais e as possibilidades de transformá-los em fonte de energia.

Assim como temos cada vez mais pessoas nas cidades, os criatórios de animais se ampliam continuamente para produzir mais carnes com menores preços (relativos), mas gerando também grandes volumes de resíduos e efluentes, cada vez mais concentrados geograficamente, e que a natureza não tem mecanismos para processar como o fazia quando os animais eram criados de forma extensiva.

Tendo que enfrentar uma situação objetiva em que os criadores têm cada vez mais que apostar no aumento do número de animais a serem estabulados, muitos deles encontram-se sem condições de realizar os investimentos necessários ao tratamento dos efluentes dos criatórios. Colocou-se, então, aos autores deste trabalho, o desafio de examinar a dimensão desse problema no Brasil e se a ideia de utilizar a energia existente nesses resíduos e efluentes – a *biomassa residual* – poderia ter significado e, o tendo, se seria capaz de remunerar os investimentos e os custos operacionais de seu tratamento sanitário.

Essa energia seria proveniente do biogás resultante da biodigestão dos efluentes, tendo ainda como subproduto o biofertilizante. Além disso, os criadores e toda a cadeia produtiva

de carnes, ao tratar sanitariamente a *biomassa residual*, estariam evitando emissões de gases do efeito estufa e poderiam se candidatar, por essa razão, à comercialização de créditos de carbono. Assim, o projeto do presente trabalho vislumbrava poder adicionar à renda dos produtores e processadores da cadeia de proteína animal mais três outras fontes de economia ou faturamento: com o uso e/ou venda de energia elétrica, com o uso e/ou venda do biofertilizante e, também, com a comercialização dos créditos pela captura e queima de gases do efeito estufa.

Principais resultados

Os cálculos realizados adotaram dados conservadores, tendentes a uma subestimação dos resultados. Utilizando os coeficientes indicados por três autores¹, encontrou-se um potencial teórico da produção que pode atingir cerca de 1 TWh/mês, ou seja, um bilhão de kWh/mês, que equivale ao consumo de uma cidade com 4,5 milhões de habitantes². Caso se adicione, a estes 12 TWh/ano gerados a partir dos criatórios de animais, os cerca de 6,32 TWh/ano que poderiam ser recuperados do vinhoto (ou vinhaça) da produção brasileira de álcool³, a *geração distribuída* de energia elétrica seria suficiente para abastecer anualmente uma região metropolitana como a do Rio de Janeiro.

De acordo com Bley Jr. (2008a), o custo da energia evitada (deixada de ser comprada para consumir a produção própria) é da ordem de R\$ 0,22 kWh, ou seja, teríamos mensalmente uma economia de gastos com a geração própria da energia elétrica, por parte dos criadores, de R\$ 220 milhões. Em termos anuais, seriam R\$ 2,7 bilhões.

Caso os produtores decidissem vender toda essa energia, ao preço praticado pelo leilão da Copel em fevereiro de 2009, teriam um faturamento anual adicional de R\$ 1,5 bilhão (veja Box 1, ao final deste Resumo Executivo).

Aos atuais preços de comercialização da energia elétrica oriunda do biogás, o autoconsumo provocaria uma economia de gastos acima de 70% com relação ao faturamento obtido pela sua venda. Ou seja, a tendência será vender apenas o excedente da energia gerada.

Mesmo de um ponto de vista nacional, a energia elétrica produzida a partir dos efluentes dos criatórios é significativa, podendo alcançar 2,4% da oferta brasileira de energia elétrica, e equivalente a 12% da energia gerada pela Itaipu Binacional, nossa maior usina hidrelétrica⁴.

A UHE Jirau, no rio Madeira, em Rondônia, irá gerar uma quantidade média de energia elétrica equivalente à aqui identificada, provocando impactos ambientais e exigindo um investimento acima de R\$ 13 bilhões, sem contar aquele necessário para a construção dos linhões destinados a entregar a energia ao Sistema Elétrico Nacional.⁵ No caso aqui proposto, os empreendimentos mitigarão os impactos ambientais dos criatórios.

O presente trabalho mostra também que seria possível recuperar da *biomassa residual* dos animais em criatórios ou semiestabulados: 85% do nitrogênio, 15% do fósforo e 43% do potássio previsto para utilização pelo total da safra de grãos brasileira de 2008/2009. Em termos de nitrogênio e potássio são números significativos, e sua recuperação pode auxiliar no enfrentamento dos empecilhos que a dependência das importações de fertilizantes coloca à expansão e aos custos da agricultura brasileira. Os cálculos realizados mostram

1 Um quarto autor, Palhares (s.d.) informa um índice de conversão de biogás em energia elétrica bem abaixo dos outros três, mas baseia-se em estudos com cama de frango, que contém menor potencial energético, além de baixo coeficiente técnico de recuperação que o caso de bovinos e suínos.

2 Informações da Superintendência Técnica da Itaipu Binacional.

3 Veja Box nº 3: "Produção de biogás a partir do vinhoto da cana-de-açúcar", na seção 1 do Capítulo III.

4 Cálculos realizados a partir de informações do superintendente técnico da Itaipu Binacional, Eng. Jorge Habib Hanna.

5 Fonte: Aneel, Relatório complementar, http://www.aneel.gov.br/hotsite/hotsite_ver2/default.ctm#xxx, consulta em 09.10.08, 12h

que se poderiam recuperar, anualmente, até 643.000 toneladas de nitrogênio, 369.000 toneladas de fósforo e 650.000 toneladas de potássio.

O total anual de metano (CH₄) contido no biogás produzido a partir da *biomassa residual* aqui estudada equivaleria a 71,3 milhões de toneladas de CO₂ que deixariam de ser emitidas para a atmosfera. A cotação dos créditos de redução de emissões alcançou 9,41 euros por tonelada em fevereiro de 2009⁶. O aproveitamento total da *biomassa residual* geraria, então, a possibilidade de a cadeia produtiva brasileira de proteínas animais crescer seu faturamento anual em 671 milhões de euros.

Estrutura do trabalho

O estudo está dividido em seis capítulos, além deste Resumo executivo e da bibliografia consultada, e quatro anexos. O primeiro destes atualiza informações relevantes até maio/junho de 2009, já que o corpo deste trabalho foi resultante de estudos e pesquisas realizados entre janeiro e agosto de 2007, contendo ainda algumas atualizações realizadas no início de 2009. Dessa forma, recomenda-se a leitura do Anexo 1 como parte essencial das informações contidas neste livro.

Como de praxe, inicia-se com uma breve introdução (Capítulo I) e definição do objeto do trabalho e sua justificativa. Neste capítulo mostra-se que o foco do trabalho está no estudo da *geração distribuída*⁷ de energia elétrica e seu incentivo, que pode contribuir para viabilizar o tratamento sanitário dos efluentes de criatórios e do processo de industrialização das carnes. Identificam-se, também, os principais interessados na questão. Os objetivos, ressalta-se, são fornecer elementos

para o desenho de políticas públicas e ações para incrementar a *geração distribuída* de energia elétrica produzida a partir da *biomassa residual*.

Os resultados esperados dessas políticas e ações são uma melhor qualidade ambiental nas águas, no solo e na atmosfera; a produção de energia elétrica que leve a uma redução na pressão de demanda no Sistema Elétrico Nacional, especialmente no horário de ponta; o reforço orçamentário dos criadores e processadores com fontes de renda que, no mínimo, viabilizem o investimento no tratamento sanitário e a geração de energia elétrica; a geração de emprego e renda a partir da demanda por equipamentos e serviços necessários para o tratamento sanitário da *biomassa residual* e a produção de energia elétrica; a elevação da renda do setor com a venda de créditos de carbono e dos biofertilizantes. Como “bônus”, o agronegócio teria uma elevação do *status* da proteína animal brasileira no mercado internacional, devido à minimização dos impactos ambientais de sua produção, fator hoje mercadologicamente relevante no comércio internacional.

Em seguida, a produção e o tratamento dos resíduos são analisados, apresentando-se informações sobre o crescimento recente da produção de proteína animal e sua contrapartida: os impactos ambientais. Ainda neste Capítulo II, aborda-se a *biomassa residual* enquanto fonte energética e seu tratamento sanitário, que permite a produção de energia.

O Capítulo III parte da análise de processos de produção da agroenergia – energia gerada de forma distribuída espacialmente no campo e produtos assim obtidos – e seus impactos positivos. Ao final, listam-se os

⁶ Conforme notícia em <http://invertia.terra.com.br/carbono/O,,13646819-E18939,00.html>

⁷ Geração distribuída de energia elétrica é produzida de forma espacialmente descentralizada e em pequena escala.

empreendimentos que já operam no Brasil a partir do biogás.

No Capítulo IV avalia-se o valor do potencial de produção nos criatórios brasileiros relativos à *geração distribuída* de energia elétrica, de biofertilizantes e de créditos de carbono. Ainda neste capítulo, busca-se identificar quem produz a *biomassa residual* e por que a produção da proteína animal está sendo transferida para países como o Brasil, até duas décadas atrás fornecedor da proteína vegetal que alimentava criatórios em outros países, em especial membros da União Europeia.

O Capítulo V indica os potenciais impactos sociais positivos decorrentes da viabilização do tratamento sanitário desses efluentes, e o que eles implicam em demandas “para frente” e “para trás” em termos de produtos, serviços, benefícios públicos e geração de postos de trabalho.

A seguir, finalizando o documento (Capítulo VI), abordam-se as condições legais existentes, relativas à geração de energia elétrica distribuída, fundamental para entender os mecanismos e possibilidades da venda de excedentes de eletricidade pelos criadores, concluindo-se o corpo do trabalho com sugestões de políticas e de pesquisas necessárias para incentivar e identificar os melhores caminhos para a promoção do processamento da *biomassa residual* e uso de seus produtos.

Dados os limitados recursos e tempo disponibilizados para sua execução, o cálculo

da viabilidade econômica do processo fugiu ao escopo do presente trabalho, particularmente devido à multiplicidade de situações a serem analisadas, devendo ser realizado com estudos específicos, conforme sugerido ao final do presente texto.

Como já referido no início do presente Resumo Executivo, o Anexo 1 é uma atualização de informações sobre fatos e modificações da legislação relativa à questão da *geração distribuída* a partir da *biomassa residual*, e é leitura obrigatória para quem deseja informar-se sobre o estado da arte até maio de 2009.

O Anexo 2 apresenta um Extrato do Estudo de Caso, realizado em uma granja de suínos no Paraná pela Plataforma Itaipu de Energias Renováveis, e que permitiu a experimentação, o desenvolvimento tecnológico e a aprovação pela Copel (Companhia Paranaense de Energia) do método proposto para o acoplamento, à rede geral, de unidades de *geração distribuída* de energia elétrica que utilizam o biogás como fonte energética.

No Anexo 3, temos uma Nota Conceitual elaborada por Cícero Bley Jr. e Gláucio Roloff, respectivamente superintendente da Coordenadoria de Energias Renováveis da Itaipu Binacional Brasil e Paraguai, e técnico dessa mesma coordenadoria, na qual abordam questões relativas a encaminhamentos futuros.

No Anexo 4, temos uma tabela com o significado das siglas usadas para indicar medidas de energia.

Box nº 1**Paraná cria mercado de longo prazo para venda de energia elétrica produzida a partir de biomassa residual**

Os produtores de energia elétrica a partir do gás resultante do tratamento da *biomassa residual* já encontram, no Estado do Paraná, um mercado estabelecido para vender esse produto.

A Companhia Paranaense de Energia – Copel lançou edital em dezembro de 2008 e no dia 3 de março de 2009 assinou os primeiros contratos no setor elétrico brasileiro para aquisição de energia elétrica produzida a partir da biodigestão de resíduos orgânicos. Quatro produtores atenderam à chamada, oferecendo energia elétrica oriunda de seis unidades por eles operadas, e firmaram contratos que totalizam uma potência de 524 kW (quilowatts), energia suficiente para o atendimento de algumas centenas de moradias de padrão médio. Os fornecedores são Sanepar, Cooperativa Lar, Granja Colombari e Star Milk. Os contratos têm vigência a partir de 13.04.09 até o final de 2012.

Estímulo

O diretor-geral brasileiro de Itaipu, Jorge Samek, registrou "mais um episódio de pioneirismo oferecido pela Copel e pelo Paraná ao país" ao observar que no mundo, tradicionalmente, a produção de energia é uma atividade concentrada. "Estamos quebrando um paradigma no Paraná ao desconcentrar a geração de eletricidade, permitindo que produtores rurais gerem eles próprios o suficiente ao seu consumo e vendam o excedente, quando houver", disse. "Esse conceito tem tudo a ver com sustentabilidade, pois nessas propriedades será gerada uma energia limpa, renovável e que fará bem à preservação do meio ambiente por reter e processar resíduos que, em estado natural, seriam altamente nocivos."

O pioneirismo da Copel deverá estimular outros produtores rurais a fazerem o mesmo, já que faltava a eles um mecanismo de mercado para negociar seus eventuais excedentes de geração. "O uso de biodigestores não é, a rigor, uma prática nova, mas ter a garantia de que alguém comprará os excedentes da eletricidade que gerar pode motivar a adesão de outros produtores rurais", afirma o presidente da Copel, Rubens Ghilardi. "E quem sai ganhando com isso, em primeiro lugar, é o meio ambiente,

com a retenção de efluentes que poderiam vir a comprometer os cursos d'água".

O presidente da Copel acredita que o exemplo do Paraná possa ser seguido por outros Estados brasileiros. "Num trabalho realizado em conjunto com a Itaipu Binacional, Secretaria da Agricultura e Sanepar, abrimos caminho para o que poderá ser uma excelente oportunidade de fortalecimento e aumento de renda dos produtores rurais, que além de produzirem a eletricidade necessária ao seu próprio consumo e ter garantia de compra dos eventuais excedentes, agregarão sustentabilidade ao seu negócio e poderão, até mesmo, conseguir futuramente autorização para emitir e comercializar títulos de créditos de carbono".

Testes

A iniciativa da Copel tem respaldo em autorização concedida no final de julho de 2008 pela Aneel (Agência Nacional de Energia Elétrica), como resultado de testes bem sucedidos feitos pela Itaipu Binacional, em parceria com a Copel, numa propriedade rural dedicada à suinocultura em São Miguel do Iguacu, no oeste do Paraná – a Granja Colombari. Esse processo encontra-se relatado no Anexo 2 do presente documento.

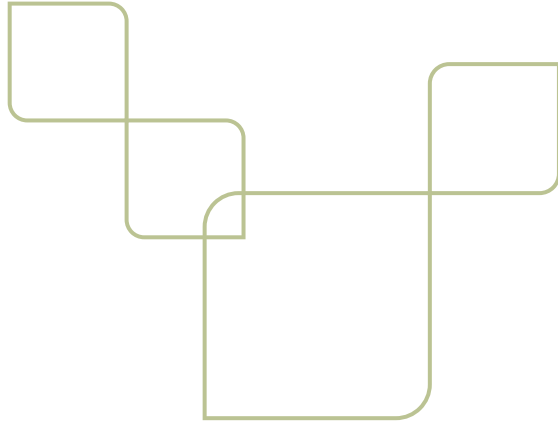
Os contratos

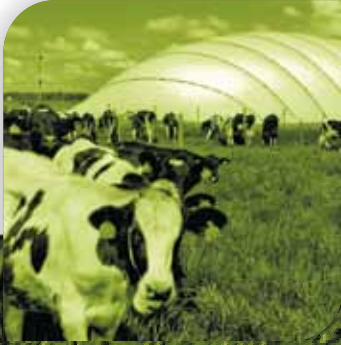
Foram selecionados e contratados em decorrência da chamada pública feita no início do ano pela Copel os seguintes produtores de energia elétrica:

- **Sanepar** (potência de 20 kVA na usina termelétrica associada à estação de tratamento de esgoto Ouro Verde, em Foz do Iguacu), ao preço de R\$ 128,00 o MWh;
- **Granja Colombari** (potência de 32 kVA em São Miguel do Iguacu), ao preço de R\$ 128,50 o MWh;
- **Star Milk** (potência de 32 kVA na Fazenda Iguacu, em Céu Azul), ao preço de R\$ 129,72 o MWh; e a
- **Cooperativa Lar**, com contratos a partir de três plantas industriais: de aves em Matelândia (160 kVA), Unidade Produtora de Leitões, em Itaipulândia (240 kVA), e de vegetais, em Foz do Iguacu (40 kVA), ao preço de R\$ 128,10 o MWh.

Agroenergia da biomassa residual:

perspectivas energéticas, socioeconômicas e ambientais.





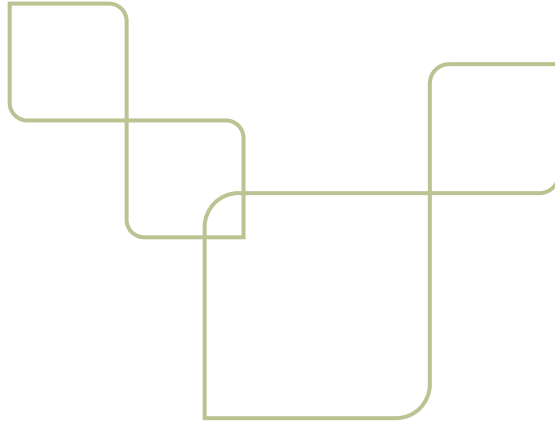
1.

INTRODUÇÃO, OBJETO E JUSTIFICATIVA



Agroenergia da biomassa residual:

perspectivas energéticas, socioeconômicas e ambientais.





1. Introdução

O presente estudo insere-se no esforço investigativo inicial patrocinado pela FAO e pela Itaipu Binacional, com objetivo de delimitar as perspectivas energéticas, ambientais e socioeconômicas do tratamento e da utilização da *biomassa residual*⁸ da agropecuária para a produção de recursos energéticos distribuídos (*Geração Distribuída de Energia – GDE – e Geração Autônoma de Energia – GAE⁹*), uso de créditos de carbono sequestrado e biofertilizantes.

O escopo dessa análise é restrito, pois trata-se da abordagem inicial de tais perspectivas e, sobretudo, por que são incipientes o tratamento e a utilização desse tipo de biomassa para a *geração distribuída* de energia elétrica e, conseqüentemente, são muito limitadas a literatura e a massa crítica sobre o tema. Por conseguinte, sua principal contribuição é situar o marco onde podem se dar os impactos positivos ambientais, econômicos e sociais que resultariam do tratamento desse tipo de biomassa, para essa geração energética.

No presente momento histórico, três crises encontram-se inter-relacionadas:

- (i) a crise da segurança alimentar, principalmente entre as populações mais pobres do mundo, devido à inflação no preço dos alimentos;
- (ii) a crise energética, em seu aspecto conjuntural refletida na alta volatilidade do preço do petróleo e seus derivados e, principalmente, pela questão estrutural devido à necessidade de se substituir essa fonte energética por outras renováveis;
- (iii) a crise climática, que resulta do aquecimento global provocado pela emissão de gases que causam o efeito estufa e a obrigatoriedade de se adotar, ao máximo, fontes energéticas não poluentes.

A importância de recordar essas três crises deve-se ao fato de que elas guardam uma estreita relação entre si e com o objeto do presente estudo.

Em um cenário nacional de forte crescimento na produção de proteína animal¹⁰, tanto devido ao aumento da renda disponível para a população brasileira quanto em outros países em processo de crescimento econômico, difunde-se com maior intensidade, além do âmbito restrito dos ambientalistas, a preocupação com os impactos que os efluentes dessa produção podem causar no meio ambiente brasileiro.

O aumento da escala dos empreendimentos, com grande quantidade de animais por unidade de área de confinamento, determina vazões extraordinárias de efluentes resultantes da fisiologia animal. São volumes incomparavelmente maiores na atual atividade pecuária industrial em relação aos que existiam no passado, de subsistência ou comercialização a partir de criações extensivas.



Os criatórios adotam escalas industriais e produzem grandes volumes de biomassa residual.

8 Todas as menções seguintes, no presente texto, grafadas como biomassa residual referem-se particularmente aos efluentes de criatórios e de plantas de processamento de animais e processos produtivos do agronegócio, agrícolas e pecuários.

9 Geração Distribuída de Energia: energia gerada de forma espacialmente descentralizada e em pequena escala. Geração Autônoma de Energia: energia gerada de forma espacialmente descentralizada e em pequena escala, somente para autoconsumo.

10 As referências a seguir sobre proteína animal geralmente tratam de carnes de gado vacum, suínos, aves, podendo incluir também, quando especificados, ovos e produtos lácteos.



Em termos regionais, o agronegócio baseado na agregação de valor pela transformação de grãos (principalmente milho e soja) em carne, leite e ovos acompanha as novas frentes agrícolas brasileiras, instalando-se também no bioma Cerrado, sem deixar de constituir-se na economia básica das regiões originais e tradicionais de produção, nos Estados do Sul e Minas Gerais.

Os efluentes do agronegócio, tanto das unidades produtoras de carne suína, aves e bovina, assim como de leite e ovos, e nas indústrias de transformação que as integram, trazem altas cargas orgânicas expressas em Demanda Bioquímica e Química de Oxigênio (DBO e DBQ, respectivamente) e de nutrientes, como nitrogênio e fósforo, que dispostas no ambiente comprometem a qualidade das águas, tendendo a acumular-se em reservatórios e lagos naturais, alterando-lhes as condições limnológicas.

Com isso, os gestores de reservatórios para usos específicos como geração de hidreletricidade, abastecimento público e de águas públicas, passam a preocupar-se com as alterações biológicas ocorridas em águas sob sua responsabilidade que, sofrendo invasões de algas e macrófitas aquáticas, acabam tornando-se geradores de gases do efeito estufa (GEE). Trata-se do fenômeno da eutrofização antrópica que, no limite, pode chegar à pantanização das águas. Devido ao apodrecimento da biomassa aquática morta, que gera o biogás, cujos componentes constituem gases do efeito estufa, seriam necessárias ações – que criam custos – para reduções de emissões, previstas no Protocolo de Quioto.

É praticamente inviável tratar ou mitigar esses efeitos nas águas de reservatórios de grandes dimensões, naturais como o Pantanal, ou artificiais como de reservatórios para geração hidrelétrica, e a solução é localizar e identificar as fontes geradoras com cargas orgânicas e nutrientes, e proporcionar condições aos seus responsáveis para que seja evitada a poluição provocada pela disposição, sem o devido tratamento, desses efluentes no ambiente natural.

Existem soluções técnicas disponíveis – o tratamento sanitário dos dejetos para resolver esses problemas. Entretanto, torna-se necessário estabelecer possibilidades concretas de valorização dos produtos resultantes do tratamento sanitário, que são o biogás, os biofertilizantes, além do benefício com os créditos de carbono. Como o primeiro é potencialmente conversível em energia elétrica, disponível para atender à demanda própria, ou vendida a terceiros – por meio da rede geral –, e ainda elegível para a obtenção de créditos por redução de emissão de gases do efeito estufa pelo MDL (Mecanismo de Desenvolvimento Limpo), é possível criar, assim, receitas adicionais para as atividades enfrentarem os investimentos e custos operacionais do tratamento sanitário proposto.

Os produtores de proteína animal poderão apresentar-se ao comércio internacional com características de sustentabilidade ambiental, um fator hoje considerado relevante nos principais mercados consumidores.

Levando em conta essas preocupações ambientais e de sustentabilidade, e visualizando amplas possibilidades de utilização dessas tecnologias que permitem ao campo ir além dos biocombustíveis e comercializar a bioenergia gerada com *biomassa* residual, a Itaipu Binacional e a FAO juntaram esforços para produzir este documento inicial, que focaliza essas questões, promovendo a análise preliminar de seu potencial.

O texto aqui apresentado concentra-se nas potencialidades energéticas dos resíduos orgânicos rurais originados do agronegócio da proteína animal, e os resultados positivos para a sua sustentabilidade que o tratamento sanitário proposto poderá trazer para os componentes da citada cadeia de produção, ou seja, a redução dos impactos negativos nos recursos hídricos, no solo e na atmosfera.



É importante destacar que outras cadeias produtivas, como a da pesca, papel e celulose, da cana-de-açúcar, da mandioca, das carnes especializadas, para citarmos apenas estas, também geram resíduos e efluentes orgânicos em todas as suas fases de produção e industrialização. Isso faz com que o presente trabalho apresente uma estimativa conservadora do potencial energético dos efluentes orgânicos. Outras questões relacionadas com essas cadeias de produção deverão ser tratadas em documentos específicos, cujos escopos também estão fora do presente trabalho.

2. Objeto e justificativa do relatório

Segundo Patterson (1994) e Bridgewater (1994) *apud* GPEC¹¹, os principais motivos que têm levado à expansão da produção de energia elétrica em larga escala a partir da biomassa são, em síntese, os seguintes:

- (i) ciclo de carbono praticamente fechado;
- (ii) pressão da sociedade pelo uso de novas tecnologias limpas a partir da conversão da biomassa;
- (iii) conveniência da redução da dependência de alguns países com relação aos combustíveis fósseis e, em especial, aos derivados de petróleo.

Frente à necessidade mundial de substituição das fontes fósseis pelas renováveis na geração de energia, como forma, simultaneamente, de reduzir o aquecimento global e criar alternativas ao esgotamento daquelas fontes, a linha de argumentação perseguida neste trabalho não é um simples rebatimento do argumento central daquele esforço. Assim, o tema central no presente caso destaca da biomassa em geral a *biomassa residual* dos processos produtivos agropecuários, para vinculá-la a um duplo propósito:

a) incentivar a *geração distribuída* de energia elétrica para autoconsumo e venda dos excedentes eventuais, com obtenção de créditos por redução de emissão de gases do efeito estufa; e

b) atuar como força mitigadora dos efeitos negativos dos efluentes da atividade agropecuária sobre o meio ambiente, especialmente sobre as águas, consequentemente sobre os reservatórios naturais e das usinas hidrelétricas, uma vez que a hidreletricidade é a mais expressiva forma de produção renovável e considerada como energia limpa no Brasil. Impactará positivamente, também, sobre cursos d'água e reservatórios de usos múltiplos, especialmente aqueles destinados à captação de água para consumo humano e industrial.

A *geração distribuída* de energia elétrica implica uma iniciativa renovadora no Brasil. Entre 1979 e 1983 o país fez um esforço para introduzir os biodigestores no meio rural, de forma a processar a *biomassa residual*, porém os resultados não foram animadores. De lá até os dias atuais diminuíram gradativamente os esforços oficiais para estimular o tratamento de dejetos com geração de biogás e sua utilização energética, porém em várias regiões alguns produtores mantiveram o processo por iniciativa própria. Agora, retoma-se aquela experiência com mais probabilidade de êxito, já que se conta com novos processos tecnológicos e um amplo mercado setorial/regional consumidor de energia elétrica, composto pelos próprios estabelecimentos rurais conversores de proteína vegetal em animal e pelas suas indústrias integradoras, que processam esses animais.

A sustentação microeconômica dessa produção nascente fará com que o agricultor venha agregar novas fontes de renda à sua atividade. Isso tanto pode acontecer por redução dos gastos com a energia elétrica comprada, como pela venda de excedente de energia às concessionárias distribuidoras de



eletricidade. Há que se considerar, também, a dimensão econômica do subproduto gerado no tratamento, o biofertilizante, e a obtenção de créditos de carbono. Ao mesmo tempo, esse ganho microeconômico poderá representar concretamente uma redução na demanda de ponta que a cadeia produtiva do agronegócio exerce sobre a energia disponibilizada pelo Sistema Interligado Nacional.

Ao lado desses aspectos vinculados ao primeiro propósito, deve-se agregar a importância dessa nova atividade para a geração de energia das hidrelétricas (2º propósito), já que o crescimento e a intensificação da atividade agropecuária no país, especialmente nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste, pode fazer com que a *biomassa residual* se converta em grande risco para a sustentabilidade do conceito de ambientalmente limpa da energia elétrica no Brasil que, como se sabe, é produzida predominantemente a partir da força hídrica dos rios.

A continuar a falta de mecanismos eficientes para sua degradação em condições sanitárias, a *biomassa residual* impactará negativa e crescentemente sobre a qualidade da água dos corpos d'água e reservatórios de água doce utilizados para a produção hidrelétrica e abastecimento público, por meio do processo de eutrofização por nutrientes orgânicos, especialmente fósforo e nitrogênio¹².

A esse respeito, é importante estabelecer as diferentes causas de eutrofização que podem ocorrer em um reservatório hidrelétrico, sendo a mais comum derivada da vegetação inundada por ocasião do seu enchimento (estoque vegetal remanescente que vai sendo "depreciado"). Outra causa bem estudada é a eutrofização causada por nutrientes associados a sedimentos, sendo, portanto, uma eutrofização provocada pela erosão e carreamento dos solos de áreas utilizadas pela agricultura comercial, em particular.

Finalmente, a causa de eutrofização que se procura destacar neste trabalho é aquela resultante dos dejetos e efluentes orgânicos dispostos sem tratamento sanitário no ambiente hídrico, que inclusive tende a se agravar devido à intensificação da produção. A eutrofização com origem no aporte de nutrientes orgânicos, portanto, altera a segurança ambiental dos reservatórios pelos sérios desequilíbrios biológicos associados.

Com relação ao crescimento e intensificação das atividades agropecuárias, não se deve perder de vista que o Brasil aumenta, cada vez mais, sua participação no mercado internacional de *commodities* agrícolas – em especial de proteínas de origem animal –, o que torna mais presente a exigência dos consumidores para que seja realizada uma produção sustentável. Isso implica, necessariamente, o tratamento da *biomassa residual*, e a *geração distribuída* poderá contribuir para sua viabilização econômica. Além disso, essa ação irá reduzir os impactos negativos da atividade nos corpos d'água e, por consequência, na geração de hidreletricidade.

O nexo entre *biomassa residual* e geração de energia elétrica pode ser viabilizado pela metodologia de *geração distribuída* de energia elétrica, já que o foco concentrado apenas no seu tratamento sanitário, tal como se faz atualmente, obedecendo à legislação ambiental, porém com baixo ou nenhum retorno econômico, não encontra sustentação.

Com esses elementos, não é difícil identificar os principais interessados na matéria tratada neste relatório: agricultores e pecuaristas; empresas do agronegócio postadas à jusante da cadeia produtiva; empresas de produção e distribuição de energia elétrica; as captadoras e distribuidoras de água às cidades; setores de serviços e industriais vinculados à elaboração de projetos, desenvolvimento

¹² O potencial da eutrofização pode ser dado pelos seguintes números, relativos à bacia do Rio São Francisco Verdadeiro, no oeste do Paraná: as 62 mil matrizes e 540 mil suínos em terminação nessa região produzem praticamente 5 mil m³ de dejetos ao dia, o que corresponde a mais de 1,8 milhão de m³ de dejetos por ano. (Fonte: Plataforma Itaipu de Energias Renováveis, Itaipu Binacional, Estudo de Caso, 2008.)



tecnológico, de operação e produção de máquinas e equipamentos utilizados no processamento da *biomassa residual* e geração de energia elétrica; agentes de financiamento e segmentos do Estado Nacional que elaboram e aplicam as políticas setoriais correspondentes.

3. Objetivos, resultados esperados e impactos

O quadro conceitual e instrumental disponível para abordar o tema da *biomassa residual* permite estabelecer uma cadeia de objetivos, resultados esperados e impactos. Nessa cadeia, os objetivos dizem respeito aos efeitos diretos e imediatos na esfera microeconômica. Os resultados, por sua vez, devem ser observados no âmbito do Sistema Elétrico Nacional. Por último, os impactos devem ser buscados na instância da sociedade e do meio ambiente.

Estabelecido o objeto do presente estudo, o objetivo a ser perseguido é, sinteticamente, o seguinte:

Fornecer elementos para o desenho de políticas e ações que levem ao incremento da geração distribuída de energia elétrica a partir do biogás originário da biomassa residual, por meios sanitária e ambientalmente aceitáveis, destinando-a ao autoconsumo e à comercialização dos eventuais excedentes. Isso irá reduzir o impacto da energia nos custos da produção e, simultaneamente, aumentar o retorno dos investimentos no tratamento dos efluentes com o uso ou venda da energia elétrica, do subproduto fertilizante orgânico e com a obtenção do direito de comercializar créditos de carbono.

Em consequência, o negócio central da atividade agropecuária poderia se tornar cada vez mais sustentável – do ponto de vista econômico e ambiental – com impactos positivos na qualidade das águas das bacias hidrográficas do abastecimento das captações de água e nos reservatórios das hidrelétricas, além da redução de emissões de gases do efeito estufa e da obtenção de biofertilizantes.

Esse objetivo promove os seguintes resultados:

(i) eleva o *status* dos produtos agrícolas para exportação, atendendo à demanda dos consumidores internacionais por atividades menos impactantes no meio ambiente;

(ii) reduz a pressão da demanda por energia elétrica da agroindústria, da produção de animais ao seu processamento industrial, especialmente nos horários de ponta;

(iii) melhora a qualidade da água dos reservatórios para energia e abastecimento público;

(iv) mantém a fertilidade do solo, que deixaria de estar organicamente saturado pela deposição de resíduos e efluentes não tratados sanitariamente;

(v) recicla componentes de fertilizantes como nitrogênio, potássio e fósforo, contidos nos biofertilizantes obtidos com o tratamento sanitário da biomassa residual;

(vi) reduz a emissão de gases do efeito estufa, o que contribui para evitar a aceleração das mudanças climáticas.

Por sua vez, o alcance desses resultados levaria aos seguintes impactos:

(i) aumento da sustentabilidade ambiental da produção agrícola e pecuária, que passaria a adicionar essa qualidade ao valor competitivo da produção nacional;

(ii) melhores condições competitivas dos produtos agrícolas brasileiros no mercado internacional, em especial no de proteína animal, por redução de custos com energia e criação de novas fontes de faturamento, com venda de biofertilizantes e créditos de carbono;

(iii) incorporação à competitividade dos produtos agrícolas brasileiros das diferenças comparativas de clima e biodiversidade tropicais, com grande vantagem frente às



que ocorrem em climas predominantemente frios e temperados, como os das regiões produtivas do Hemisfério Norte, que inibem ou reduzem os processos de degradação da matéria orgânica;

(iv) intensificação da economia regional a partir da criação de mercados de serviços de projetos técnicos, assistência técnica especializada, manutenção de equipamentos e processos; comércio e indústria de motores, microgeradores, painéis de comando, softwares de controle e monitoramento, lonas plásticas e outros equipamentos de contenção de biogás, tubulações e conexões, filtros e insumos correlatos, em geral;

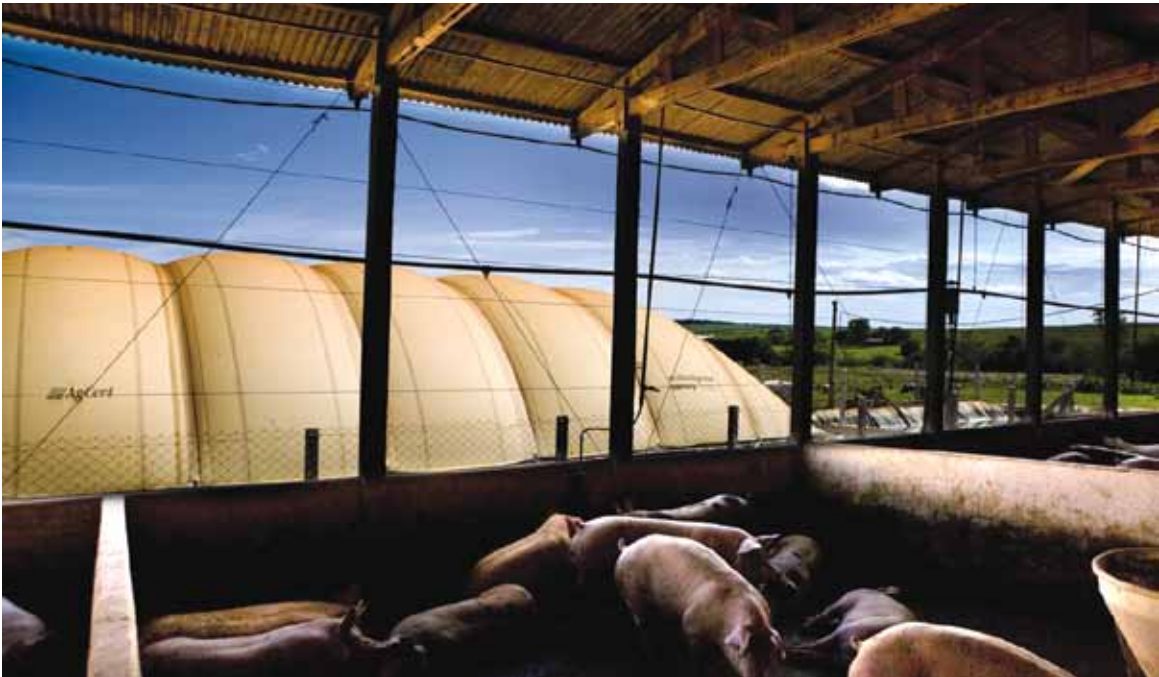
(v) geração de energia por fonte renovável, como o biogás, de forma complementar à oferta de energia regional;

(vi) melhores condições de segurança ambiental dos reservatórios hídricos e redução de despesas com sua manutenção;

(vii) aumento da produção/oferta nacional de fertilizantes para a agricultura, atualmente importados, o que irá impactar positivamente tanto na Balança de Pagamentos do país, pela redução de importações, quanto na agropecuária, com a redução de custos, o que também pode evitar constrangimentos para sua expansão;

(viii) conservação de solos, ao se evitar sua saturação orgânica, graças ao tratamento sanitário prévio dos resíduos e/ou efluentes da biomassa residual, antes destes serem vertidos no solo;

(ix) preservação ambiental, pela redução das emissões de gases do efeito estufa, com reflexos sobre a qualidade de vida da população e nos compromissos internacionais do Brasil quanto à limitação de suas emissões.



Porcos com biodigestor ao fundo - Granja Colombari.

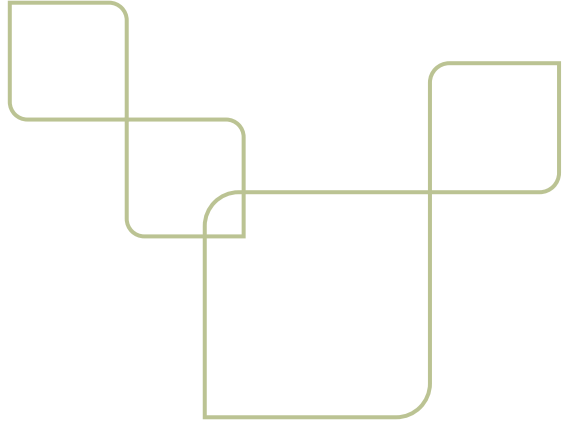


2.

PRODUÇÃO E TRATAMENTO DE RESÍDUOS ANIMAIS E VEGETAIS

Agroenergia da biomassa residual:

perspectivas energéticas, socioeconômicas e ambientais.





1. O crescimento recente da produção de proteína animal

O Brasil possui, hoje, uma forte indústria produtora de proteína animal, inclusive de ovos e laticínios, graças ao investimento realizado em organização, tecnologia e desenvolvimento de produtos ao longo de pelo menos seis décadas, por cooperativas e indústrias chamadas “integradoras”.

Com isso, o país está bem situado no mercado internacional e conseguindo aproveitar o crescimento da demanda que está acompanhando tanto o deslocamento da produção por sua inviabilização ambiental na Europa e alguns países da Ásia, quanto pelo crescimento da renda *per capita* em países em desenvolvimento.

Entre 1996 e 2008, conforme registros do sistema AliceWeb do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior – MDIC, a exportação líquida (exportações menos importações) brasileira de carnes de todos os tipos cresceu cerca de

12 vezes em valor, passando de US\$ 1,032 milhão para US\$ 12,290 milhões, e nove vezes em peso, de 580 mil para 5.169 mil toneladas, respectivamente. Essa evolução é apresentada na Tabela 1, a seguir.

A produção brasileira de carnes cresceu 55,5% entre 1995 e 2004, com uma base de referência já bastante elevada, acima de 12 milhões de toneladas/ano, alcançando 19,9 milhões de toneladas no último ano do período considerado. Em 2008, a produção de carnes de bovinos, suínos e aves foi pouco inferior à de 2004, atingindo 19,3 milhões de toneladas, aproximadamente, de acordo com dados do IBGE¹³, ou seja, uma queda de 3,1% com relação a 2004.

A grande expansão das exportações de proteína animal produzida no Brasil deve-se à conquista de mercados de países em desenvolvimento, embora o crescimento das vendas para os países desenvolvidos também tenha sido significativo, como fica evidente nos gráficos a seguir, baseados nas informações do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC, AliceWeb).

Tabela 1
Brasil
Exportações e importações de carnes
1996-2008

Ano	Exportações		Importações		Saldo	
	US\$ 1000 FOB	Peso líq. t	US\$ 1000 FOB	Peso líq. t	US\$ 1000 FOB	Peso líq. t
1996	1,240,815	716.938	208,771	136.952	1,032,044	579.986
1997	1,295,192	814.062	236,776	138.384	1,058,416	675.678
1998	1,247,815	827.470	192,041	103.586	1,055,774	723.884
1999	1,529,346	1.067.926	96,154	63.684	1,436,192	1.004.242
2000	1,605,573	1.308.514	126,892	80.196	1,478,681	1.228.318
2001	2,552,739	2.002.396	69,979	39.545	2,482,760	1.962.851
2002	2,751,280	2.651.352	80,615	66.908	2,670,665	2.584.444
2003	3,640,954	3.215.156	74,413	56.615	3,566,541	3.158.541
2004	5,548,729	4.076.522	83,922	49.348	5,464,807	4.027.174
2005	7,178,620	4.664.766	98,099	48.368	7,080,521	16.398.46
2006	7,341,255	4.512.366	84,937	30.418	7,256,318	4.481.948
2007	9,613,344	5.202.335	118,775	33.429	9,494,569	5.168.906
2008	12,290,140	5.208.210	154,093	32.521	12,136,047	5.175.962

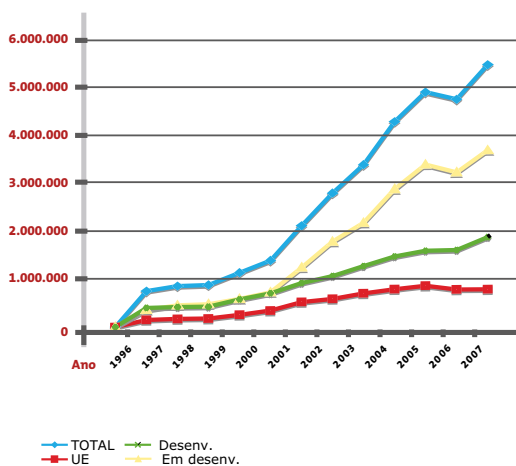
Fonte: AliceWeb. MDIC, acessos em 24.03.08, das 10 às 12h; 02.10.08, das 22 às 23h e 08.04.09, às 10h50.
Elaboração: Maurício Galinkin/TechnoPolitik.



O ponto de partida desse desenvolvimento de produção intensiva de proteína animal – particularmente de suínos e aves – foi o oeste de Santa Catarina, com base em uma estrutura fundiária composta majoritariamente de pequenas propriedades e agricultores

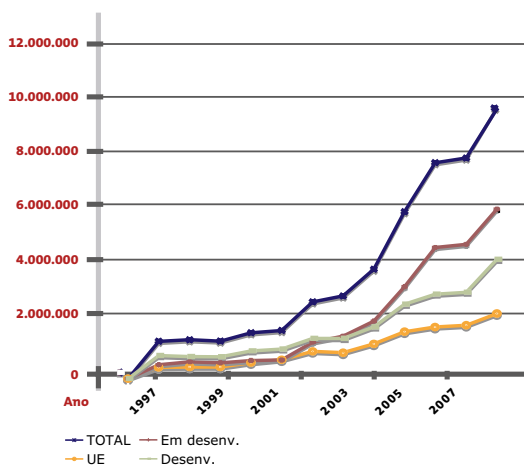
familiares, com criações de animais de pequeno porte. O cooperativismo, que faz parte da cultura local, foi importante para o crescimento dessa organização e coordenação da produção entre os agricultores.

Gráfico 1:
Exportações brasileiras de proteínas animais (carnes), por destino, em toneladas, 1996-2007



Fonte: AliceWeb, MDIC, acesso em 24.03.08, das 10 às 12h.
Elaboração: Maurício Galinkin/TechnoPolítik.

Gráfico 2:
Exportações brasileiras de proteínas animais (carnes), por destino, em US\$ 1,000, 1996-2007



Fonte: AliceWeb, MDIC, acesso em 24.03.08, das 10 às 12h.
Elaboração: Maurício Galinkin, TechnoPolítik.



Exportação de soja.



2. A contrapartida: os impactos ambientais

A referência atual de emissões do rebanho brasileiro

Uma estimativa de emissão anual de metano (CH_4) originário de dejetos da exploração pecuária no Brasil, segundo espécies, calculada a partir dos rebanhos aqui existentes (incluindo, portanto, a criação extensiva de gado vacum), é aqui apresentada. Os valores basearam-se na proporção do rebanho brasileiro em relação ao mundial, e nas emissões desse último calculadas por Steinfeld e outros (2006).

Os dejetos produzidos por esses animais, dispostos na natureza, produziram uma emissão de metano estimada na Tabela 3, a seguir.

Adotando-se valores proporcionais aos indicados por Steinfeld e outros (2006), o Brasil produziria anualmente 1,36 milhão de

toneladas de metano, originário dos dejetos animais (Tabela 3). A emissão de metano por excrementos animais depositados no pasto ou manejados a seco é pouco significativa, de acordo com o citado autor (p. 97), pois a produção desse gás exige condições anaeróbicas (sem a presença de oxigênio). Ou seja, os dejetos somente produzirão metano quando dissolvidos em água e/ou depositados em biodigestores, em cursos d'água, lagoas naturais ou de decantação. Os dejetos de suínos, em termos mundiais, representam quase 50% das emissões de CH_4 , seguidos dos relativos ao rebanho de vacas leiteiras (idem: 99).

Considerando-se apenas o processo de digestão anaeróbica dos dejetos animais, que ocorre nos cursos d'água, lagoas naturais ou artificiais, biodigestores ou lagoas de decantação, este corresponde a 58,2% daquele total, cerca de 10 milhões de toneladas anuais mundiais de metano (Steinfeld, 2006). No caso brasileiro, usando essa mesma proporção, a emissão de metano atingiria 792,5 mil toneladas.

Tabela 2
Participação dos rebanhos brasileiros no total mundial

	Rebanho (mil cabeças)		
	Aves	Suínos	Bovinos
Brasil	877.884	32.060	177.204
Mundo	15.146.608	917.635	1.310.611
BR/Mundo	6%	3%	14%

Fonte: Steinfeld e outros (2006, tabelas 6-9 do anexo).

Tabela 3
Brasil
Cálculo da emissão anual de metano originário de dejetos da exploração pecuária, segundo espécies, em mil toneladas anuais

	CH_4 de dejetos			
	Aves	Suínos	Bovinos	Soma
Mundo	970,00	8.380,00	7.490,00	16.840,00
Brasil	56,2	292,78	1.012,70	1.361,70
BR/Mundo	6%	3%	14%	8%

Fonte: Steinfeld e outros (2006, tabela 3.8., p. 95, 96, 99).



O metano é um gás cujo efeito estufa é estimado em, no mínimo, 21 vezes o do CO₂ (Bley Jr., 2008a). Assim, o sequestro que poderia ser realizado processando a *biomassa residual* dos criatórios e confinamentos brasileiros seria de 16,6 milhões de toneladas equivalentes de CO₂.

De acordo com Delgado e outros (1999), a pecuária mundial emitiria 88 milhões de toneladas de metano, das quais 17,6 milhões de toneladas são provenientes da biodigestão dos seus dejetos. Na proporção de aproximadamente 8% do rebanho mundial (ver Tabela 3), para esse autor, o Brasil responderia por 1,4 milhão de toneladas de CH₄, ou 29,6 milhões de toneladas equivalentes de CO₂.

O efeito do crescimento do rebanho confinado

O impacto do crescimento da produção de carnes de aves e suínas, restrito inicialmente a pontos isolados, foi expandindo-se até atingir a dimensão das bacias hidrográficas. A criação intensiva de suínos (segundo o “modelo de integração”) em Santa Catarina pode ser citada

como um caso clássico de como o impacto ambiental dos dejetos deixou de ser uma preocupação pontual e passou a ser um alerta para o licenciamento ambiental desse setor, nesta e em outras unidades da Federação.

Por exemplo, o rebanho localizado na bacia de contribuição da usina hidrelétrica de Itaipu, no Estado do Paraná, produz 12,8 milhões de toneladas de dejetos por ano¹⁴, aproximadamente, que de alguma forma – parcialmente tratados, ou não tratados – acabam nos cursos d’água que abastecem o reservatório (ver Tabela 4).

Informações técnicas indicam que uma unidade de produção de leitões típica com 5 mil matrizes suínas produz cerca de 250 metros cúbicos de dejetos por dia. Esse efluente contém 25.000 mg/litro de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), informa o Estudo de Caso da Plataforma Itaipu de Energias Renováveis (2008). Para se ter uma ideia do que isso representa em termos de poluição, os esgotos humanos brutos apresentam cargas orgânicas médias em torno de 600 mg por litro¹⁵.

Tabela 4
Bacia Paraná III
Produção anual de dejetos pela população animal
2006

Espécie	Nº cabeças	t/mês	t/ano
Suínos	1.065.000	129.398	1.552.770
Vacas leiteiras	1.972.000	887.400	10.648.800
Aves	34.446.000	54.669	620.028
Total anual			12.821.598

Fonte: Plataforma Itaipu de Energias Renováveis – Estudo de Caso (2008), e Lucas Jr. e Silva (2005), para produção de dejetos.

Elaboração: Maurício Galinkin/TechnoPolitik

Notas: (1) como esses dados não permitem diferenciar leitões de suínos adultos, adotou-se a média simples dessas duas categorias; (2) estimou-se, aqui, que as vacas leiteiras ficam, em média, em regime semiestabulado; (3) no caso das aves, usou-se para todo plantel o índice para frangos de corte, resultando em estimativa conservadora.

14 Cálculo efetuado por Maurício Galinkin/TechnoPolitik.

15 Fonte: Plataforma Itaipu de Energias Renováveis (2008). Há variações nos dados informados por diversos autores, como: Bezerra (2002, p. 17), que considera que o potencial poluidor dos suínos é quatro vezes maior que o humano; Christmann (1988) apud Bezerra (2002, p. 17) calcula de dez a doze vezes; e em Diesel, Miranda & Perdomo (2002), essa relação é de 3,5:1.



Utilizando-se os coeficientes indicados por Lucas Jr. e Silva (2005), apresentados na Tabela 5, a seguir, e aplicando-os apenas aos dados relativos a bovinos, aves e suínos abatidos mensalmente no país, a vacas em ordenha e bois confinados, chega-se a uma estimativa de geração anual de quase 180 milhões de toneladas de esterco, conforme mostra a Tabela 6.

Mas esses dados referem-se, é bom lembrar, a uma parcela pouco significativa do rebanho nacional de gado bovino, pois toda a criação extensiva não foi computada, e parte do rebanho suíno também ficou fora do cálculo. Não compreende, também, rebanhos de outros animais além de suínos, aves e bovinos.

O material poluente produzido pela criação extensiva acaba disposto no ambiente e levado pelas chuvas aos cursos d'água e reservatórios. Incluindo-se nas contas o rebanho pecuário criado de forma extensiva, ou em dimensões pequenas que não estejam integrados a empresas ou cooperativas, bem como aquele não abatido em frigoríficos inspecionados pelos governos federal e estaduais, encontramos os volumes de efluentes apresentados na Tabela 7, a seguir.

Tabela 5
Coefficientes de produção animal de esterco e biogás

Espécie animal e condições de criação	Esterco kg/animal/dia	Biogás m³/animal/dia
Bovino estabulado	30,00	1,11
Bovino semiestabulado	15,00	0,56
Bovino não estabulado	10,00	0,36
Suíno (leitão)	2,30	0,18
Suíno adulto	5,80	0,33
Galinha poedeira	0,14	0,02
Frango de corte	0,05	0,01

Fonte: Lucas Jr. e Silva (2005).

Tabela 6
Brasil
Produção de esterco considerada, bovinos, suínos e frangos abatidos, bovinos estabulados e vacas leiteiras

Animais	Total em t
Bovinos abatidos (1)	13.877.085
Frangos	8.994.000
Leitões	3.676.049
Suínos adultos	13.604.898
Vacas leiteiras (2)	114.427.500
Bovinos estabulados: 2.300.000	25.185.000
Total	179.764.531

Fontes: SIDRA/IBGE, Relatório Assocon, 2006, e Lucas Jr. e Silva (2005) para produção de esterco. Elaboração: Maurício Galinkin/TechnoPolitik. Notas: (1) considerados estabulados por 15 dias antes do abate; e (2) semiestabuladas.

Tabela 7
Brasil
Principais rebanhos e produção de esterco Efetivos em 31.12.2006

Categorias	Nº cabeças (em 1.000)	Produção de esterco por cabeça (kg/d)	Produção total de esterco (em t/ano)	Percentual do total
Total de bovinos	205.886			
Estabulados	2.300	30.00	25.185.000	2.9
Vacas leiteiras (1)	20.943	15.00	114.662.925	13.0
Criação extensiva (2)	182.643	10.00	666.646.950	75.6
Suínos	35.174	4.40	56.489.444	6.4
Galos, frangas, frangos e pintos	1.013.164	0.05	18.490.243	2.1
Total de esterco dos rebanhos			881.474.562	100

Fontes: IBGE, Diretoria de Pesquisa, Coordenação de Agropecuária, Pesquisa da Pecuária Municipal 2006 e Lucas Jr. e Silva (2005). Elaboração: Maurício Galinkin/TechnoPolitik. Notas: (1) considerados como semiestabulados; (2) calculada pela diferença entre rebanho total e estabulados e semiestabulados; (3) produção de esterco calculada como a média ponderada entre leitões (2/5 do rebanho) e suínos adultos (3/5 do rebanho).



Ou seja, a criação extensiva de gado bovino é responsável por quase 76% do total de excrementos produzidos pelos rebanhos brasileiros de gado vacum, suínos e aves. Este trabalho, portanto, se limitará a focalizar 24%, no máximo, da *biomassa residual* por eles produzida, gerando estimativas conservadoras frente ao possível avanço do confinamento para engorda em nosso país.

Impactos podem levar à pantanização

Os impactos ambientais da *biomassa residual* podem ser observados nas águas, em escalas preocupantes pelos efeitos cumulativos das concentrações de nutrientes orgânicos, nitrogênio e fósforo, que reduzem a qualidade das águas de lençóis freáticos¹⁶, reservatórios e lagos. Trata-se, aqui, especialmente da contaminação das águas de superfície, dos lençóis freáticos e da eutrofização¹⁷ das águas superficiais. A grande quantidade de matéria orgânica nesses espaços resulta na perda da qualidade da água em decorrência da degradação anaeróbica, cujo subproduto é o biogás, ou “gás dos pântanos”.

A Itaipu Binacional monitora a qualidade das águas do seu reservatório desde os primeiros momentos da inundação. Em meados dos anos 1990, o serviço de monitoramento passou a perceber um aumento no índice de eutrofização.

Observa-se na Figura 2, a seguir, dados da Estação de Monitoramento E8 correspondente à sub-bacia hidrográfica do rio São Francisco Verdadeiro, com 220 mil hectares. Ela é a que apresenta índices de eutrofização mais significativos no reservatório de Itaipu, pois é a que tem a maior concentração de população e de atividades agroindustriais e pecuárias dedicadas à criação de aves, suínos, pastagens

e produção de leite da região oeste do Paraná. Essa região foi a que registrou o mais significativo aumento de nutrientes nas águas, causa principal do fenômeno observado e seu índice chega à interação de hipereutrofismo em agosto de 2008.

Figura 1
Braços do reservatório de Itaipu com indicadores de eutrofização.



Fonte: Bley Jr, 2008b.



Pantanização.

¹⁶ Até mesmo o Aquífero Guarani está sob ameaça de poluição por insumos e resíduos do agronegócio, em particular o vinhoto, conforme o geólogo Didier Gastmans, da Unesp: “Com a prática da fertirrigação com vinhaça [resíduo da fabricação de álcool], podemos a longo prazo ter problemas com concentrações elevadas de nitrato nas águas”, diz. Outra preocupação é a contaminação do aquífero através de poços escavados sem precaução. Em algumas áreas de Santa Catarina a água já é inadequada para consumo humano por excesso de sulfatos e cloretos. Fonte: Folha de São Paulo, acesso em 05.07.08, <http://www1.folha.uol.com.br/fsp/ciencia/inde05072008.htm>

¹⁷ Eutrofização ou eutroficção: “processo através do qual um corpo d’água adquire níveis altos de nutrientes, especialmente fosfatos e nitratos, normalmente causado pela descarga de efluentes agrícolas, urbanos ou industriais, provocando o posterior acúmulo de matéria orgânica em decomposição” (Houaiss, 2001:1276).



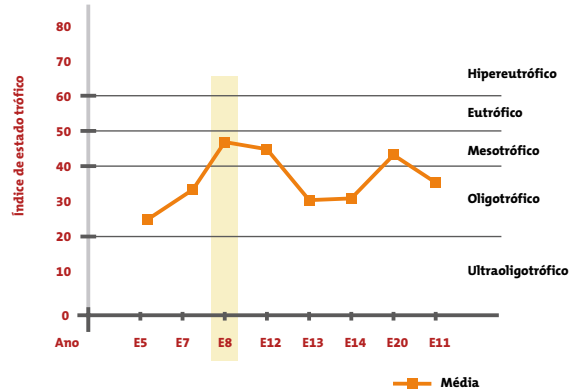
A preocupação com a conservação de solos, através da adoção de práticas conservacionistas eficientes, como o plantio direto na palha, por exemplo, além de obras físicas como terraceamentos, adotadas em grande intensidade pelos produtores agrícolas da região de Itaipu, tenderiam a manter no mínimo estável essa contribuição da agricultura à eutrofização do reservatório da hidrelétrica.

A resposta para quais seriam, então, as causas que estão provocando a tendência de alta do índice de eutrofização em outros reservatórios do setor elétrico e reservatórios de águas para abastecimento público (setor do saneamento), a atual administração da Itaipu Binacional encontrou ao assumir, em 2004, a necessidade de incorporar a gestão integrada das águas do seu reservatório e da bacia hidrográfica que influi diretamente sobre ele, no caso a Bacia Paraná III.

Nesse território ocorreu, nos últimos 20 anos, a implantação de uma vigorosa agroindústria voltada para a transformação de proteína vegetal em proteína animal. Para ser realizada nessa alta escala, produz, inexoravelmente, volume equivalente de resíduos líquidos e sólidos de natureza orgânica, a *biomassa residual*. Assim que esse forte impacto começou a ser detectado, foi intensificado o controle da eutrofização e estabelecido, cada vez com maior clareza, o nexos entre a agroindústria, seus componentes de produção de animais e leite, e sua consequente industrialização, e o reservatório de Itaipu, ligação essa que se dá pelo compartilhamento das águas.

As atividades geradoras de *biomassa residual* do agronegócio e outras, como o próprio crescimento populacional, com a região gerando mais lixo e mais esgoto urbano, na maioria das vezes sem destinação correta, comunicam-se, ou relacionam-se com o

Figura 2:
Estado trófico do reservatório da Itaipu Binacional - 2008.



Elaboração: Divisão de Reservatório (MARR.CD) da Itaipu Binacional, Programa de Monitoramento e Avaliação Ambiental.

reservatório de Itaipu através da rede hídrica existente no território que ocupam, e o fenômeno da eutrofização revela a intensidade dessa relação.

Há registros de reservatórios completamente eutrofizados no Brasil e no mundo, e outros que, por suas grandes dimensões, o processo apenas começa a se evidenciar em pequenos braços, como é o caso do quinto maior reservatório brasileiro, o de Itaipu: um espelho d'água com área de 135 mil hectares, onde são armazenados permanentemente 29 bilhões de metros cúbicos de água (volume que, se fosse dividido para cada habitante do planeta, resultaria em 5 mil litros de água por pessoa¹⁸).

Em qualquer situação, é inviável mitigar os impactos da eutrofização diretamente nos reservatórios depois que o fenômeno se instala. A única possibilidade de controlar a poluição, em volumes de água dessa magnitude, é tratar as causas ambientais, e não os impactos ou efeitos, como se faz comumente.

18 Plataforma Itaipu de Energias Renováveis, Estudo de Caso, 2008.



Esse é, inclusive, o procedimento recomendado pela Norma Técnica da Gestão Ambiental série ISO 14.000.

Adicionalmente, a alta concentração de animais em pequenas áreas tende a criar focos intensos de produção de gases, como amônia, dióxido de carbono, metano e óxido nítrico, com odores desagradáveis para o ser humano, sabendo-se que os três últimos são

do tipo gases do efeito estufa e incrementam o aquecimento global.

De acordo com relatório lançado recentemente nos Estados Unidos da América (Pew, 2008), não se aplica mais a proposta de ir para o campo com objetivo de respirar ar mais limpo que nas cidades...



A eutrofização das águas retira o oxigênio nela existente e leva ao extermínio dos peixes.



Box nº 2

von Sperling¹ destaca que os principais efeitos indesejáveis da eutrofização são os seguintes:

- problemas estéticos e recreacionais. Diminuição do uso da água para recreação, balneabilidade e redução geral na atração turística devido a frequentes florações de plantas nas águas, com crescimento excessivo da vegetação, distúrbios com mosquitos e insetos, eventuais maus odores e mortandades de peixes;
- condições anaeróbias no fundo do corpo d'água. No fundo do corpo d'água predominam condições anaeróbias, devido à sedimentação da matéria orgânica e à reduzida penetração do oxigênio a estas profundidades, bem como à ausência de fotossíntese (pela falta de luz). Com a anaerobiose, ocorrem condições redutoras, com compostos e elementos no estado reduzido: o ferro e o manganês encontram-se na forma solúvel, trazendo problemas ao abastecimento de água. O fosfato encontra-se também na forma solúvel, representando uma fonte interna de fósforo para as algas e o gás sulfídrico causa problemas de toxicidade e maus odores;
- eventuais mortandades de peixes. A mortandade de peixes pode ocorrer em função de anaerobiose (no corpo d'água como um todo), toxicidade por

amônia. Em condições de pH elevado (frequentes durante os períodos de elevada fotossíntese), a amônia apresenta-se em grande parte na forma livre (NH₃), tóxica aos peixes, ao invés de na forma ionizada (NH₄⁺), não tóxica;

- toxicidade das algas. Rejeição da água para abastecimento humano e animal em razão da presença de secreções tóxicas de certas algas;
- modificações na qualidade e quantidade de peixes de valor comercial;
- desaparecimento gradual do lago como um todo. Em decorrência da eutrofização e do assoreamento, aumenta a acumulação de matérias sólidas e de vegetação, e o lago se torna cada vez mais raso, até vir a desaparecer. Essa tendência de desaparecimento de lagos (conversão a brejos ou áreas pantanosas) é irreversível, porém na maioria das vezes é extremamente lenta. Com a interferência do homem, o processo pode se acelerar abruptamente. Caso não haja um controle na fonte e/ou dragagem do material sedimentado, o corpo d'água pode desaparecer de modo relativamente rápido.

(1) Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. DESA-UFMG, 1996.



Clube às margens do reservatório de Itaipu: balneabilidade é essencial para o lazer nessas águas.



3. A biomassa residual como fonte de energia

Os vegetais acumulam energia por meio da fotossíntese, uma reação de natureza química. Os resíduos orgânicos – efluentes da produção – são resultantes do metabolismo (sempre incompleto) dos ingredientes vegetais utilizados nas rações, que ainda mantêm um potencial energético correspondente às suas altíssimas cargas orgânicas. Ainda contêm outros compostos orgânicos e nutrientes, e minerais como nitrogênio e fósforo. Esses resíduos, se dispostos no ambiente em estado bruto, especialmente nas águas, produzem significativos impactos ambientais ao liberarem grandes quantidades de cargas carbonáceas.

Enquanto homens e animais viviam dispersos e nômades nos territórios, e consumiam o estritamente necessário para viver, essas cargas carbonáceas eram processadas sem maiores problemas pela natureza. Nas atuais condições de urbanização, nas escalas atuais de produção industrial, nas formas de geração de proteína com animais estabulados concentrados em áreas relativamente reduzidas e, principalmente, nos níveis atuais da população mundial, esses efluentes produzidos pelas manipulações e transformações humanas acumulam-se nos solos e nas águas, produzindo claros sinais de degradação, e emitem para a atmosfera gases do efeito estufa, produzidos pela biodigestão.

Os resíduos aqui focalizados compõem o que se classifica como *biomassa residual*, de características bem distintas da biomassa da madeira, produzida especificamente para fins térmicos. Enquadram-se nessa classificação os restos de vegetais inaproveitáveis para consumo ou plantio como grãos, sementes, palhas, etc. e os efluentes sólidos e líquidos da produção pecuária, que possam ser biodegradados, como dejetos, esterco, etc.

Desde os matrizeiros, início dos processos com animais estabulados, os confinadores e produtores de leite, até os frigoríficos, laticínios e curtumes, pontos finais das cadeias produtivas, gera-se diariamente uma quantidade expressiva de efluentes e resíduos orgânicos, em volumes, ou vazões, proporcionais ao porte dos estabelecimentos. Regulados por legislações e normas ambientais específicas, o atendimento a essas exigências legais demanda investimentos estruturais de grande monta relativamente aos recursos que dispõe a economia setorial. Por falta de equipamentos de tratamento sanitário, esses efluentes quase sempre são lançados no ambiente e atingem as redes hídricas ainda carregados de substâncias contaminantes.

Não é difícil deduzir que operando dentro de margens de lucro muito limitadas pelas práticas do setor, a produção de proteína animal encontra dificuldades para cobrir os custos do tratamento de seus impactos ambientais. Com isso, a sustentabilidade da atividade é comprometida e pode ocorrer sua inviabilidade quando do não atendimento à legislação ambiental. E encontrar receitas novas e não operacionais, como a produção de energia elétrica e acesso a certificados por redução de emissões do MDL, representa possibilidades preciosas para suprir as necessidades de cobertura de custos e investimentos em tratamentos ambientais.

Além do aspecto ambiental, esse aspecto econômico justifica plenamente esforços para o aproveitamento da energia da *biomassa residual* com produção de energia elétrica sob a forma de *geração distribuídas*. O setor elétrico reconhece oficialmente essa energia, a ser comprada pelas distribuidoras¹⁹. Pode ser usada para autoabastecimento e também acumulada sob a forma de biogás para ser usada principalmente nos horários de ponta, que ocorrem de segunda a sexta-feira, das 18 às 22 horas, quando a energia comprada tem preços, em média, cerca de sete vezes acima da tarifa em horários normais²⁰.

¹⁹ Veja Anexo 1.

²⁰ Plataforma Itaipu de Energias Renováveis, Estudo de Caso, 2008.



As operações com animais estabulados e o aproveitamento industrial dessa produção, ou seja, a conversão da proteína vegetal em animal, podem ser consideradas atividades eletrointensivas e são significativamente eletrodependentes. Começando seu uso intensivo pela moagem dos grãos para as rações, seguindo-se no aquecimento de animais jovens, na incubação de ovos, no transporte automatizado de rações. Na fase de industrialização é preciso usar energia em todas as operações frigoríficas, no aquecimento da água de uso industrial, no funcionamento das câmaras frias, no transporte e retalhamento de carcaças, enfim, quase todas as formas do trabalho na cadeia produtiva são realizadas usando energia elétrica (ou térmica).

Apesar dessa condição intensivamente dependente de eletricidade, é paradoxal o desperdício da energia contida nos seus próprios resíduos e efluentes: joga-se fora, desperdiçam-se os resíduos em condições ambientalmente incorretas e, com isso, perde-se, também, a energia que pode ser gerada a partir deles.

A rigor, o setor do agronegócio da proteína animal vulnerabiliza-se e torna-se tão mais insustentável ambientalmente quanto maior for a escala de produção, ao contrário da visão estritamente econômica que incentiva as unidades das cadeias produtivas a ampliarem suas dimensões. Às largas escalas de produção correspondem grandes vazões, com altas cargas poluentes, que demandam sistemas de tratamento sanitário de porte compatível. A insustentabilidade se agrava na medida em que ainda abdica-se dos produtos que podem ser obtidos a partir de seu tratamento e que poderão gerar novas receitas.

É importante destacar que tanto a biomassa “velha” (madeiras e palhas), mais usadas em combustão para cogeração de energia térmica, quanto a biomassa plantada com

objetivo de produzir agrocombustíveis (etanol e biodiesel), e ainda a *biomassa residual* conversível em biogás para gerar energia elétrica, representam um amplo arco de oportunidades econômicas, sob o título de agroenergia.

A produção de energia no meio rural tem, ainda, outras possibilidades, como a solar térmica e fotovoltaica, a eólica e a da biomassa da madeira. Em relação a resíduos e efluentes, a energia elétrica pode ser obtida com os processos bioquímicos e químicos, através da combustão direta (com ou sem processos físicos de secagem, classificação, compressão, corte/quebra, etc.), por processos termoquímicos (gaseificação, pirólise, liquefação e transesterificação) ou por processos biológicos (digestão anaeróbica e fermentação).

Sendo os fertilizantes industriais nitrogenados diretamente dependentes do petróleo, e os demais fertilizantes, fósforo e potássio, dependentes da disponibilidade das jazidas que abastecem o mundo, mas também vinculados aos custos do petróleo para a logística de sua distribuição, não é difícil perceber que mesmo o estratégico Programa Nacional de Biocombustíveis tem sua maior vulnerabilidade no fato de que as culturas agrícolas que lhe dão base, como a cana-de-açúcar e outras, para serem produtivas, são dependentes de fertilizantes. A mesma dependência ocorre com as demais culturas de base alimentar, como o milho e a soja para animais, e todas as demais culturas alimentares humanas²¹.

Enquanto o valor econômico e estratégico dos fertilizantes mantinha-se baixo, ou pelo menos contido, o emprego de dejetos como biofertilizantes teve sua importância relativizada e, como única forma aceitável de disposição final, a prática acabou por consagrar mais uma opção de descarte de resíduos do que um emprego valorizado destes.



As consequências ambientais, que se procurava reduzir, acabaram por potencializar-se devido ao acúmulo de resíduos e nutrientes no ambiente, aplicações inconclusas, escoamento superficial carreando materiais poluentes aos rios e alterações edafopedológicas significativamente negativas, inclusive para o equilíbrio produtivo dos solos que os receberam²².

O novo quadro econômico mundial, estabelecido com as recentes crises, por certo influirá para que também sejam alteradas as práticas de adubação com biofertilizantes e, mais ainda, quando se tratarem de biofertilizantes com cargas orgânicas reduzidas e atividades biológicas estabilizadas, como se espera sejam os efluentes dos biodigestores²³.

Em suma, com a biodegradação do carbono disponível nos efluentes e dejetos, gera-se o biogás e deste a energia elétrica. O efluente dos biodigestores, após passar em lagoas de decantação, é utilizado como biofertilizante, rico em carbono e contendo os nutrientes N, P e K, entre outros. Pode-se e deve-se gerar uma nova estratégia em relação aos biofertilizantes. Esta passará pela recuperação de recomendações para uso de biofertilizantes feitas há alguns anos, e até o momento pouco consideradas pelos produtores. O receituário consiste em praticar o uso do biofertilizante a partir de uma análise do balanço “solo/culturas/dejetos”, que leve em consideração os riscos e o potencial dos solos em receber bioadubações, lembrando que nem todo solo tem aptidão para tal. Nesse balanço também são levadas em conta as capacidades de extração de nutrientes apresentadas pelas diversas culturas, como soja (150 kg/ha/ano), milho (170 kg/ha/ano) e capim Napier (400 kg/ha/ano), só para citar alguns exemplos. O terceiro componente do balanço,

os dejetos, deve levar em consideração suas cargas orgânicas expressas em miligramas de Demanda Bioquímica e Química de Oxigênio e teores dos parâmetros nitrogênio e fósforo²⁴.

Por essas perspectivas econômicas que gera, a *biomassa residual* pode ser considerada como uma nova chave para a economia rural e para a sustentabilidade do setor, ocupando lugar de destaque entre as possibilidades da *agroenergia*.

4. Crescimento da biomassa residual no Brasil

Como se observa um crescimento acelerado da produção de proteínas animais no país, o volume de *biomassa residual* tem aumentado proporcionalmente em todas as regiões de produção, acompanhando a produção agropecuária. Destaque especial para o sistema de manejo que envolve a estabulação dos animais em espaços restritos, como é o caso da quase totalidade dos plantéis de suínos e aves que abastecem as indústrias chamadas “integradoras” e, crescentemente, de gado bovino.

Outras cadeias produtivas do agronegócio também registram altas taxas de expansão e de geração de *biomassa residual*.

A título de exemplo, o setor sucroalcooleiro é a melhor referência de como utilizar pelo menos uma grande parte dos resíduos resultantes das operações de produção, como o que vem fazendo com o bagaço de cana. Como o transporte de grandes quantidades de bagaço implica gasto adicional significativo para seu aproveitamento, a geração de eletricidade na própria usina torna-se a mais viável alternativa. Já existem no Brasil estudos para a geração de energia elétrica com biogás produzido na

22 *Opus cit.*

23 *Opus cit.*

24 *Opus cit.*



biodigestão do vinhoto, e que viabiliza a venda do bagaço atualmente utilizado em cogeração, na forma de “briquetes”, que substituem lenha e carvão em processos industriais²⁵.

Na indústria de papel e celulose, o potencial energético dos resíduos, como o licor negro e as cascas e resíduos de biomassa, é bastante expressivo, sendo crescentemente aproveitado pelas indústrias do setor, conforme pode ser visto na Tabela 8.

Também merece menção o setor formado pelas unidades de processamento de suco de laranja, que pode adotar tecnologias bastante similares às das usinas de açúcar e álcool para o aproveitamento da biomassa. Seguindo o que já fazem suas concorrentes no Brasil, a empresa Cutrale adotou recentemente o processo de aproveitamento de resíduos para produzir etanol, em sua unidade norte-americana²⁶.

Dentro desse amplo espectro de possibilidades de utilização da biomassa, volta-se a lembrar que o foco do presente trabalho limita-se à análise do setor de criação e processamento de animais em escala industrial, com objetivo específico de estimular o setor a perceber o grande potencial energético que dispõe, a partir da *biomassa residual*, que sem valorização vem estabelecendo a maior vulnerabilidade do setor, que é a relativa ao comprometimento de sua sustentabilidade ambiental.

Essa situação de crescentes volumes de *biomassa residual* dispostos diretamente na natureza não é um fato isolado, e não ocorre somente no Brasil. O estudo de Delgado e outros (1999), focado na pecuária, chama a atenção para esse e outros fatos semelhantes no mundo inteiro.

Para encontrar a verdadeira dimensão dos riscos ambientais e para a saúde pública



Trator empurrando bagaço de cana-de-açúcar para ser queimado.

advindos da consolidação dos negócios da produção de proteína animal em alguns países, em nosso caso o Brasil, devido ao deslocamento geográfico das atividades produtoras provocando o aumento de plantéis de animais, é importante conhecer alguns aspectos desse modelo de produção.

É possível notar os efeitos da *Revolução Pecuária*²⁷ em nosso país, na medida em que ele passa a atender a uma crescente e significativa parcela da demanda mundial por proteína animal. Nesse particular, o fato de o Brasil ocupar posição de destaque na produção e exportação de alguns produtos de origem animal, como é o caso das carnes bovina, suína e de aves, como mostram os dados do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior – MDIC (gráficos 1 e 2, Cap. I, seção 1), já indica que a pressão pelo uso dos recursos naturais, no caso da pecuária, segue crescendo e indo além da demanda originada pelos habitantes do nosso país.

Neste momento, no Brasil, em todas as regiões de produção de carne, leite e derivados,

²⁵ Veja box 3 no Capítulo III, seção 1, mais adiante.

²⁶ Cutrale fará etanol a partir da laranja nos EUA, 07.02.08, G1, Portal de Notícias da Globo, <http://g1.globo.com/>

²⁷ Expressão cunhada por Delgado (1999).



Tabela 8
Brasil
Usinas termoeletricas utilizando licor negro como combustivel
Dezembro de 2008

Nome	Estágio	Município	Potência (kW)
Aracruz	Operação	Aracruz - ES	210.400
Aracruz Unidade Guaíba (Riocell)	Operação	Guaíba - RS	57.960
Bahia Pulp (Ex-Bacell)	Operação	Camaçari - BA	108.600
Bahia Sul	Operação	Mucuri - BA	92.000
Celucat	Operação	Lages - SC	12.500
Celulose Irani	Operação	Vargem Bonita - SC	4.900
Cenibra	Operação	Belo Oriente - MG	100.000
Centro Tecnológico Usinaverde	Outorga	Rio de Janeiro - RJ	440
Jari Celulose	Operação	Almeirim - PA	5.000
Klabin	Operação	Telêmaco Borba - PR	113.250
Klabin Otacilio Costa (Ex-Igaras)	Operação	Otacilio Costa - SC	33.745
Lençóis Paulista	Operação	Lençóis Paulista - SP	25.700
Nobrecel	Operação	Três Lagoas - MS	3.200
VCP-MS	Outorga	Pindamonhangaba - SP	175.100
Veracel	Operação	Eunápolis - BA	126.600
Total em operação			943.855
Total em outorga			175.540
Grande total			1.119.395

Fonte: Aneel, Atlas da Energia Elétrica do Brasil, 2008, p. 67.
Elaboração: Maurício Galinkin/TechnoPolitik.

registra-se intensa ampliação da capacidade operacional, quer de unidades frigoríficas, quer de unidades produtoras. Portanto, se é uma tendência predominante e o país dispõe de condições para desenvolver o agronegócio e a agroindústria, aumentando significativamente suas escalas de produção, conseqüentemente as fontes de *biomassa residual* tendem a aumentar muito seus volumes. Como decorrência, torna-se necessário e urgente definir políticas públicas para tratar o assunto, especialmente visando apoiar o tratamento sanitário desses dejetos.

Essas unidades produtoras podem tornar-se fontes permanentes e renováveis de aproveitamento bioenergético e de biofertilizantes, na melhor hipótese, ou de alta carga poluidora dos recursos hídricos e da atmosfera, caso eles deixem de ser tratados. E devem ser percebidas, aqui, pelo seu potencial positivo de geração de energia, produção de biofertilizantes e créditos de carbono e, conseqüentemente, de renda para o setor, dando sustentabilidade econômica

aos investimentos e custos operacionais dos equipamentos e processos que promovem a sustentabilidade ambiental do negócio.

Apesar de serem potencialmente valorizados como insumos energéticos, ou como fertilizantes, é necessário considerar sempre que os resíduos e efluentes subprodutos orgânicos da produção rural são materiais poluentes.

5. O tratamento sanitário da biomassa residual

Para o tratamento sanitário desses efluentes e resíduos sólidos torna-se necessário submetê-los a um processamento composto por uma fase anaeróbica, em biodigestores, durante um determinado tempo de detenção – que varia em torno de 30 dias –, com o objetivo de obter a redução da carga orgânica bruta do efluente a partir da ação de micro-organismos especializados, típicos de situações de total ausência de oxigênio (ar).



Biodigestor - Granja Colombari.

Biodigestor é uma estrutura projetada e construída de modo a produzir a situação mais favorável possível para que a degradação da biomassa seja realizada sem contato com o ar. Isso proporciona condições ideais para que certos tipos especializados de bactérias, altamente vorazes em se tratando de materiais orgânicos, passem a predominar no meio e, com isso, provocar a degradação de forma acelerada.

O biodigestor recebe os efluentes brutos, cria um ambiente sem oxigênio (ar) e propicia as condições para a liberação dos gases. O biogás fica armazenado na área livre da cúpula do biodigestor, nesse caso transformada em gasômetro, ou pode ir para um gasômetro, com a função de acumulação do gás. Na sequência, o biogás pode ser canalizado para múltiplos usos como processos de aquecimento ou resfriamento, e acionamento de motogeradores de energia elétrica que utilizem esse combustível.

Para ser disposto simplesmente no ambiente, o efluente de um biodigestor ainda deve ser submetido a um sistema de tratamento biológico que pode ocorrer em lagoas de estabilização



ligadas em série (von Sperling, 1998) e a um sistema de tratamento terciário que pode ser na modalidade “Banhados construídos”, para a redução de nutrientes, nitrogênio e fósforo, bem como de seus coliformes fecais.

É muito relevante o fato de um clima tropical, como o brasileiro, ser favorável aos ciclos biológicos que promovem a degradação anaeróbia. Tanto em termos da biodiversidade detritívora²⁸ quanto das condições climáticas em si, com temperaturas médias anuais que garantem os processos biológicos. Trata-se de diferenças comparativas brasileiras que significam possibilidades reais de sustentação da produção de proteínas animais, em relação às regiões localizadas nas áreas frias do planeta.

Aqui, as altas temperaturas praticamente todo o ano e a intensa biodiversidade fazem com que atuem continuamente os micro-organismos detritívoros, responsáveis pelo ciclo do carbono, que mantém a vida no planeta, transformação realizada a partir da degradação da *biomassa residual*.

Nos países do Hemisfério Norte, as condições climáticas extremamente frias por prolongados períodos reduzem e paralisam as atividades dos ciclos biológicos e também restringem a biodiversidade detritívora, em geral muito menos intensa que a tropical. Esses aspectos limitam o emprego da biodigestão em regiões frias, ou pelo menos a encarecem, pois necessitam de energia térmica para ocorrer.

Os estudos existentes sobre a biodegradação anaeróbica, ou biodigestão, ou ainda a fermentação, para o Brasil e no mundo, tornam esse processo bem desenvolvido e disponível.

A biodigestão transforma as características do afluente que recebe para liberar um efluente com:

- redução do potencial poluidor entre 70% e 80% da carga orgânica – em DBO (demanda biológica de oxigênio), ou DQO (demanda química de oxigênio);
- redução do potencial de contaminação infectocontagiosa em mais de 90% (quando acoplado a lagoas de estabilização);
- produção de efluente final estabilizado, apresentando baixa relação carbono/nitrogênio (10:1), indicando material praticamente inerte e PH entre 6,5 a 7,5, com ausência de cheiro e sem atração de moscas.

Existem vários tipos de biodigestores, fruto da longa experiência de alguns países, especialmente China e Índia. A propósito, no Ocidente a experiência com biodigestores não é apreciável, mas recentemente tem havido algum desenvolvimento desses equipamentos na União Europeia.

Os biodigestores são construídos de maneira a isolar entradas de ar dentro dos dispositivos, podendo-se empregar para isso várias formas construtivas, sendo as mais comuns:

A mais simples

- **Lagoas cobertas:** são lagoas escavadas no solo, impermeabilizadas e recobertas com lonas plásticas para isolamento e contenção do biogás. São muito utilizadas no Brasil, pois desempenham melhor sua função em regiões de temperaturas mais altas. São usadas para tratamento de efluentes líquidos geralmente com menos de 2% de sólidos em suspensão. As lagoas cobertas constituem-se na forma menos tecnificada de biodigestor, o que não significa equipamento menos eficiente. Essa característica pode ser determinante quando se depara com a necessidade de eleger qual seria o modelo mais adequado para atividades com menos recursos disponíveis para investimentos, como a produção em menor

²⁸ Detritívoro: “que se alimenta de restos de animais ou vegetais, muitas vezes agindo propiciamente para o saneamento do ecossistema em que vive” (Houaiss, 2001: 1024); “Que ou aquele que se nutre de detritos” (Aurélio, 2004: 667).



escala de pequenos animais, aves e suínos, e ainda leite. Outro aspecto relevante é que para atender ao tempo de detenção do efluente no interior do biodigestor, a forma “lagoas cobertas” demanda grande disponibilidade de área para ser instalada.

Formas mais tecnificadas

- **Digestores de mistura completa:** são tanques em concreto, construídos acima ou abaixo do nível do terreno, com cobertura em lonas plásticas. São utilizados para tratamento de efluentes com altas concentrações de sólidos, entre 3 e 40%. Requerem menos área do que as lagoas;
- **Digestores Plug Flow:** funcionam com os mesmos princípios dos demais. São tanques geralmente retangulares, utilizados para efluentes com alta concentração de fibras.

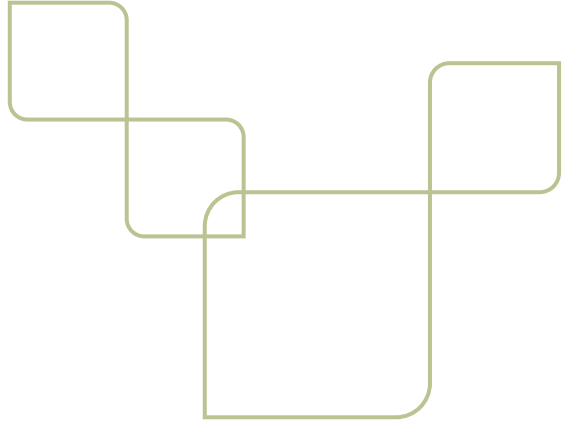
A estrutura dessas formas mais sofisticadas facilita sua implantação em terrenos com área reduzida e limitada, sendo também mais segura ambientalmente, podendo fazer parte de sítios industriais em quadros urbanos congestionados.



Biodigestor em construção.



Biodigestor - Granja Colombari.



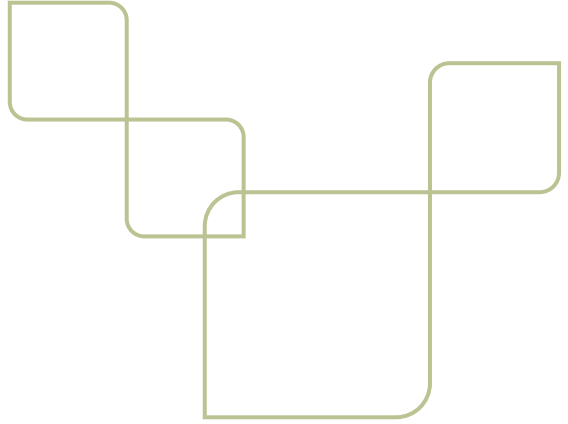


3.

AGROENERGIA: OBTENÇÃO DE BIOGÁS E GERAÇÃO DE ENERGIA TÉRMICA E ELÉTRICA

Agroenergia da biomassa residual:

perspectivas energéticas, socioeconômicas e ambientais.





1. A agroenergia

No Brasil, as energias renováveis em geral ainda são entendidas como “alternativas”, conferindo-lhes um aspecto subalterno, para diferenciar as demais fontes da ainda considerada a mais nobre das renováveis, a hidrelétrica.

As estatísticas setoriais ignoram o potencial que representa a energia contida nos resíduos orgânicos, se não para os efeitos registrados na distribuição dos espaços das energias ditas alternativas, pelo menos na correta identificação do potencial econômico que esses resíduos e efluentes representam para seus geradores.

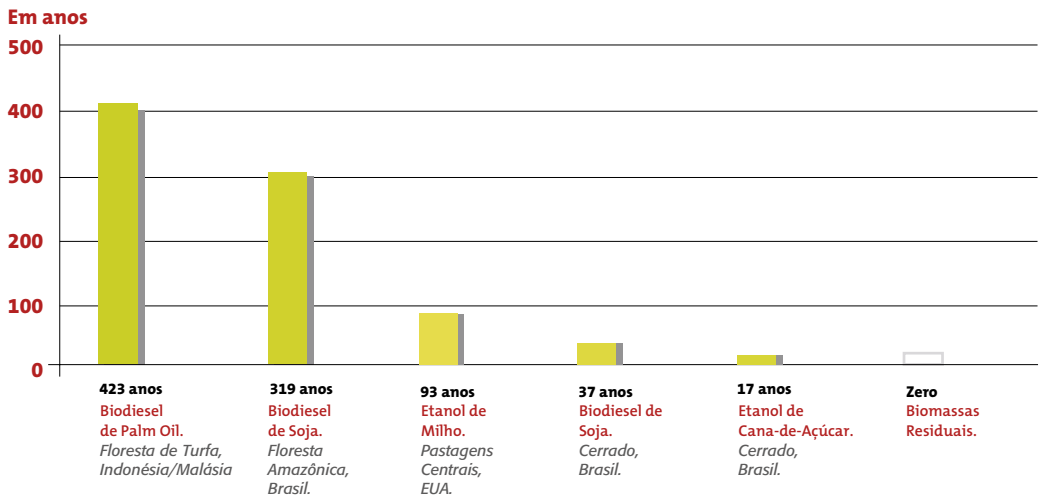
Setores que têm na *biomassa residual* efluentes em grandes volumes, como o sucroalcooleiro e o agronegócio da carne, não têm sabido valorizá-los – exceto quanto ao bagaço de cana, que recentemente começou a ser queimado para geração de energia térmica e elétrica nas usinas, e venda de seus

excedentes – e, por isso, carregam pesados ônus determinados pelos passivos ambientais que eles acabam gerando.

A geração de energia a partir da biomassa animal encontrava-se, em 2008, em fase quase experimental, com poucas usinas de pequeno porte em operação no mundo. Por isso, em estatísticas e estudos, era tratada pela designação genérica de “Outras Fontes” (...). Já para a biomassa de origem vegetal, o quadro era radicalmente diferente, em função da diversidade e da aceitação de seus derivados pelos consumidores. (Atlas da Energia Elétrica do Brasil, 2008. Brasília: Aneel: 68).

À medida que as economias local, regional, ou mesmo nacional assentam-se em processos ou atividades em cadeia, que geram permanente e inexoravelmente grandes quantidades de resíduos da biomassa, ou orgânicos, a energia potencial que essas atividades podem gerar permite também caracterizá-las como renováveis, por similitude com suas matérias-primas.

Gráfico 3:
Conversão de cobertura vegetal natural para produção de biocombustíveis.
Tempo de zerar as emissões de CO₂ liberado com desmatamento com a utilização do respectivo combustível produzido.



Adaptado de Fargione et. al., 2008, por Maurício Galinkin/TechnoPolitik.



Fargione e outros (2008), analisando o saldo entre as emissões de gases do efeito estufa resultantes da retirada da cobertura vegetal natural em vários biomas, para a implantação de plantios de culturas bioenergéticas, e o que deixa de ser emitido com o uso do biocombustível delas resultantes (veja Gráfico 3), ressaltam que o uso de *biomassa residual* para gerar energia, ao contrário de plantios visando obter biocombustíveis, não produz a emissão dos grandes estoques de carbono que estavam acumulados na cobertura vegetal retirada, “oferecendo vantagens imediatas e sustentáveis com relação à redução da emissão de *GEE*” (idem:1).

O preço do barril de petróleo já alcançou, no passado recente, US\$ 145, e permanece oscilando com grande volatilidade em torno de US\$ 60²⁹. Ao mesmo tempo e paradoxalmente, vê-se sua condenação como combustível gerador de gases do efeito estufa, o que deveria significar, também, sua desvalorização qualitativa explícita. Assim, estabelece-se um novo cenário para as várias fontes de energia utilizadas pela humanidade. Os câmbios climáticos e a consciência cada vez maior da necessidade de redução das emissões de gases do efeito estufa, juntamente com o instável preço do petróleo, são sinais da possibilidade de importantes mudanças nas fontes de geração de energia.

Novas e até então caras tecnologias para geração de energia começam a viabilizar-se, como é o caso da verificada na própria matriz do petróleo, da prospecção em águas muito profundas, como o recente poço Tupi, no Brasil. Outras possibilidades surgem para inovações tecnológicas na área de combustíveis e energia, que começam a fazer sentido econômico. Novos atores econômicos estão vendo possibilidades de não só acessar e utilizar a energia que necessitam, mas

de protagonizar, ou participar de geração e distribuição de combustíveis e energia elétrica, atividades até hoje reservadas para instituições estatais ou grandes companhias privadas. Entre eles, destaca-se o setor rural, que recentemente, pelo mundo afora, vem descobrindo sua vocação para o tema.

Michael Liebreich, presidente da New Energy Finance³⁰, um renomado especialista em energias renováveis, diz que estamos em plena reestruturação cultural e que levaremos pelo menos 20 anos para transformar nossos hábitos em relação à energia³¹. É possível que esse prognóstico de tempo seja válido em se tratando da matriz energética global, porém, não é o que está ocorrendo em alguns países da Europa, que diante da escassez de fontes e visando atenuar a dependência de energias poluentes como o carvão e a nuclear, estabeleceram políticas públicas normatizadoras para a inclusão de energias renováveis em suas matrizes.

Uma nova função econômica do espaço rural

O conceito europeu de “Energypark” ou Parque de Energia ganha espaço em vários países. A Alemanha o incentiva oficialmente e o está desenvolvendo como prioridade. Seguem-na de perto a Espanha e a Áustria. Nesse último país, proprietários rurais que afundaram nas mais recentes crises da produção de carnes encontraram uma saída para a recuperação econômica associando-se, disponibilizando suas propriedades, partilhando seus espaços mais do que qualquer sistema produtivo, para neles formar os parques rurais de energia³².

Em alguns países da União Europeia, proprietários de pequenos ou grandes imóveis rurais, organizados em pequenas empresas ou cooperativas, assumem os investimentos

29 Em maio de 2009.

30 <http://www.newenergyfinance.com/?n=9>.

31 Entrevista a Camila Fusco, em 21.12.07, publicada na Revista Exame, edição 0909, de 25.12.07.

32 Informe pessoal de Cícero Bley Jr. a partir de entrevistas realizadas em países da União Europeia.



necessários para implantação de energias rurais.

Contratam a venda da energia produzida por períodos longos, em média 20 anos, com as concessionárias regionais. Esses países também subsidiam os preços das energias renováveis, especialmente as geradas em pequenos negócios.

Os proprietários de imóveis rurais estão sendo estimulados a reciclar seus terrenos, ampliando o uso dos seus espaços para implantar projetos de geração de energia a partir das fontes renováveis eólica, solar e da *biomassa residual* convertida em biogás. Estabelecem, além de todas as modalidades agropecuárias conhecidas, o agronegócio da energia, ou a agroenergia. Por outro ângulo, trata-se de mobilizar ativos econômicos até então inertes, sem uso, relacionados com recursos naturais, que praticamente não produziam nenhum efeito econômico direto, a não ser o de funcionarem como meio físico sobre o qual a agropecuária se assentou desde quando a humanidade passou a cultivar para colher, em vez de simplesmente coletar.

Com a consolidação da agroenergia como uma atividade econômica oficialmente reconhecida e estimulada, surge um novo negócio, uma nova fonte de receitas para a propriedade rural, gerando faturamento independente dos obtidos com os produtos agropecuários tradicionais, e que pela estrutura de preços, prazos e firmeza de contratação – contratos de longo prazo com concessionárias distribuidoras oficiais reguladas publicamente – constituem novas perspectivas para o campo.

Energia no setor sucroalcooleiro

Tomando-se a matriz do etanol, segundo Marcos Jank, diretor-presidente da União da

Indústria de Cana-de-Açúcar (Unica), o setor alcooleiro quer que o etanol seja seu primeiro produto; a energia elétrica, o segundo; e o açúcar, o terceiro³³. Há potencial suficiente para isso, sendo que as usinas usam somente um terço do bagaço para gerar energia, e esta é utilizada para o consumo próprio. Esse volume já equivaleria à esperada produção de energia elétrica da UHE rio Madeira. Jank assegura que essa biomassa será utilizada mais intensamente e, em cinco anos, a energia que ela irá gerar será igual à produzida na UHE Itaipu, ou uma potência equivalente a 14 GW.

Na entrevista, o presidente da Unica pede que o setor receba subsídios, como forma de incentivar energias alternativas. Muito organizado, o setor alcooleiro investe no desenvolvimento de energia gerada por seu principal resíduo – o bagaço da cana – e ainda sobra potencial energético neste e em outros subprodutos existentes.

Contudo, não é demais lembrar que o setor tem como hábito antigo – desenvolvido inicialmente com o objetivo principal de desfazer-se do efluente altamente poluente, do momento em que foi proibido de ser despejado diretamente nos cursos d'água – usar o vinhoto diretamente como fertilizante, desperdiçando de maneira crônica a energia que esse efluente contém. Seria suficiente submetê-lo a um biodigestor, do qual se extrairia o biogás conversível em energia elétrica, restando ainda o subproduto biofertilizante, mantidas as suas propriedades agrícolas. Já existem duas usinas processando a biomassa do vinhoto, ainda em caráter experimental, conforme descrito no Box 3³⁴, a seguir.

O conceito adotado pelos países que se adiantaram em agroenergia, em seu sentido mais amplo, traz a possibilidade de se

33 Entrevista a Camila Fusco e Sérgio Teixeira Jr., *Jornal Exame on line*, em 27 de dezembro de 2007 (<http://portalexame.abril.com.br/revista/exame/edicoes/0909/negocios/m0147760.html>).

34 cf <http://www.biodieselbr.com/energia/biogas/vinhaca-biogas.htm>, acessos em 14.12.07 e 19.06.08, cálculos efetuados por Maurício Galinkin/TechnoPolitik.



utilizar de fontes geradoras “de varejo”, ou seja, micro e pequenas centrais elétricas, para suprirem os horários de ponta e assim complementar a matriz energética. Trata-se da *geração distribuída* de energia elétrica, muito conhecida mas ainda com incipiente aceitação pelo setor elétrico mundial, já que propõe a descentralização de parte da geração de energia.

A principal razão dessa resistência é que *geração distribuída* torna muito mais complexo o processo de gerenciamento para garantia da qualidade e quantidade energética necessárias para o atendimento às grandes demandas, pois inúmeras fontes de energia de pequena escala são adicionadas em todo o território.

Compreende-se que o modelo de gestão do setor, por definição centralizado e atacadista, procure reduzir custos e riscos concentrando os processos de geração, transmissão e distribuição da energia. No entanto, há uma dimensão da geração de energia no varejo que pode oferecer uma importante contribuição à matriz energética global.

Entende-se aqui como “energia no atacado” os investimentos em geração relacionados com grandes unidades geradoras, sejam hidrelétricas, térmicas ou nucleares. A “energia de varejo” é aquela gerada em micro, pequenas e médias unidades geradoras. Um equívoco usual é considerar que o varejo teria o objetivo de substituir o atacado, e vice-versa. Na realidade, as sociedades dos países que se adiantaram no conceito perceberam que gerar no atacado e, complementarmente, no varejo, são duas possibilidades não concorrentes.

Para melhor explicar: as demandas da sociedade por energia são dimensionadas no atacado para fornecer toda a energia necessária para sustentar esta sociedade. Inclui fornecer energia para todos os momentos da vida cotidiana em que há necessidade de muitos consumidores ligarem, ao mesmo tempo, um simples chuveiro elétrico, ou um ferro de passar roupas, concorrendo ainda com a necessidade de rodar um moinho industrial, resfriar alimentos em uma câmara

fria, ou prover energia para acionar uma broca de dentista, um bisturi, ou ainda oferecer a iluminação pública como componente essencial da segurança do cidadão. Trata-se do chamado “horário de ponta”, no qual ocorrem juntos os picos de todas as demandas.

No conceito geração “no atacado”, o preço do suprimento da energia nos horários de ponta integra com grande peso os cálculos do dimensionamento de unidades geradoras de energia, ainda que por sistema de tarifação diferenciada tente-se estimular o consumo fora da ponta.

Há atividades duramente penalizadas por esse sistema. Algumas indústrias paralisam suas linhas produtivas, outras programam parada de manutenção nesse horário, por não conseguirem absorver os custos da energia no horário de pico de demanda.

Diante desse cenário, o avanço da agroenergia é uma oportunidade de alto valor estratégico para o país, tanto sob a ótica energética em si, proporcionando o aumento da disponibilidade interna feita com base em energias renováveis quanto, principalmente, pela ótica econômica. Cria-se, com ela, uma nova dimensão no setor rural, que passa a ser um setor com possibilidade de geração de energia a ser utilizada pelo menos no próprio setor, em processo de autogeração, que levaria à liberação de energia para outras demandas da sociedade, com o agronegócio podendo chegar à autossuficiência e à autonomia energética. Além disso, não se deve descartar a possibilidade de geração de excedentes de energia elétrica, passíveis de comercialização no sistema nacional.

Dados do MME mostram que 15% de toda a energia elétrica gerada no país é perdida na transmissão e distribuição. Estima-se que reduzindo 10% desta perda equivaleria a obter uma usina hidrelétrica equivalente à do rio Madeira (Plataforma Itaipu de Energias Renováveis, Estudo de Caso, 2008:18).



Box nº 3

Produção de biogás a partir do vinhoto da cana-de-açúcar

Na produção de açúcar e álcool a partir da cana-de-açúcar, para cada litro de álcool obtido no processo de destilação são gerados cerca de 14 litros de um efluente denominado vinhoto⁽¹⁾ (ou, na denominação mais recente, vinhaça), que produz grande impacto negativo se disposto diretamente no ambiente.

O vinhoto possui alta carga orgânica (DQO da ordem de 29.000 mg/litro) e contém os nutrientes nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), entre outros, que usualmente compõem os fertilizantes químicos utilizados na agricultura. Por essa razão, praticamente todas as usinas utilizam uma parte do efluente produzido para adubar seus canaviais.

A legislação ambiental proíbe o descarte direto desse efluente em rios, lagos, no mar, e na superfície terrestre apenas em locais previamente licenciados e sob controle, de modo a não atingir os lençóis freáticos.

O seu aproveitamento para produção de biogás e seu uso para produção de energia elétrica começou a ser cogitado e estudado só recentemente, e ainda são necessárias pesquisas para resolução de alguns problemas técnicos que persistem. Entre estes, destaca-se a questão das flutuações na quantidade e qualidade do vinhoto a ser processado, já que os efeitos corrosivos de componentes do biogás – outro problema apontado pela literatura disponível – estão sendo resolvidos em processos semelhantes que têm origem em outras “matérias-primas”, como lixo em aterros e biomassas residuais de criatórios e processamento de carnes.

O coeficiente de geração de energia elétrica a partir do vinhoto é estimado em 20 kWh por tonelada de cana processada [BioDieselBr⁽²⁾]. De acordo com as estimativas da Conab⁽³⁾ a produção de álcool no país consumirá entre 310 e 322 milhões de toneladas de cana na safra 2008. Aplicando-se o coeficiente de geração de energia elétrica sobre essa quantidade de cana, encontra-se um potencial de geração da ordem de 6,32 TWh⁽⁴⁾ com o aproveitamento integral da energia contida no vinhoto. O vinhoto resultante da produção de açúcar não está incluído nesse valor.

Informa a empresa Bancor que duas usinas no Estado de São Paulo estão operando projetos de aproveitamento do vinhoto com “técnicas mais modernas” e “empresarialmente corretas”: a Usina Santa Elisa S.A. (Usesa), na região de Ribeirão Preto, e a Usina São Martinho, em Pradópolis.

A Santa Elisa apenas desidrata o vinhoto, facilitando seu emprego na lavoura, deixando de aproveitar sua energia. Já a São Martinho processa o vinhoto por biodigestão contínua, capturando o biogás, que funciona como combustível auxiliar queimado diretamente nas caldeiras, e em *spray-driers*, utilizados na secagem de leveduras do processo de fermentação das dornas.

Com isso, segundo a fonte citada, a Usina São Martinho obtém sobras de bagaço de cana, transformado em briquetes, usados em substituição à lenha ou carvão, e leveduras obtidas no *spray-drier*, produtos comercializados e geradores de receitas extras, além de diminuir os passivos ambientais da empresa.

O vinhoto tratado, efluente final do processo da biodigestão utilizado pela usina, tem menor poder poluente, deixa de ter o forte odor e também não atrai insetos, que caracterizam o vinhoto bruto. Ocorre, também, uma normalização do pH do efluente, que passa a ser entre 6,0 e 6,9, reduzindo a necessidade de corretores de acidez dos solos, aos quais a aplicação do efluente final incorpora substâncias nutrientes como: nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio.

As características físico-químicas do vinhoto tratado, segundo a Bancor, são:

- 1. redução do DQO de 29.000 para 9.000 mg/l;**
- 2. N total, 600 mg/l;**
- 3. P total, 32 mg/l;**
- 4. K, 1.400 mg/l.**
- 5. Sulfato, 32 mg/l.**

A avaliação econômico-financeira dos resultados do investimento de uma usina de álcool, conforme a fonte acima citada – em dimensões entre 192.000 e 480.000 litros de álcool/dia – no processamento da biogestão do vinhoto resultante, além de possuir uma taxa interna de retorno (TIR) de 18%, apresenta os seguintes indicadores, por 1.000 litros de álcool produzido:

- 1. gera 125 m³ de biogás (gás metano);**
- 2. entre 386 e 462 kg de briquetes de bagaço;**
- 3. 6 kg de leveduras secas; e**
- 4. créditos de carbono (RCEs) de 556 kg/ano.**

Notas: (1) Fonte: Bancor Brasil Ltda., <http://www.bancor.com.br/vinha%E7a.htm>, 13.06.08, 14h30; (2) Fonte: BiodieselBr.com <http://www.biodieselbr.com/energia/biogas/vinhaca-biogas.htm>, 13.06.08, 14h52; (3) Fonte: Conab, Acompanhamento da Safra Brasileira, Cana-de-açúcar, Safra 2008, 1º levantamento, abril 08; (4) Cálculo efetuado por Maurício Galinkin, TechnoPolitik.



2. Processos de produção e produtos

Como já foi mencionado, os processos de biodigestão da *biomassa residual* geram dois produtos e um “serviço”: o biogás e o biofertilizante, e a venda dos serviços de sequestro de carbono, gerando chamados “créditos de carbono”. O biofertilizante contém dosagens de nitrogênio e fósforo interessantes sob o ponto de vista de uso agrícola, e carbono em alta quantidade, que pode ser utilizado em revitalização de solos, pois é o elemento essencial para nutrição da sua microbiologia. Renovar os estoques de carbono dos solos significa melhorar suas condições para realizar os ciclos biogeoquímicos, que são essenciais para disponibilizar os nutrientes necessários para as culturas agrícolas.

A composição do biogás, resultante da *biomassa residual* de criatórios de animais é geralmente a seguinte, segundo Coelho (2000):

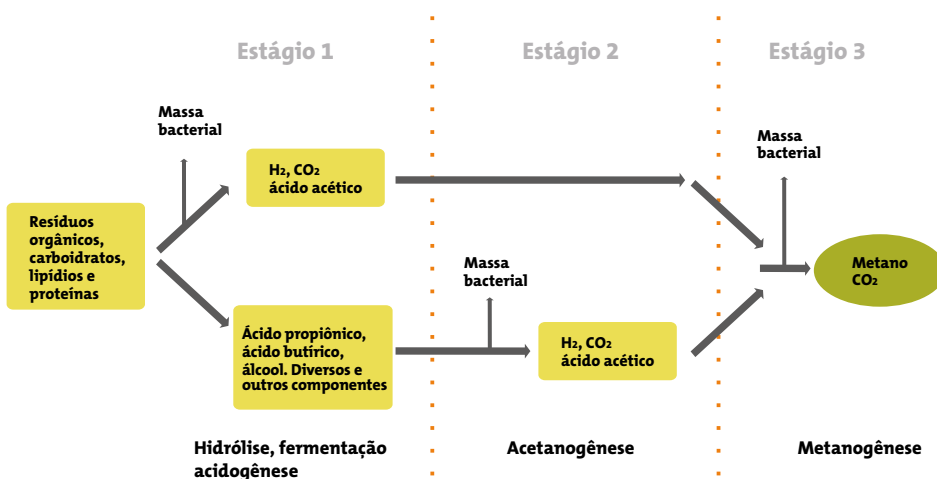
- metano (CH_4): 40-70% vol.
- dióxido de carbono (CO_2): 30-60% vol.
- outros gases: 1-5% vol.

- hidrogênio (H_2): 0-1% vol.
- sulfeto de hidrogênio (H_2S): 0-3% vol.

A geração de biogás na biodegradação anaeróbia se dá em três fases, como mostrado no Gráfico 4, abaixo:

- **Hidrólise:** as bactérias liberam enzimas extracelulares, para promover a hidrólise das partículas e degradar os sólidos em suspensão maiores em moléculas menores, solúveis no meio;
- **Acetogênese:** as bactérias produzem ácidos para transformar as moléculas de proteínas, gorduras e carboidratos existentes na biomassa, em ácidos orgânicos (ácido láctico, ácido butílico), etanol, amônia, hidrogênio e dióxido de carbono, entre outros;
- **Metanogênese:** as bactérias metanogênicas atuam sobre o hidrogênio e o dióxido de carbono, transformando-os em metano (CH_4). Essa fase limita a velocidade da cadeia de reações devido, principalmente, à formação de microbolhas de metano e dióxido de carbono em torno da bactéria metanogênica, isolando-a do contato direto com a mistura em digestão, razão pela qual a agitação da massa contida no digestor é prática sempre recomendável.

Gráfico 4:
Fases da produção de biogás.





A Usina São Martinho processa o vinhoto e usa o biogás para produção de energia.

Box nº 4

Cronologia do biogás

1776: Na Itália, Alexandre Volta identifica o “gás dos pântanos” (metano).

1857: Em Bombaim, Índia, foi construída num hospital a 1ª instalação operacional destinada à produção de gás combustível.

1890: Em Exeter, Inglaterra, foi projetada uma fossa séptica para produção de gás para uso na iluminação pública.

1920: Na Alemanha, Karl Imhoff desenvolveu um tanque digestor, que ganhou o nome de tanque de Imhoff.

1939: Em Kampur, na Índia, o Instituto Indiano de Pesquisa Agrícola desenvolveu a primeira usina de gás de esterco.

1958-1972: Na China, foram instaladas mais de 7,2 milhões de unidades de biodigestores.

1979: Em Brasília (Granja do Torto), a Embrater instalou seu primeiro biodigestor no Brasil.

2007: Itaipu Binacional e Copel iniciam experiências com objetivo de viabilizar a compra de energia elétrica por geração distribuída, oriunda de biogás produzido por tratamento da biomassa residual de criatórios, especialmente de suínos, no Estado do Paraná.

2008

- Em 10 de janeiro a Granja Colombari, em São Miguel do Iguazu, Paraná, teve suas instalações de conexão ao Sistema Interligado Nacional, via Copel, testadas e aprovadas por essa empresa.

- Em julho, a Aneel concede autorização para a Copel adquirir energia elétrica originada do biogás de tratamento da biomassa residual.

- Em final de novembro, a Copel lança edital de compra de energia de geração distribuída produzida por biomassa residual.

2009

- Em 3 de março a Copel assina contratos com quatro empresas fornecedoras – entre elas a pioneira Granja Colombari – que operam seis plantas produtoras de energia.

Fontes: Oliveira, M.M. (2008a) e Itaipu Binacional/Copel.



O biogás resultante da digestão da biomassa é inflamável em função da quantidade de metano que contém, uma característica que o habilita também para uso como combustível em turbinas e motores a explosão e, acoplando-se a estes um gerador, produz-se energia elétrica. O seu poder calorífico usual varia entre 5.000 e 7.000 quilocalorias por metro cúbico (Fonte: www.cogeracao.pti.org.br), podendo chegar até 12.000 kcal quando altamente purificado (Barrera, in Casagrande, 2003), portanto, com grande potencial de uso como energia térmica ou energia elétrica ao alimentar motogeradores.

A energia da biomassa residual pode ser armazenada na forma de biogás, transformada em energia elétrica e liberada em horários específicos, como a hidroenergia.

Isso se dá quando a valorização da energia é máxima, como nos horários de ponta do sistema de tarifação horo-sazonal azul brasileiro³⁵, em que o preço por kWh chega a sete vezes³⁶ o do horário fora do pico de demanda. Essa similaridade entre a *biomassa residual* e a energia hidrelétrica, que armazena energia na forma de água em reservatórios, indica grandes possibilidades de complementaridade direta entre essas fontes.

Além disso, no caso de uso da *biomassa residual* transformada em energia elétrica para processos produtivos que ocorrem no espaço rural ou semirural (criatórios, frigoríficos, etc.), e que hoje demandam energia elétrica do Sistema Nacional Integrado, acontecerá – do ponto de vista desse sistema – o que Sachs corretamente classifica como a “energia que menos custa” (Sachs, 2007a:25), aquela que deixa de ser demandada no sistema que a gera em centrais, a transporta em linhas de

transmissão e a entrega aos consumidores através de linhas de distribuição. Isso significa economia nos investimentos da logística da disponibilidade e para acesso da energia elétrica, e que sendo produzida pelas próprias atividades usuárias pode ser liberada para usos socialmente mais necessários (ampliação de linhas de metrô, trens, hospitais, etc.).

Ocorre, ainda, uma outra possibilidade de utilizar a disponibilidade de energia a partir da *biomassa residual*. E esta será tão mais nítida quanto maior detalhamento se tiver das demandas energéticas do setor do agronegócio. Em outras palavras, o setor demanda energia elétrica para sustentar suas operações infraestruturais e de processos, mas também utiliza energia automotiva para movimentar cargas agrícolas. Essas demandas de transporte também podem ser atendidas por energia elétrica, o que significa redução do uso de combustíveis fósseis, que na atualidade tanto representam despesas expressivas da produção, quanto fontes relevantes de geração de gases do efeito estufa.

Convertendo-se o biogás em energia elétrica para atender às demandas de processos da produção agropecuária e ainda gerando excedentes de energia para movimentar veículos, embarcando nestes a energia acumulada em baterias (e não o biogás, ou mesmo metano engarrafado, como se tentou no passado), confere-se o mais amplo alcance econômico possível à estratégia de valorização da *biomassa residual*. E já existem empresas desenvolvendo esses tipos de veículos, com motores elétricos movidos a baterias, como é descrito no Box nº 5, nesta seção.

Isso sendo feito nas unidades geradoras de *biomassa residual*, de forma descentralizada, por *geração distribuída*, e com o emprego de tecnologias pouco intensivas em capital como os biodigestores, pode conferir ao agronegócio e à agricultura familiar ampla autonomia

35 Empresas grandes consumidoras podem beneficiar-se com tarifas de energia elétrica diferenciadas por horário de consumo.

36 Plataforma Itaipu de Energias Renováveis: Estudo de Caso, 2008.



energética, além da sustentabilidade ambiental e econômica.

Os motores geradores que convertem o biogás em energia elétrica também produzem altas temperaturas (600 °C) nos coletores de escape, e é possível assim cogear energia térmica, disponibilizando calor que pode ser usado diretamente em várias operações de aquecimento ou mesmo de refrigeração.

É possível que, em função de grandes vazões de efluentes orgânicos e, conseqüentemente, grande disponibilidade de biogás, outra parte da energia elétrica gerada possa ser vendida às concessionárias distribuidoras de energia elétrica, produzindo um faturamento originado na nova *commodity* existente na propriedade diversificada, sendo seu fator viabilizador a adoção da metodologia operacional de *geração distribuída*.

É importante lembrar que tanto para consumo próprio, como para venda dos excedentes da produção de energia, a situação nova para o campo como gerador de energia deve necessariamente ser reconhecida e oficializada para todo o país. Só assim será possível trazer segurança ao desenvolvimento de tecnologias necessárias para realizar essas operações, assim como estabelecer contratos de longo prazo e estáveis para os produtores, o que é muito diferente da situação provocada por oscilações de mercado na produção de alimentos.

Para isso,

a Aneel autorizou, em 2008, a Companhia Paranaense de Energia Elétrica (Copel) a implantar projeto-piloto para a compra da energia excedente produzida em pequenas propriedades rurais do Paraná a partir de dejetos de animais. Chamado "Programa de Geração distribuída com Saneamento Ambiental", ele permitirá a utilização do material orgânico resultante da criação de suínos, evitando o seu lançamento em rios e em reservatórios como o da usina hidrelétrica de Itaipu. Os resíduos, por meio de biodigestores, serão transformados em biogás, combustível usado na produção de energia elétrica. Por decisão da Aneel, a potência instalada máxima dos empreendimentos incluídos no programa

será de 300 kVA (quilovolt-ampere), que equivale a 270 quilowatts (kW). Esta potência é suficiente para abastecer 60 unidades consumidoras". (Atlas da Energia Elétrica do Brasil, 2008. Brasília: Aneel: 87.)

3. Impactos econômicos positivos da geração distribuída de energia elétrica

Há tecnologias disponíveis para a transformação da *biomassa residual* em energia elétrica, e sua utilização irá gerar uma demanda com impactos econômicos positivos altamente significativos, em seus efeitos "para trás", em termos econômicos e tecnológicos. A construção de biodigestores utilizará, por um lado, serviços como projetos técnicos de engenharia civil, ambiental e elétrica, serviços de terraplenagem, produtos como mantas plásticas, gasômetros, medidores, tubulações, mão de obra de implantação e operação, entre outras. Já para a conversão do biogás em energia elétrica cria-se a demanda nos mercados de fornecedores de motores geradores, células de hidrogênio, filtros e outros equipamentos.

Para as ligações em redes internas, ou mesmo de concessionárias, mais uma onda de negócios é proporcionada. Sendo multiplicadas aos milhares pelo número de propriedades nas diversas regiões produtoras, o impacto do aumento da escala de produção desses insumos e serviços concorrerá para a consolidação da indústria, dos escritórios de planejamento regionais e locais, assim como dos prestadores de serviços.

Dispersa, por definição, a *geração distribuída* de energia elétrica, em seus efeitos "para frente", constituirá uma nova possibilidade econômica para grandes, médios ou pequenos empreendimentos, e para a agricultura familiar, em especial no início das cadeias de transformação da proteína vegetal em animal – os criatórios –, uma situação nunca antes experimentada.



Box nº 5

Tecnologia avança nos veículos elétricos

Veículos elétricos para trabalhos pesados já estão bem desenvolvidos por várias montadoras e operam com mais de 18 milhões de horas completadas na Europa, como os caminhões de várias capacidades desenvolvidos em uma fábrica de Gênova – Itália. A autonomia energética proporcionada pela agroenergia é suficiente também para movimentá-los.

Apesar dos esforços da indústria automobilística atrelada ao petróleo, os veículos elétricos vêm conseguindo furar os bloqueios e a cada dia surgem novos protótipos, novas soluções. Seja a energia elétrica pura ou híbridos, estes já fazendo parte de frotas de veículos rodando pelas grandes cidades do mundo, como Nova York, Paris ou Tóquio.

O agronegócio é integrado e opera e depende de grandes volumes. Na ponta, as indústrias recebem diariamente os produtos agropecuários produzidos nas fazendas e granjas integradas. Entre as rotas percorridas pelo transporte das safras, não ocorrem somente os movimentos de retiradas da produção e seus transportes a portos e às indústrias para beneficiamento. Há rotas diárias de produção intermediárias, como por exemplo a da alimentação dos animais estabulados, com origem nas fábricas de ração.

Caminhões percorrem sistematicamente, todos os dias, estas e outras rotas. O mesmo acontece com o transporte de leitões, das unidades produtoras até os terminadores; e com os ovos dos matrizeiros aos incubatórios, de onde se originam milhões de pintinhos em direção a milhares de aviários de produtores integrados. Ao final dos ciclos, seguem os animais em idade de abate, igualmente por transporte, até os frigoríficos.

Quando a agroenergia estiver operacional, como uma dimensão do processo de desenvolvimento, as energias dos combustíveis e a elétrica, que são usadas pelo setor rural, estarão sendo geradas pelo próprio setor. Os segmentos que produzem e comercializam energia elétrica para o setor rural terão a possibilidade de vendê-la a outros clientes, e obter melhor remuneração pelo mesmo produto. Passarão a ter, também, maior disponibilidade de energia para ofertar, atendendo demandas de setores eletrodependentes que não têm nenhuma possibilidade de serem autogeradores, como vários tipos de indústrias urbanas, muitos usos públicos como a iluminação de logradouros e os grandes prestadores de serviços eletrointensivos como câmaras frias, movimentações de materiais e tantos outros.

Fonte: Bley Jr. (2008a)



Veículos elétricos - Itaipu Binacional.



É importante ressaltar, aqui, que a dimensão mínima necessária para viabilizar esses investimentos ainda está por ser determinada por estudos de viabilidade econômica específicos, situando-se além do escopo do presente estudo.

Essa oferta de energia elétrica permitirá às unidades familiares – pelo menos a parte delas – avançar em processamentos de suas matérias-primas na agroindústria caseira, dependentes de energia, antes não disponíveis ou muito limitadas devido aos seus custos.

Pelas mesmas razões, a indústria e o comércio, como fornecedores de equipamentos, geradores, biodigestores, tubulações e pequenas obras civis, e os serviços de projetos, manutenção, assistência técnica e outras demandas, encontrarão maior escala para seus

negócios, com o mercado ampliado, e seus preços tenderão a se reduzir pela concorrência e escala de produção.

Enfim, a *biomassa residual* poderá surpreender pelos impactos positivos de sustentabilidade direta e indireta que é capaz de produzir, em termos regionais e por sua distribuição territorial descentralizada, suas tecnologias acessíveis aos produtores a partir de treinamentos e capacitações específicos, passando a representar importante fonte de energia renovável para a estrutura agrícola brasileira, além dos postos de trabalho que irá criar no espaço rural (ver informações mais detalhadas a esse respeito no Capítulo V desta publicação).

Empreendimentos existentes

De acordo com a Aneel, existem atualmente oito plantas geradoras de energia elétrica a partir do aproveitamento do biogás, com uma potência total instalada de 61,7 MW. A Tabela 9, a seguir, mostra informações básicas dessas empresas.

Tabela 9
Brasil
Empreendimentos independentes geradores de energia a partir do biogás
2008

Usina	Potência outorgada (kW)	Destino da energia (1)	Proprietário 100% para	Município
PCT Barueri Biogás	2.601	APE	SABESP	Carapicuíba - SP
Novagerar	4.000	PIE	Novagerar Eco-Energia Ltda.	Nova Iguaçu - RJ
Energia Ambiental 2 ⁽¹⁾	3.775	PIE	Energia Ambiental Ltda.	Joaquim Nabuco - PE
Energética Serranópolis	6.795	PIE	Energética Serranópolis Ltda.	Serranópolis - GO
Frigorífico D'Italia	42	APE	D'Italia Agroindústria Ltda.	Pedras Grandes - SC
Granja Giombelli	11	APE	Marcos Giombelli	Seara - SC
Engevix - Salvador ⁽¹⁾	24.438	PIE	Engevix Engenharia S/A	Salvador - BA
São João Biogás	20.000	PIE	São João Energia Ambiental S/A	São Paulo - SP

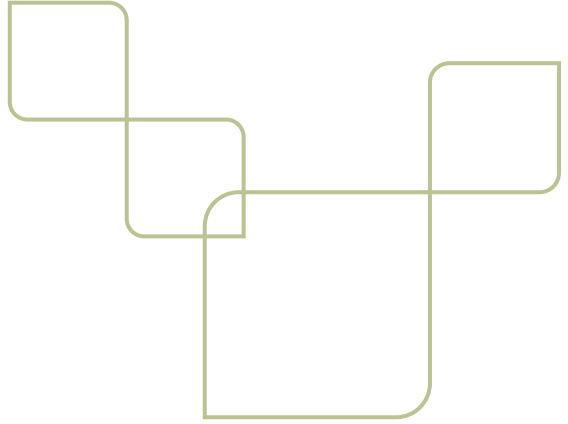
Fonte: Banco de Informação da Geração (www.aneel.gov.br).

Notas: (1) Biogás de aterro sanitário; APE – Autoprodução de Energia; PIE – Produção Independente de Energia.

(2) Rosa (2007, p. 34) sustenta a tese de que nem todo pequeno empreendimento isolado de geração de energia elétrica está registrado no Banco de Informação de Geração.

Agroenergia da biomassa residual:

perspectivas energéticas, socioeconômicas e ambientais.



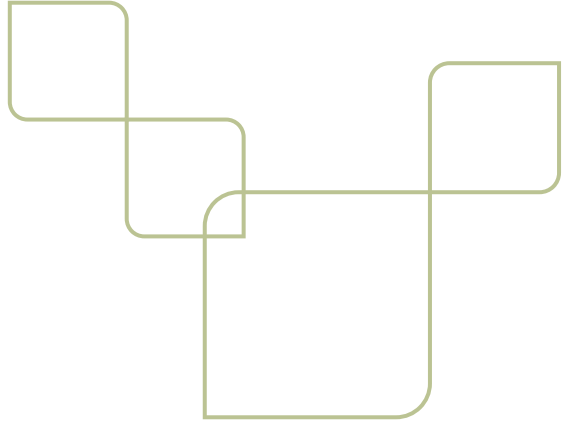


4.

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE ENERGIA E SUBPRODUTOS

Agroenergia da biomassa residual:

perspectivas energéticas, socioeconômicas e ambientais.





1. A produção de proteína vegetal e animal

Para melhor entender a importância de novas políticas públicas para viabilizar o tratamento sanitário da *biomassa residual*, é necessário destacar alguns indicadores que permitem prognosticar os resultados ambientais negativos decorrentes do anunciado e já verificável aumento da escala dos plantéis de animais confinados no Brasil.

O primeiro deslocamento mundial da produção de soja, na década de 1970, reduziu a dependência da segurança alimentar dos países desenvolvidos – mas destruídos pela guerra ou que dela saíram derrotados – com relação ao então “celeiro do mundo” (os

Estados Unidos da América) no pós-II Guerra Mundial (veja Box 6).

Essa disponibilidade de proteínas vegetais a baixo custo e segura, tendo como maiores fornecedores os EUA, Brasil e Argentina, deu um grande impulso à criação de animais nos países importadores, particularmente na Europa. Na prática, esses países ampliaram e intensificaram a criação com base em uma expansão extrafronteiras da agricultura de insumos. Criou-se, então, um grande fluxo internacional de soja, conforme mostram as tabelas mais adiante, produzida em outros países, para ser transformada em proteína animal, garantindo um bom valor agregado aos criadores europeus, em especial, e ampliando o mercado consumidor pela redução dos custos/preços. A conta ambiental

Box nº 6

Como o Brasil entrou no comércio internacional de soja

O embargo norte-americano às exportações de grãos e a transferência das fontes de abastecimento para o Brasil

“Em 1971, a União Soviética enfrentou uma aguda quebra de safra e, ao invés de reduzir seu rebanho, decidiu importar grande quantidade de grãos no mercado internacional para alimentá-lo. A conjuntura foi extremamente favorável a eles, com grandes excedentes norte-americanos disponíveis e com o dólar desvalorizando-se de forma acentuada.

Dois anos depois, em 1973, foi a vez de os Estados Unidos enfrentarem uma seca levando à queda nos estoques e preços subindo rapidamente. O governo Nixon decretou, então, um embargo às exportações de soja, que durou apenas de 27 de junho a 3 de julho, uma semana que foi suficiente para abalar a credibilidade do país como fornecedor confiável.

É que não foi apenas o embargo de uma semana, mas sim meses seguidos – após esse

episódio – em que os embarques de soja foram rigidamente controlados. Isso fez com que o Japão e a Comunidade Europeia buscassem segurança alimentar através de autoabastecimento e desenvolvimento de fontes externas de *commodities* alternativas àquelas que então dispunham. Os japoneses já haviam iniciado, em 1972, conversações para a criação de corporações bilaterais para investimentos em desenvolvimento no Brasil, incluindo desenvolvimento agrícola. Em 1978, os alemães, japoneses e holandeses tornaram-se segundo, terceiro e quarto maiores investidores no desenvolvimento econômico brasileiro.⁽¹⁾

1 Porter, Jane M. & Bowers, Douglas E. A Short History of U.S. Agricultural Trade Negotiations, 1989, p.11, disponível em www.ers.usda.gov/Publications/ages8923/ages8923.pdf, acessado em 14.04.08, 13h30, tradução livre de Maurício Galinkin/TechnoPolitik.



dessa concentração e intensificação de criatórios de animais chegou mais tarde, com deterioração de lençóis freáticos e vales com odores insuportáveis, por um lado, enquanto os impactos ambientais da produção de soja ficaram nos países produtores do grão.

O Brasil tornou-se, após 1973, um grande produtor e exportador de soja, sendo atualmente o segundo maior produtor e exportador, superado apenas pelos EUA. Da produção brasileira, a exportação toma diversas formas, preponderando ainda o grão *in natura*, mas se dá inclusive já transformada em proteína animal. O Gráfico 5, a seguir, relativo aos volumes acumulados da produção de cinco anos, no período 2000-2004, mostra em percentuais a média quinquenal do fluxo de processamento e exportação da soja brasileira.

As estatísticas da FAO dão uma ideia da dimensão desses volumes de soja movidos ao longo do planeta para alimentar animais confinados e de seu crescimento a partir da década de 1980. Para chegar aos resultados apresentados nas tabelas 10 e 11, considerou-se que o grão de soja contém aproximadamente 18% de teor de óleo. Calculou-se, então, o que foi importado pelos países na forma de grãos e transformado em farelo para alimentação de animais – cerca de 80% do peso dos grãos – e somou-se aos volumes diretamente importados como farelo, para se chegar à movimentação mundial de soja destinada à alimentação animal. Deve-se observar que o consumo do grão diretamente para a alimentação humana é pouco significativo no volume total transacionado.

Tabela 10
Países membros da FAO
Importações de soja, em grãos, farelo e óleo
em 1.000 t

Itens	1983	1993	2003
Grãos	25.481	28.055	65.843
Farelo	19.617	25.664	47.819
Óleo	3.607	4.579	9.401
Total	48.706	58.298	123.064
Para alim. animal	40.002	48.108	100.494

Fonte: FAOSTAT.

Elaboração: Maurício Galinkin/TechnoPolitik.

Tabela 11
América do Sul
Exportações de soja, em grãos, farelo e óleo
1983-1993-2003
em 1.000 t

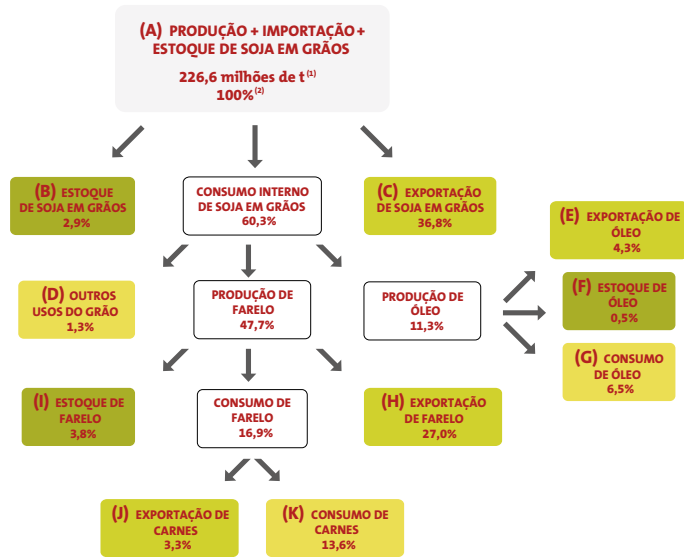
Itens	1983	1993	2003
Grãos	3.265	8.058	30.688
Farelo	10.142	16.470	33.969
Óleo	1.373	2.201	7.098
Total	14.779	26.729	71.756
Para alim. animal	12.754	22.916	58.520

Fonte: FAOSTAT.

Elaboração: Maurício Galinkin/TechnoPolitik.



Gráfico 5:
Distribuição percentual dos usos e destinos da soja produzida no Brasil, valores acumulados do período 2000-2004



(1) Total da disponibilidade acumulada de grãos no período 2000-2004.
(2) Distribuição relativa do volume equivalente à disponibilidade de grãos.

O destino da soja brasileira no período pode ser resumido nas seguintes proporções:
Suprimento nacional de grãos (A) = B + C + D + E + F + G + H + I + J + K = 100%
Consumo interno de soja = D + G + K = 21,4%
Exportação de soja = C + E + H + J = 71,4%
Estoque acumulado = B + F + I = 7,2%
Fonte: reproduzido de Galinkin (2005)

Os países da América do Sul tornaram-se ao final do século passado a segunda maior fonte de suprimento da soja ao mercado internacional, secundando os EUA e respondendo em 1993 por 46% do total de soja transacionado no mercado internacional e 48% do volume destinado à alimentação animal. Neste século, os países da região passaram – em conjunto – à posição de maiores fontes exportadoras desse grão, responsáveis, em 2003, por 58% do comércio internacional de soja, farelo e óleo, tanto o total quanto o destinado à alimentação de animais. Na discussão sobre a emissão de gases do efeito estufa e as alterações climáticas, o transporte dessas mercadorias, dado seu volume de movimentação de cargas, torna-se relevante, tendo em vista a questão dos custos energéticos de transporte em longas distâncias, e o seu reverso, o “não transporte”.

2. Novo ciclo transfere mais impactos ambientais

A segunda transferência de produção extraterritorial, agora de *proteína animal*, começou a acontecer recentemente, por limitações da capacidade de resiliência do ambiente europeu frente ao grande volume de efluentes altamente poluentes. Além disso, observa-se que o aumento da renda *per capita* em países como China e Índia vêm elevando a demanda de proteína animal no mercado internacional, já que esses países também enfrentam limitações ambientais para a expansão da agropecuária em seus territórios³⁷.

37 O governo da China pretende comprar, através de suas empresas, terras em outros países para garantir a segurança alimentar de sua população, conforme artigo de Jamil Anderlini, do jornal “Financial Times”, em Pequim, publicada na Folha de São Paulo, em 09.05.2008 (<http://www1.folha.uol.com.br/fsp/dinheiro/f0905200803.htm>, acessado em 09.05.08).



Do ponto de vista do custo energético do transporte de grandes volumes de grãos em distâncias intercontinentais, registre-se que ele está sendo reduzido, em parte, pelo movimento de transferência da produção de carnes para o Brasil, que as exporta para a Europa e outros destinos no exterior: processamento da soja, em Mato Grosso e outros Estados brasileiros, alimentando gado semiestabulado, mas principalmente suínos e aves que, por sua vez, são abatidos no local e transportados na forma de carnes – *in natura* e processadas – para a Europa e Ásia. O volume e o custo energético desse transporte são significativamente menores, comparados com os despendidos com os grãos equivalentes necessários para a alimentação animal nos locais de destino.

No Brasil registra-se, também, um crescimento da renda per capita e, conseqüentemente, um aumento da demanda por *proteínas animais*, que tem sido atendido com uma parcela do crescimento total da produção de carnes no país, conforme já mencionado anteriormente. Nos países mais ricos, os principais problemas ambientais da pecuária decorreram da intensificação das explorações em áreas restritas. Assim, esses problemas são verificados com a alta concentração de animais próxima a aglomerações humanas na Holanda, no nordeste da Alemanha, na Bretanha francesa, no Vale do rio Pó, na Itália e no nordeste dos Estados Unidos. O fenômeno se repete, ainda, nas zonas costeiras do Sudeste da Ásia e nas vastas áreas planas da China, e leva a que, anualmente, de 200 a mais de 1.000 kg de nitrogênio por hectare sejam lançados ao solo pelos animais ali criados.

Delgado e outros (1999) alertaram para os possíveis impactos negativos resultantes do aumento da escala de produção de carnes em países da América Latina, Sudeste Asiático, África e Índia, esta vocacionada para a

produção de leite e lácteos. Esses impactos podem ser esperados, segundo os autores citados, com o aumento descontrolado da poluição hídrica pelas dificuldades de tratar sanitariamente os resíduos e efluentes orgânicos das atividades produtivas. Sobre a estrutura fundiária, os autores previram a concentração de propriedades devido ao aumento de escala da produção em criatórios e frigoríficos. E, por fim, os impactos sobre a saúde pública provocados pela alta especialização biológica no ambiente em torno das indústrias integradoras.

O meio rural brasileiro já vem sofrendo modificações significativas com o crescimento do agronegócio e seu avanço sobre novas regiões, mais próximas da fronteira agrícola produtora de grãos, seu principal insumo. Isso decorre do crescimento da demanda por *proteínas animais*, seja no mercado interno, seja no internacional.

Ao que tudo indica, o Brasil vem assumindo liderança no papel que Delgado e outros (1999) vislumbravam para todo o mundo “em desenvolvimento”, que acolheria a transferência da produção de proteína animal. Eles levaram em conta, ainda, os custos crescentes da logística de transporte de grãos *in natura* e farelo de soja e milho – proteína vegetal³⁸ – para serem convertidos em carnes e leite (proteína animal) nos países maiores produtores e consumidores *per capita* de carnes do mundo, localizados no Hemisfério Norte. Como decorrência, a distribuição percentual da exportação da soja brasileira sob forma de proteína animal, mostrada no Gráfico 5, que no quinquênio 2000-2004 ficou em 3,3% total da produção nacional, já está sendo bastante alterada, com um crescimento do percentual relativo ao consumo de farelo de soja utilizado na alimentação de animais cuja carne irá ser exportada.

38 Veja os volumes de soja movimentados no comércio internacional, na seção anterior, Tabelas 10 e 11.



Muita atenção deve ser dada, então, aos dejetos de animais estabulados, pois são esses efluentes que poluíram – além do limite da capacidade de absorção – vários ecossistemas de alguns países europeus, que possuem as maiores concentrações do mundo nessa atividade.

O Brasil conta com um conjunto de terras já transformadas para uso agrícola (lavoura e pecuária, é bom novamente ressaltar) e não utilizadas, seja por degradação ou simples abandono, restando como aplicação imobiliária de capital, especialmente nos Cerrados. Já existem impactos ambientais negativos da criação intensiva de animais, especialmente em Santa Catarina, decorrentes da implantação de frigoríficos sem investimentos em completo processamento dos efluentes dos integrados e das unidades industriais. Ainda assim, desde que tomados os devidos cuidados e adotados programas para o processamento da *biomassa residual*, é possível vislumbrar uma expansão sem grandes tensões pelo uso dos recursos, pelo menos no horizonte de 2020, utilizado por Delgado e outros (1999).

A despeito dessa disponibilidade potencial, é fato que enquanto a terra permanecer barata relativamente a outros recursos, persistirá a tendência ao deslocamento da fronteira agrícola, área a ser utilizada alternativa ou sequencialmente como pastagem para gado bovino ou na produção de grãos que compõem a dieta básica dos animais confinados. Sua consequência é o risco do desmatamento desnecessário que emitirá um grande estoque de carbono (Fargione e outros, 2008) e a decorrente alocação das novas unidades criatórias e de processamento industrial mais para perto das fontes fornecedoras de insumos para a alimentação animal (veja Box 7, a seguir).

Em meio à expressiva magnitude econômica do mercado dos alimentos, e nele o segmento das *proteínas animais*, que significa divisas, empregos, consumo e tecnologias em permanente evolução, os aspectos que envolvem a sustentabilidade ambiental representam maior vulnerabilidade.



A poluição nos reservatórios de água já prejudica atividades produtivas.

Não basta transferir a produção de proteínas animais simplesmente de uma região para outra, de um hemisfério para outro.

Ainda que os problemas de poluição hídrica possam ser transferidos, o mesmo não acontece com a poluição atmosférica, que recebe os gases do efeito estufa produzidos pela *biomassa residual* sem destinação adequada, resultante dessas atividades em qualquer região do planeta.



Box nº 7

Instalação de um complexo de carne de aves no Centro-Oeste brasileiro

Cálculo da produção de energia elétrica a partir da *biomassa residual* dos criatórios

Uma grande empresa anunciou, recentemente, que pretende construir um grande complexo industrial no Brasil, com capacidade de abater 500.000 aves por dia e produzir 150 milhões de ovos férteis por mês. Sua localização será próxima à fronteira agrícola produtora de grãos.

O complexo faz parte da estratégia do agronegócio de instalar fábricas próximas às regiões de produção de grãos, matéria-prima para a alimentação dos animais. Na mesma planta, próxima às lavouras, instalam-se os armazéns, fábrica de rações e as áreas de criação dos animais. Isso reduz consideravelmente os custos com transporte. Como lembrou o executivo dessa empresa, não faz mais sentido transportar grãos de lá para serem processados em áreas distantes, em tempos de alta volatilidade nos preços do petróleo.

Para atender a esse fluxo de produção, considerando que o abate se dá no 45º dia de criação, a empresa precisará dispor, permanentemente, de um rebanho com 22,5 milhões de cabeças, com idade entre 1 dia e 45 dias (dia do abate), sem considerar-se a mortalidade usual nesse tipo de criatório(*).

A produção de ovos exigirá um plantel de 5 milhões de galinhas poedeiras, adotando a hipótese limite de que todas estarão produzindo diariamente, sem qualquer interrupção.

Está prevista a instalação de 200 aviários para atendê-la, o que significa cerca de 140 mil cabeças por fornecedor, com 25 mil poedeiras e 115 mil frangos para abate, cada. Esse rebanho de frangos e poedeiras produzirá mais de 1.800 toneladas de esterco por dia.

Caso sejam utilizados biodigestores para tratamento da *biomassa residual*, considerando apenas os criatórios, teremos uma produção diária de 225.000 m³ de biogás, no rebanho para abate, e 100.000 m³, aproximadamente, das galinhas poedeiras, em um total de 325.000 m³/dia.

De acordo com Palhares (s.d.), que trabalhou especificamente com camas de frango, seriam necessários 1,539 m³ de biogás para produzir 1 kWh. Usando esse índice, esse complexo industrial, apenas em sua parte de criação, não contando a



O complexo da cooperativa Lar, em Medianeira, consome cerca de 7 GWh/mês.

biomassa residual resultante da industrialização dos frangos, poderia produzir 6,34 GWh/mês, volume de energia elétrica nada desprezível. Informações do Estudo de Caso realizado pela Plataforma Itaipu de Energias Renováveis, o consumo das cinco unidades (fábrica de ração, matrisseiro, incubatório, aviário e frigorífico) da Cooperativa Lar, em Medianeira, no Oeste do Paraná, é de 7 GWh/mês, ou seja, bem próximo da produção aqui prevista utilizando o indicador de Palhares (s.d.).

O anúncio da empresa dizia que irá iniciar o plantio de árvores para suprir suas necessidades energéticas. Com esse potencial, pergunta-se se para a empresa ser autossuficiente em energia precisaria recorrer a outras fontes energéticas tradicionais nesse setor, como a lenha?

Com uma imensa *biomassa residual* disponível para geração de energia elétrica e cogeração térmica, proveniente dos criatórios, e considerando que se trata de planta de processamento a ser projetada, existe sempre a alternativa de que essa biomassa seja utilizada para ampliar a sustentabilidade ambiental e econômico-financeira da empresa e de seus integrados, ao invés de deixá-la como um passivo ambiental.

(*) Cálculos baseados nos coeficientes técnicos utilizados nesta publicação e efetuados por Maurício Galinkin/TechnoPolitik.



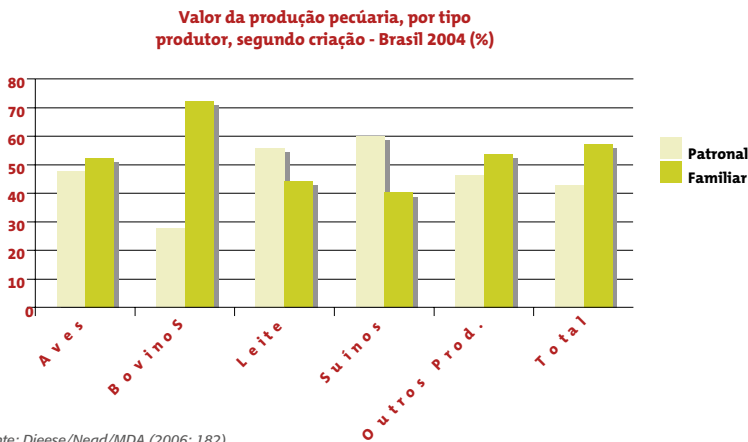
3. Características do produtor da biomassa residual

De acordo com dados do Nead/MDA, trabalhados pelo Dieese (veja Gráfico 6, a seguir), do valor da produção, 60% dos suínos

e 48% das aves industrialmente abatidas no país são produzidos pela agricultura familiar. Além disso, a agricultura familiar é responsável por 56% do leite comercializado. Usualmente são criadores integrados a frigoríficos e cooperativas e que atendem a requisitos de dimensões produtivas por eles estipuladas.

Gráfico 6:

Brasil – Valor da produção pecuária, por tipo de produtor, segundo criação, 2004 (em %)



Fonte: Dieese/Nead/MDA (2006: 182).

4. A produção potencial de energia dos criatórios

A estimativa do potencial energético da geração descentralizada de energia elétrica foi realizada com base em coeficientes técnicos disponíveis, a partir do volume de efluentes produzidos pela atividade de criação de animais e utilizando dados oficiais relativos ao rebanho e abate de animais.

A sequência de cálculos, apresentada a seguir, permitiu chegar a uma estimativa conservadora, mas significativa, já que abrange apenas as regiões de grandes criatórios de aves e suínos, de gado vacum criado de forma confinada e a existência de vacas em produção de leite constantes das estatísticas oficiais do IBGE e pelos membros da Associação Nacional dos Confinadores (Assecon).

Tabela 12
Parâmetros da produção potencial típica de biogás

Tipo produtor/ Instalação	Vazão dos dejetos		Afluente do biodigestor	Eficácia remoção teórica	Afluente do biodigestor	DQO removido	Prod. biogás	Prod. CH ₄
	m ³ /d	l/s	mgDQO/l	%	mgDQO/l	kgDQO/d	m ³ /d	m ³ /d
Pequeno produtor	5	0,06	25.000	80	5.000	100	35	25
Unidade produtora de leitões	82	0,95	25.625	80	5.125	1.683	589	421
Abatedouro de aves	3.150	36,00	2.133	48	1.109	1.024	358	256

Fonte: Bley Jr. (2008a)



Considera-se que cada grama de DQO consumido corresponde à produção de 0,25 litro de metano, a temperatura e pressão normais. Adotando-se a referência de que um biodigestor remove 80% da DQO de um efluente e, nessas condições, a taxa de produção de biogás é de 10 m³/m³ de reator/dia, ou seja, pode-se produzir 0,25 m³ de metano com a conversão completa de 1 kg de DQO removida, conforme mostra a tabela anterior.

A produção de biogás varia em função do material disponível para o abastecimento dos biodigestores. E a geração posterior de energia elétrica é função do grau de pureza do

gás obtido. Segundo os autores Casagrande (2003:17) e Lucas Jr. e Silva (2005), um metro cúbico de biogás pode gerar 1,428 kWh de energia elétrica, equivalente a 0,70 m³ de gás para 1 kWh. Já Gaspar (2003) indica que para produção de eletricidade consome-se 0,62 m³ por kWh. Palhares (s.d.), entretanto, informa que são necessários 1,539 m³ de biogás para gerar aproximadamente 1 kWh³⁹. Essa variação nos indicadores se dá em função do teor de metano contido no biogás, de sua riqueza calórica, por sua vez dependentes da *biomassa residual* e da eficiência do processo de biodigestão, conforme mostra a Tabela 13, a seguir.

Tabela 13
Geração de energia a partir de diferentes fontes de biomassa

Tipo de prod./ instalação	Prod. mensal de CH ₄	Prod. mensal de energia (kWh)	Eficiência na remoção do DQO (%)	Geração de energia elétrica kWh/m ³ de CH ₄
Pequenos agricultores	150	1.136	80	7,57
Unidade produtora de leitões	7.500	58.234	80	7,77
Abatedouros de aves	94.500	29.317	48	0,31

Fontes: Tabela 12 e www.cogeracao.pti.org.br
Elaboração: Maurício Galinkin/TechnoPolitik.

Tabela 14
Brasil
Abates mensais, bovinos, suínos e aves
em mil cabeças (frangos, em milhões)
2006

Animais	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
Bovinos	2.378	2.132	2.571	2.228	2.684	2.615	2.575	2.763	2.599	2.666	2.555	2.606	30.372
Suínos	1.948	1.821	2.064	1.786	2.198	2.138	2.227	2.269	2.115	2.251	2.198	2.206	25.221
Frangos	352	319	356	269	306	307	326	352	331	346	335	339	3.946

39 Como ressaltado na nota anterior, Palhares (s.d.) trabalhou com a cama de frango, que produz biogás com baixo poder energético.



Tabela 15
Brasil
Estimativa de produção de biogás relativa ao plantel abatido (bovinos, suínos e aves)
em estabelecimentos inspecionados, vacas leiteiras e bovinos estabulados no ano de 2006
em milhões de m³

Animais	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Frangos	158,7	139,2	152,2	126,6	142,3	141,0	155,6	160,3	151,2	159,0	151,5	161,2
Leitões	24,2	22,0	25,1	23,7	24,4	24,0	24,6	24,7	22,9	23,9	23,5	24,7
Suínos adultos	58,0	55,9	62,6	65,0	67,9	65,4	67,9	67,2	65,9	67,8	63,9	66,6
Vacas em produção	362,8	327,7	362,8	351,1	362,8	351,1	362,8	362,8	351,1	362,8	351,1	362,8
Bovinos abatidos	40,9	33,1	44,2	37,1	46,2	43,5	44,3	47,5	43,3	45,9	42,5	44,8
Bovinos estabul.	79,1	71,5	79,1	76,6	79,1	76,6	79,1	79,1	76,6	79,1	76,6	79,1
TOTAL	723,8	649,4	726,1	680,1	722,7	701,7	734,3	741,6	711,0	738,6	709,1	739,4
Total acumulado anual	8.577,8									Média mensal	714,8	

Fontes: SIDRA/IBGE, dados consultados em 02/04/08, <http://www.sidra.ibge.gov.br/>, Relatório Assocon 2006, e tabelas anteriores.

Elaboração: Maurício Galinkin/TechnoPolítik.

Notas:

(1) as 20,9 milhões de vacas em produção de leite foram consideradas como “semiestabuladas”;

(2) nos casos de suínos, consideraram-se apenas os 60 dias como “leitões” e os três meses seguintes de terminação que antecederam o mês do abate, apesar de o período de engorda ser de 110 dias (tomando o cálculo ainda mais conservador por desprezar 20 dias da terminação); o total de leitões e suínos em engorda ainda vivos em 31.12.06, nesse cálculo a partir das informações de abates mensais, alcança apenas 8,7 milhões, embora a estatística do Censo Agrícola indique a existência de 35,1 milhões nessa data;

(3) no caso das aves, adotou-se a produção de efluentes em 15 dias no mês anterior ao abate e 30 dias no mês de abate;

(4) considerou-se para bovinos estabulados 2,3 milhões de cabeças, conforme o Boletim da Associação Nacional dos Confinadores – Assocon. (consulta do editor em 16.04.08, 12h45, <http://www.assocon.com.br/not%206.html>).

Pelos cálculos apresentados na Tabela 15, utilizando os parâmetros de produção de biogás já mostrados na Tabela 5 (índices de Lucas Jr. e Silva, 2005), temos uma produção potencial média mensal, dos animais acima considerados, de 714,8 milhões de m³ de biogás⁴⁰. Pelos coeficientes indicados por Gaspar (2003), o volume médio de biogás acima estimado poderia produzir energia elétrica da ordem de 1,15 TWh/mês⁴¹. Utilizando-se os coeficientes de Casagrande (2003:17) e Lucas Jr. e Silva (2005), a *geração distribuída* potencial atingiria 1,02 TWh/mês, bem próximo da estimativa a partir do índice de Gaspar.

Os dados disponíveis demonstram, então, que em uma avaliação conservadora⁴² com base em três dos quatro autores⁴³ – que disponibilizam

índices de conversão da *biomassa residual* em biogás, e este em energia elétrica –, o potencial de *geração distribuída* de energia elétrica a partir da *biomassa residual* situa-se em torno de 1 TWh/mês (um bilhão de kWh/mês), equivalente ao consumo mensal de uma cidade com 4,5 milhões de habitantes⁴⁴. Esse volume depende, naturalmente, da riqueza e concentração do metano no biogás obtido, por sua vez resultante da fonte de *biomassa residual*, e a eficiência de remoção do DQO no processo de biodigestão adotado.

O consumo brasileiro de energia elétrica situa-se em cerca de 500 TWh/ano, para abastecer 180 milhões de pessoas, aproximadamente. A geração da Itaipu Binacional, com 20 turbinas de 750 MW de potência, cada, é de 100 TWh/ano, para abastecer cerca de 35 milhões de pessoas⁴⁵.

40 Destaque-se que as 20,9 milhões de vacas em produção de leite são responsáveis por pouco mais de 50% do biogás gerado, tendo sido adotado o índice de semiestabulação.

41 1 TWh equivale a um trilhão de watts/hora, ou seja, 1.000.000.000.000 Wh, ou ainda 1012 Wh. Veja Anexo 8 para medidas de energia elétrica.

42 Conforme dados da Tabela 7, estaremos computando cerca de 24% da biomassa residual produzida pelo total do rebanho brasileiro.

43 O quarto autor, Palhares (s.d.), indica que a produção seria de 0,46 TW/mês, certamente devido a que a matéria-prima que analisou, a cama de frango, ter uma tecnologia de menor eficácia (48% contra 80%, como mostra a coluna “Eficiência na remoção do DQO” da Tabela 13) de remoção de DQO para produção de biogás.

44 Fonte: informações do eng. Jorge Habib Hanna, superintendente técnico da Itaipu Binacional.
45 Idem.



BOX nº 8

O teste vitorioso da geração distribuída: estudo de caso

Granja Colombari

A primeira unidade de demonstração e modelagem da metodologia geração distribuída no âmbito da Plataforma Itaipu de Energias Renováveis foi instalada na Granja Colombari, em São Miguel do Iguçu /PR.

Visando à obtenção de Créditos por Redução de Emissões de gases do efeito estufa, previstos no Mecanismo de Desenvolvimento Limpo do Protocolo de Quioto, os dejetos da criação de um rebanho de 3 mil suínos em terminação (animais em granjas de terminação entram com 25 quilos e saem com 120 quilos; a vazão média de dejetos é de 12 litros por animal/dia, constituindo uma vazão de entrada de 36 metros cúbicos/dia) são processados em biodigestor e o biogás é utilizado para geração de energia elétrica.

Para essa unidade, já em operação, foi elaborado um projeto elétrico para permitir a ligação em paralelo com os seguintes objetivos:

- permitir conectar microgeradores em qualquer ponto da rede de distribuição sem provocar violação dos requisitos de segurança da rede, no caso administrada pela Companhia Paranaense de Energia (Copel);

- eliminar riscos de avaria dos equipamentos dos proprietários rurais;
- não alteração das características e ajustes do sistema de distribuição da Copel;
- sistema de proteção do gerador adequado para "enxergar" também condições anormais (falhas) de operação da rede de distribuição.

Resultados do teste

A Copel elaborou uma proposta técnica para o painel de comando e proteção de rede e obteve, em parceria com a empresa Woodward, um painel semipronto que daria atendimento à quase totalidade dos requisitos técnicos. Além disso, concluiu-se que a utilização desse painel simplificaria sobremaneira o trabalho, por ter a empresa apresentado uma solução semiacabada.

É importante ressaltar, aqui, que esse teste já resultou em um desenvolvimento tecnológico essencial para a disseminação da geração distribuída pelo país: foi produzido e testado um protótipo de painel que conecta a geração de energia na propriedade à rede geral de distribuição, oferecendo toda a segurança tanto para o produtor quanto para as operações da empresa distribuidora.

A geração estimada no presente trabalho equivale a uma potência instalada de 1.800 MW, algo como 2,4 turbinas da Itaipu Binacional. A UHE Jirau, no rio Madeira, em Rondônia, tem um porte semelhante à potência da *geração distribuída* aqui estimada, especialmente se for levada em conta a perda de 15% nos extensos linhões que serão necessários para levar a energia até os principais consumidores. Ela está projetada para ter a potência nominal de 3.300 MW, mas com energia firme de apenas

1.906 MW médios, a partir de 44 turbinas, a um custo acima de R\$ 13,7 bilhões⁴⁶. Nesse valor não está incluída a construção das linhas de transmissão.

Deve-se ressaltar, concluindo esta seção, que a viabilidade técnica da *geração distribuída* conectar-se ao Sistema Elétrico do Estado do Paraná foi testada e aprovada pela Copel, conforme informado no Box nº 8.



Conclusões do teste

Foi constatada desconexão do gerador em todas as ocorrências de abertura dos religadores, registradas entre os dias 15/01/2008 e 15/03/2008.

O programa é tecnicamente viável. Essa é a conclusão mais importante para o projeto, pois permite atingir as metas de segurança que sempre se buscou, condição essencial para o desenvolvimento de um programa de geração distribuída.

Comissionamento

Em 10 de janeiro de 2008, houve o comissionamento (aceitação) da energia excedente pela Copel. Isso significa que a Granja Colombari poderá atuar como unidade fornecedora/geradora de eletricidade ao sistema elétrico.

Apresentação dos resultados à Aneel

Em 04/03/2008 a Copel realizou uma reunião com a Aneel, quando foram apresentadas as motivações e as bases técnicas do Programa de Geração Distribuída do Paraná. Houve boa receptividade da Aneel.

Fonte: Plataforma Itaipu de Energias Renováveis, Estudo de Caso, 2008 (veja estudo completo no Anexo 2).



Painel de comando para ligação da geração distribuída à rede interligada da Copel.

5. Estimativas da recuperação de nutrientes

O processo de tratamento sanitário da *biomassa residual* mantém boa parte dos nutrientes encontrados no esterco dos animais. Estimando-se uma redução da ordem de 20% e, aplicando coeficientes de conteúdo de N, P e K disponíveis (<http://www.atelierdobonsai.com.br/fazer.html>), temos os números relativos ao seu conteúdo nos biofertilizantes na Tabela 16, a seguir.

Registre-se, aqui também, que as vacas em produção de leite seriam responsáveis por 57%, 49,5% e 62% do peso dos nutrientes N, P e K, nessa ordem, recuperáveis com o tratamento da biomassa residual.

A safra de grãos de 2008/2009 utilizou 47,68 milhões de hectares, de acordo com estimativas da Conab⁴⁷. Tomando o adubo “padrão” 4:14:8 (N, P, K) e a utilização média de 400 kg de fertilizante químico por hectare, que têm 4%, 14% e 8% em peso dos citados nutrientes, respectivamente, chega-se a uma utilização

47 Cf. divulgado pela Conab em abril de 2009, consulta realizada em 09.04.09, às 18h50, no sítio <http://www.conab.gov.br/conaweb>



Tabela 16
Brasil
Estimativa de N, P e K contidos no biofertilizante obtido da biomassa residual,
Total anual recuperável
2006

Dejetos	Em % de peso contido			Em peso (1000 t)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Bovinos abatidos	0,40	0,20	0,44	44	22	49
Bovinos estabulados	0,40	0,20	0,44	53	26	58
Suínos	0,45	0,19	0,60	62	26	83
Aves	1,63	1,55	0,80	117	112	58
Vacas leiteiras	0,40	0,20	0,44	366	183	403
Total recuperável				643	369	650

Fontes: Tabelas 5 e 6 do presente estudo e <http://www.atelierdobonsai.com.br/fazer.html>, constante do Relatório Suplementar sobre questões tóxicas, preparado por Mauro Márcio Oliveira, em 24/06/08. Elaboração: Maurício Galinkin/TechnoPolitik.

Notas: 1 - aplicou-se a informação relativa a bovinos com maior presença de componentes apenas ao rebanho abatido e estabulado; no caso dos suínos, à soma dos leitões e adultos; 2 - utilizou-se o fator de 80% de recuperação dos nutrientes.

pelos agricultores de aproximadamente 754.000, 2.449.000 e 1.507.000 toneladas desses nutrientes, na mesma ordem acima, na última safra.

Pelos cálculos efetuados, constantes da tabela citada, teoricamente seria possível recuperar da *biomassa residual* dos animais em criatórios ou semiestabulados 85% do

nitrogênio, 15% do fósforo e 43% do potássio do total de nutrientes utilizados na safra de grãos 2008/2009. Em termos de nitrogênio e potássio são números significativos e sua recuperação pode auxiliar no enfrentamento dos empecilhos que a dependência das importações de fertilizantes coloca à expansão e aos custos da agricultura brasileira.



Na Starmilk o biofertilizante é usado na pastagem para o gado.



6. Estimativas do sequestro de carbono

A Tabela 15 mostra o cálculo do biogás que seria produzido pelos plantéis aqui considerados.

Em um ano, tomando 2006 como referência, pode-se ter uma produção de biogás da ordem de 8.577.818.000 m³.

A densidade média do biogás é de 0,67 kg/m³ e proporção de CH₄ no biogás, segundo Coelho (2000), varia entre 40% e 70% do volume. Para efeito de cálculo, adota-se aqui o valor médio, de 55%. A densidade do metano⁴⁸ é de 0,72 kg/m³. Assim, o CH₄ contido em 1 m³ de biogás pesaria cerca de 396 gramas. Como o metano é 21 vezes mais poluente que o CO₂ (Bley Jr., 2008a), a cada metro cúbico de biogás queimado para a *geração distribuída* de energia elétrica teremos o sequestro equivalente a 8,316 quilogramas de CO₂.

O total anual de biogás produzido a partir da *biomassa residual* aqui estudada, acima referido, equivaleria então a 71,33 milhões de toneladas de CO₂ que deixariam de ser emitidas para a atmosfera.

A cotação em setembro de 2008⁴⁹ dos créditos de redução de emissões estava em torno de 19,50 euros por tonelada de CO₂ sequestrada. Com a recessão mundial, esse valor caiu para apenas 9,41 euros por tonelada de CO₂, em final de fevereiro de 2009⁵⁰. Tomando como base esse último valor, para continuar adotando um cálculo conservador, o aproveitamento total da *biomassa residual* geraria, então, a possibilidade de a cadeia produtora brasileira de animais crescer seu faturamento anual em, aproximadamente, 671 milhões de euros.

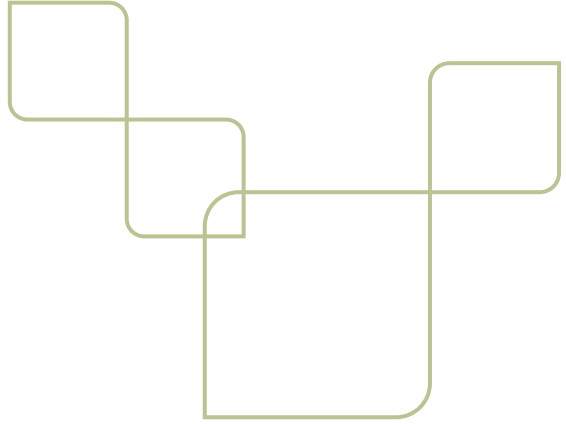
Além disso, é importante ressaltar que o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social – BNDES oferece uma linha de crédito para projetos que visem comercializar o sequestro de carbono via mecanismos do MDL, que financia até 90% do investimento previsto⁵¹.

48 Costa, F., em www.krona.srv.br/display_05.htm, Tabela 3.

49 A Mercuria Energy Trading, empresa suíça de energia com sede em Genebra, arrematou a 19,20 euros/t os créditos de carbono colocados à venda pela Prefeitura de São Paulo, em leilão realizado em 25.09.08, na BM&F Bovespa. Fonte: http://ultimosegundo.ig.com.br/brasil/2008/09/25/creditos_de_carbono_rendem_r_37_mi_a_prefeitura_de_sp_1938906.html, acesso em 02.10.08

50 Cotação obtida em http://www.invertia.terra.com.br/carbono/interna/O_013646819-E18939,00.html, em 09.04.09.

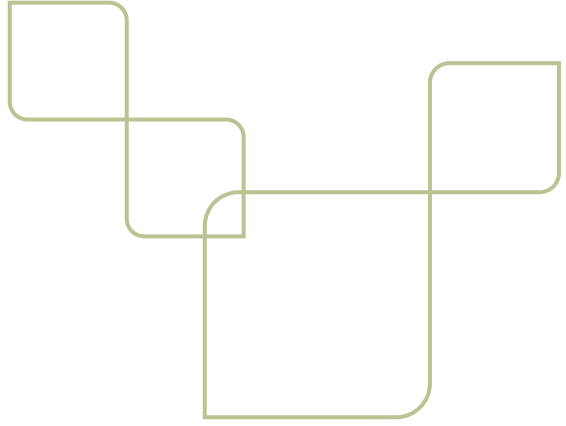
51 Entrevista de Otávio Vianna, gerente de Fundos do Departamento de Mercado de Capitais do BNDES, Portal RTS, 17.09.08, em <http://www.rts.org.br/noticias/destaque-2/projeto-de-geracao-de-credito-de-carbono-pode-ser-financiado-em-ate-90-diz-executivo-do-bndes>.





5.

POTENCIAIS IMPACTOS SOCIAIS





1. Introdução

Para se proceder uma avaliação mais acurada dos impactos socioeconômicos da produção considerada no presente estudo seriam necessários dados ainda indisponíveis, que permitissem evidenciar se com o incentivo ao aproveitamento da *biomassa residual* – e todos os efeitos *para trás* e *para frente* que dele decorreriam – haverá uma criação líquida de empregos, ou seja, dados que permitissem quantificar, e descontar, a perda de empregos na geração de outros produtos (e.g. gás natural/GLP, energia elétrica e fertilizantes) que serão substituídos. Isto é, a perda de postos de trabalho decorrente da redução da demanda por fertilizantes químicos, ou da substituição de gás natural/GLP por biogás para o aquecimento de galpões de aves, de maternidades de suínos, etc. Seria preciso conceber sofisticados e robustos modelos econométricos, capazes de estimar a criação líquida de empregos, ou fenômenos dessa natureza em toda a sua extensão, uma vez que a insuficiente produção (e oferta) nacional dos insumos citados (gás natural/GLP, energia elétrica e fertilizantes) é estrutural, e não conjuntural.

Logo, cada nova unidade produtora de energia elétrica e biofertilizantes a partir da *biomassa residual* tem, potencialmente, múltiplos efeitos não só sobre o emprego e a renda mas, também, sobre outras variáveis macroeconômicas. Deve-se registrar que, em qualquer cenário que se considere, é crescente a demanda por esses insumos produtivos – gás natural/GLP, energia elétrica e fertilizantes. Assim, o aumento da produção/oferta nacionais destes, ou de insumos que os substituam, irá impactar positivamente tanto a Balança de Pagamentos do país, pela redução na importação de fertilizantes, quanto nas distintas cadeias produtivas, como a da agropecuária, que poderia evitar constrangimentos para sua expansão, aumentando seu potencial de geração de emprego e renda.

É necessário desenvolver modelos que permitam estimar a quantidade potencial de biofertilizantes e energia (elétrica e térmica), que podem ser gerados a partir da biomassa residual em cada região do Brasil e os impactos de sua oferta localizada, a custos competitivos, em distintas cadeias produtivas.

Tais estimativas devem considerar diferentes cenários econômicos, para avaliar como tais impactos podem afetar importantes variáveis macro e microeconômicas (e.g., emprego e renda).

2. Vetores que geram os impactos sociais

Os impactos sociais aqui analisados dividem-se em três categorias, segundo os vetores que os geram:

(i) aqueles que potencialmente decorrem do tratamento e aproveitamento da biomassa residual (efeitos para trás, demanda de materiais, equipamentos e serviços);

(ii) aqueles advindos da conseqüente redução dos impactos ambientais causados pela atual forma como os resíduos e/ou efluentes são descartados (efeitos para frente dos efluentes: dispô-los no solo, nos cursos d'água e reservatórios, mas agora com menor carga orgânica);

(iii) aqueles que potencialmente decorrem da *geração distribuída* de energia, a partir do uso da *biomassa residual* devidamente tratada (efeitos para frente decorrentes da disponibilidade de energia elétrica e térmica, e de biofertilizantes, com menores custos, e a possibilidade de gerar renda adicional seja por economia – não desembolsando pela energia e fertilizantes –, seja pela venda de produtos e serviços a terceiros).



A magnitude dos impactos socioambientais gerados pela forma como corriqueiramente é descartada a *biomassa residual* é proporcional ao tamanho⁵² desse negócio no Brasil. Embora presente em várias cadeias produtivas, ressalte-se novamente que o foco aqui concentra-se na produção de proteína animal.

3. Os impactos sociais no meio rural

Os impactos sociais do tratamento e a utilização da *biomassa residual* da agropecuária para a *geração distribuída* de energia elétrica e produção de biofertilizantes vão além do meio rural, alcançando o conjunto da sociedade.

Entretanto, em função da metodologia adotada no presente estudo, nesta seção serão focalizados esses impactos no meio rural.

O território e os habitantes do meio rural brasileiro

Quem vive, trabalha, ou, em última instância, depende⁵³ do meio rural brasileiro? E, nesse meio, quem se encontra em estado de pobreza?

A definição do que seja o meio rural brasileiro (sua extensão territorial) e as respostas para as duas perguntas acima permitem melhor avaliar como o tratamento e a utilização de *biomassa residual* pode beneficiar quem vive, trabalha e/ou depende do meio rural no Brasil, e qual sua potencial contribuição para o aumento da renda ou bem-estar dessa população.

O primeiro aspecto para o qual especialistas na questão rural, como José Eli da Veiga e Ricardo Abramovay, chamam a atenção é a necessidade de evitar a equivocada propensão de se definir a espacialidade rural a partir da atividade econômica originalmente predominante naquele espaço: a agropecuária.

De fato, conforme se defina o espaço rural, e dependendo do local que se examine, nem mesmo tal dominância econômica se verifica.

Não se deve confundir “população economicamente ativa na agricultura e população rural” (Abramovay, 2007). Como nos lembra esse autor, as estatísticas oficiais dos EUA consideram que entre 2% e 3% de sua população encontram-se na primeira categoria, enquanto 20% da população estadunidense está na segunda. Já Veiga, também a partir de dados oficiais, salienta que em países de maior dimensão – com realidades espaciais comparáveis com o Brasil – “como a França e o Canadá, apenas 29% e 44% dos habitantes [respectivamente] estão em regiões essencialmente urbanas, mesmo que 60% residam em localidades urbanas” (Veiga 2004).

E, no Brasil, qual é a dimensão territorial do espaço rural? E qual a população rural, ou não urbana, do Brasil? Ainda segundo Veiga: “O Brasil é mais rural do que oficialmente se calcula, pois a essa dimensão pertencem 80% dos municípios e 30% da população” (Veiga 2004b).

Veiga chegou a esses valores ao utilizar uma definição diferente daquela estritamente administrativa que o IBGE é obrigado a adotar, devido à regulação do que seja urbano e rural no Brasil dar-se pelo Decreto-Lei 311, editado por Getúlio Vargas em 1938, e ainda em vigor. Segundo este, toda sede de município é cidade; e prefeitos e vereadores estabelecem o que são zonas urbanas, ou de expansão urbana, mesmo que apenas para aumentar territórios tributáveis pela sua principal fonte arrecadadora, o Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU). A consequência da regulação em vigor é que “não existe país que conte [com] mais cidades do que o Brasil” (Veiga, 2004a).

Como a magnitude das estatísticas relativas ao Brasil costuma acompanhar sua dimensão superlativa, são significativos mesmo os dados produzidos a partir da utilização da já citada

52 Segundo o Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio (MDIC), além de abastecer seu mercado interno, o Brasil é o maior exportador mundial de carne bovina, maior exportador mundial de carne de aves e o 4º maior exportador mundial de carne suína.

53 Aqui não se considera a dependência dos habitantes da cidade com relação à produção de alimentos.



definição oficial para o que seja o espaço rural vigente no Brasil (IBGE) – o que restringe muito esse universo.

Exemplo dessa amplitude é o número de habitantes do meio rural brasileiro, i.e., cerca de 31,2 milhões (ou 17% do total da população), que o IBGE apurou na Contagem da População 2007 (IBGE, 2007). Ou seja, é muito grande a dimensão da população rural, mesmo quando se considera que foi obtida segundo os restritos parâmetros fixados pelo Decreto-Lei 311/1938.

Esses números tornam-se ainda mais impactantes quando, aos dados da Contagem da População 2007 (IBGE, 2007), se aplica a metodologia de Veiga, a qual, tal como aquela empregada pela OCDE, combina critérios como “tamanho populacional do município com pelo menos outros dois: sua densidade demográfica e sua localização”. Por essa metodologia, no campo viveriam cerca de 55,2 milhões de pessoas – ou quase um em cada três brasileiros (Veiga 2004a).

Em suma, no meio rural, o universo total de potenciais beneficiários das principais consequências do tratamento e uso da *biomassa residual*, como um ambiente mais limpo e a oferta mais próxima de energia elétrica, questões que repercutiriam tanto em quem apenas mora no meio rural quanto em quem nele trabalha, pode atingir, dependendo da metodologia que se use:

- (i) no que se refere à dimensão territorial, até 80% dos municípios brasileiros;
- (ii) no que se refere à dimensão demográfica, entre 31,2 e 55,2 milhões de pessoas;
- (iii) considerando-se simultaneamente as dimensões temporal, demográfica e territorial, 25% dos habitantes de um território que varia entre 74% e 92% dos municípios do Brasil, nos quais, entre 2000 (IBGE, 2007) e 2007 (IBGE, 2007), houve um “estancamento” da migração campo-cidade, contrariando expectativas anteriores.

Mas apesar da redução dos impactos ambientais causados pela atual forma como

são descartados os resíduos e/ou efluentes da *biomassa residual* beneficiar a sociedade como um todo, incluindo os habitantes do meio rural, para se ter uma noção mais apurada dos potenciais benefícios para essa população é preciso restringir o universo acima apresentado, ou seja, é necessário analisar outros aspectos, como o laboral, i.e., quem trabalha no meio rural.

Quem trabalha no meio rural brasileiro

Em 2004, segundo o Dieese, a primeira Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD – IBGE) a captar a população rural da Região Norte revelou que, para uma População em Idade Ativa (PIA) de aproximadamente 24,5 milhões de pessoas no meio rural brasileiro, havia uma População Economicamente Ativa (PEA) de 17,1 milhões, com uma taxa de ocupação de 97,35% (veja Tabela 17, na página seguinte.)

Mas nem todas essas pessoas ativas no meio rural estavam ocupadas diretamente na agropecuária. Quase uma década antes, o mesmo Dieese estimava que já havia cerca de 4 milhões de pessoas ocupadas em atividades não agrícolas na área rural (veja Tabela 18).

Desde 1995, certamente o total de trabalhadores no meio rural ocupados em atividades não agrícolas se alterou em números absolutos⁵⁴. Esse contingente, em termos relativos, abarca uma porção mais significativa do que a terça parte da população rural brasileira que já se encontrava ocupada em atividades não agrícolas no ano de 2000 (IBGE, 2000b), caso no Brasil se confirme a tendência de crescimento desse tipo de ocupação, como verificado em outros países. Nos EUA, “desde o final da década de 1970 o pessoal técnico e administrativo já superava em número a mão de obra meramente braçal nas zonas rurais. Em 1980, a PEA norte-americana empregada no setor de serviços respondia por mais de 60% do emprego rural” (Olic, 2001).

⁵⁴ Tal alteração poderá ser apurada quando forem divulgados os microdados relativos ao Censo Agropecuário 2006 (IBGE).



Tabela 17
Brasil e Grandes Regiões
Estimativa da população com situação de domicílio rural, segundo a condição de atividade
2004
(em mil pessoas)

Condição da atividade	Norte	Nordeste	Sudeste	Sul	Centro-Oeste	Brasil
Economicamente ativa	2.030,9	7.600,7	3.345,8	3.142,8	998,1	17.118,3
Ocupada	1.983,3	7.438,1	3.185,7	3.086,7	972,1	16.665,2
Com procura de trabalho	95,4	397,1	175,7	98,1	59,0	825,5
Sem procura de trabalho	1.887,9	7.040,9	3.009,3	2.988,5	913,1	15.839,7
Desocupada	47,5	162,6	160,4	56,2	26,5	453,2
Inativa	811,8	3.605,4	1.648,0	895,2	393,0	7.353,4
PIA TOTAL⁽¹⁾	2.842,6	11.206,0	4.993,4	4.038,0	1.391,6	24.471,7

Fonte: Dieese/Nead/MDA (2006). Estatísticas do meio rural.

Nota: (1) A população em idade ativa (PIA) corresponde à soma da PEA e inativos com 10 anos ou mais. Obs.: período de referência de 30 dias.

Tabela 18
Brasil
Distribuição dos ocupados rurais não agrícolas, segundo a atividade econômica
1995

Atividade econômica	Total (em 1.000 pessoas)	(%)
Prestação de serviços	1.174	30,0
Indústria	911	23,0
Serviço público	714	18,0
Comércio	528	13,0
Construção	419	11,0
Transporte e comunicação	146	5,0
Outros	38	1,0
Total de ocupados	3.930	100,0

Fonte: Dieese/Nead/MDA (2006). Estatísticas do meio rural.

É importante ressaltar a tendência de crescimento da ocupação não agrícola no meio rural, porque a implantação de políticas públicas de fomento ao tratamento e a utilização da *biomassa residual* da agropecuária para a *geração distribuída* trará impactos positivos na ocupação da PEA rural. Irá gerar emprego e/ou renda não apenas para aqueles envolvidos diretamente com a produção agropecuária, mas também para as milhares de pessoas que, no meio rural, envolvem-se com serviços, comércio, construção, transporte e comunicação, entre outras atividades. Tal efeito potencial verifica-se não só no campo, mas também nas cidades que irão prover os bens e serviços que servirão

de insumos necessários para tais atividades, por exemplo, através da indústria urbana.

O fomento acima mencionado induz dois resultados muito significativos. O primeiro é a geração em maior quantidade de postos de trabalho de melhor qualidade, pois o trabalho não agrícola ocupa homens e mulheres com maior escolaridade, inclusive no meio rural, como se pode observar no setor de serviços rurais: é o segundo setor com maior média de anos de estudo (4,9 para homens e 4,4 para mulheres), entre oito categorias – só se encontra maior escolaridade na apicultura/sericultura (veja Tabela 19, a seguir).



Tabela 19
Brasil
Média de jornadas semanais, idade e escolaridade do pessoal ocupado na agropecuária, segundo sexo 2004

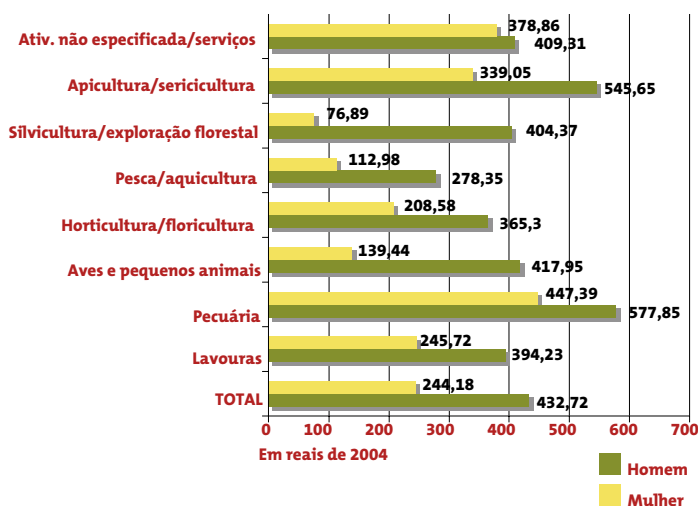
Atividade	Jornada (Semanal/horas)		Idade (em anos)		Escolaridade (em anos de estudo)	
	Homem	Mulher	Homem	Mulher	Homem	Mulher
Lavoura	39,6	29,5	36,8	38,1	3,8	3,6
Pecuária	44,6	27,1	38,6	40,8	4,5	4,3
Aves e pequenos animais	28,3	10,8	39,6	44,3	4,3	3,2
Horticultura/floricultura	35,2	19,7	40,7	44,6	4,1	4,1
Pesca/aquicultura	39,6	25,8	35,4	37,3	4,6	3,0
Silvicultura/exploração florestal	42,5	30,6	33,1	36,4	3,9	3,9
Apicultura/sericultura	35,3	32,1	38,5	30,9	5,7	7,6
Ativ. não especificada/serviços	43,5	37,1	37,4	38,2	4,9	4,4
TOTAL	40,1	23,3	37,5	40,8	4,0	3,7

Fonte: Dieese/Nead/MDA (2006). Estatísticas do meio rural.

O segundo resultado, que também comprova essa melhor qualidade do posto de trabalho – pois a atividade não agrícola no meio rural é a terceira a melhor remunerar homens (1,57 salários mínimos/mês) e mulheres (1,46 salários mínimos/mês) –, é que a criação de postos de trabalho desse tipo contribui para a diminuição das diferenças de gênero, uma vez que, no campo, a diferença de rendimento entre homens e mulheres é menor no setor

serviços, no qual as mulheres auferem, em média, 92,64% do que os homens ganham, diferentemente da pecuária e da apicultura/sericultura, nas quais essa diferença é de 77,40% e 62,21%, respectivamente (veja Gráfico 7, a seguir). A criação desse tipo de posto de trabalho se dará antes mesmo da utilização da *biomassa residual* para fins energéticos, devido aos impactos sociais advindos do primeiro vetor enunciado acima, isto é, aqueles

Gráfico 7:
Renda média mensal do pessoal ocupado na área rural, por atividade e sexo



Fonte: Dieese/Nead/MDA (2006). Estatísticas do meio rural.

Obs.: para o cálculo da renda foram consideradas apenas as pessoas com renda positiva.



que decorrem do tratamento e aproveitamento da *biomassa residual*. Ou seja, os efeitos *para trás*, em virtude da nova demanda de materiais, serviços, equipamentos e outros bens, pois será necessário o provimento, de forma espacialmente descentralizada, de um volume expressivo de pequenas obras civis, equipamentos, assistência técnica, crédito, serviços de manutenção, entre outros, somente para dar tratamento sanitário à *biomassa residual*, para obter os produtos cujo valor tem maior visibilidade: biogás/energia elétrica e biofertilizantes.

Superada essa primeira parte do processo, que gera uma primeira onda de emprego e renda, vem a segunda onda. Nessa fase, os impactos sociais advêm do vetor anteriormente enunciado, isto é, os que decorrem da *geração distribuída* de energia elétrica, da disponibilização de biofertilizantes e da renda adicional auferida pelos produtores com a venda de créditos de carbono, a partir do tratamento da *biomassa residual*. Aqui aparecem os primeiros efeitos para frente, como a maior disponibilidade de renda, de energia e biofertilizantes com menores custos, possibilitando o surgimento de renda adicional, seja por economia – não pagando pela energia e fertilizantes –, seja pela venda desses produtos a terceiros. Isso beneficia tanto os produtores da *biomassa residual* como, potencialmente, gera um benefício maior para a sociedade, pois pode contribuir para o aumento da produção agropecuária, ou então para a redução dos preços de produtos agropecuários.

Neste segundo momento o produto é a eletricidade. A cadeia produtiva para sua geração está mais intrinsecamente ligada à geração de emprego e renda no espaço urbano, pois ali serão demandados principalmente bens e serviços necessários para se gerar energia de forma descentralizada, como a produção de material eletroeletrônico e motores a combustão, bem como suas partes e peças de reposição, necessários para converter

o biogás em energia (elétrica e térmica), e para permitir sua utilização direta por quem o produziu – como também para a venda de seu eventual excedente.

Mas a conversão de biogás em energia tem alto potencial de geração de emprego e renda também no meio rural, pois ali serão instaladas e operadas as microcentrais de geração de energia utilizando essa fonte renovável. Portanto, haverá demanda por pessoal, especializado ou não, desde o momento da capacitação do produtor para a implantação e uso dessa tecnologia, passando pela construção das instalações



Agricultores familiares agregando valor à venda de frangos.

do biodigestor/microcentral (miniparques energéticos), pelas instalações elétricas demandadas por processos produtivos e domésticos, até os serviços de operação, manutenção e inovação, inerentes a toda essa cadeia produtiva.

O fomento, através de políticas públicas, de mais essa fonte de geração de emprego e renda no meio rural, reveste-se de importância estratégica, pois pode atenuar a queda na criação de postos de trabalho na agropecuária (1,7% ao ano durante a década de 1990⁵⁵), e contribuir para acelerar o crescimento da taxa de ocupação da PEA não agrícola no campo para além dos 3,7% ao ano⁵⁶,

55 Olic, *idem*.

56 Olic, *idem*.



também verificados ao longo dos anos 1990. Isso aportaria um fator a mais para o estancamento da migração campo-cidade, colaborando para a manutenção de significativo contingente populacional na área rural da maioria dos municípios brasileiros.

Entretanto, apesar de o elo representado pela produção espacialmente distribuída de recursos energéticos completar a cadeia produtiva econômica aqui focalizada, evidenciando seu impacto social positivo no campo econômico – tanto na área rural quanto na cidade –, suas consequências socioeconômicas não param aí.

A natureza complementar da energia produzida de forma descentralizada, a partir da *biomassa residual*, implica um uso potencial maior e mais disseminado de energia, já que representará um insumo de baixo custo para o seu produtor. Esse menor custo possibilita maior utilização de energia (durante 24 horas) nos processos em que esta já era usada, bem como uma disseminação no emprego dessa energia (elétrica e térmica), quer em novos processos produtivos, quer em atividades e lazer domésticos. Já o fato de sua geração ser descentralizada elimina o gargalo da distribuição em grande escala, tornando factível o acesso à eletricidade também em regiões mais distantes das grandes linhas de distribuição de energia elétrica.

Também no que se refere à energia, surge outro tipo de impacto socioeconômico positivo: aqui se considera o emprego da *biomassa residual* tanto para a *geração distribuída* de energia (GDE), ou seja, quando os produtores de energia elétrica conectados à rede geral de distribuição podem vender seus excedentes, quanto para a geração autônoma de energia (GAE), quando os produtores geram energia em escala ainda menor, apenas para consumo próprio. Em ambos casos, se anteriormente ligados à rede pública, deixarão de comprar energia, pois passarão a produzi-la.

No primeiro caso (GDE), sempre que houver excedente na geração de energia, e tal excedente for comercializado, uma renda extra será apropriada por quem o produziu. No segundo caso (GAE), devido ao porte desse produtor ser, na grande maioria dos casos, de dimensão mais reduzida – pois ele pode até mesmo não estar ligado à rede geral de distribuição –, a própria tecnologia de produção de biogás para geração de energia pode inaugurar o acesso desse tipo de produtor à eletricidade ou, no mínimo, representar uma fonte a mais de energia renovável entre as atuais opções do programa “Luz para Todos”. Ressalte-se aqui, que esse programa governamental almeja prover com eletricidade 2,037 milhões de domicílios ou até 6 milhões de pessoas⁵⁷ – inclusive aqueles que podem produzi-la de forma autônoma.

Em poucas palavras, com o tratamento e a utilização da *biomassa residual* da agropecuária para a *geração distribuída* de energia elétrica, mais pessoas poderão ter acesso a energia mais barata, durante as 24 horas do dia, para intensificar e diversificar seu uso doméstico e produtivo, gerando novos postos de trabalho, e aumentando a renda de quem já trabalha no campo.

4. Os impactos sociais referentes aos bens públicos

Por afetarem bens públicos, são de difícil mensuração os impactos sociais oriundos da redução dos impactos ambientais devido ao tratamento sanitário dos resíduos e/ou efluentes da *biomassa residual*, antes destes serem lançados no solo, nos reservatórios e cursos d’água, ou irem para a atmosfera.

Bens públicos, na sua acepção econômica, são bens cujo consumo é efetuado por toda a coletividade. Não se aplica o princípio da exclusão, ou seja, não é necessário pagar para obtê-los. Além disso, o consumo de um não

57 Segundo publicado na revista Brasil Energia Online, em janeiro de 2008, somente para se alcançar “a meta de 2,037 milhões de ligações, será necessário eletrificar mais 549.600 domicílios”. Entretanto, o novo “problema a ser resolvido é o do número de novas ligações não previstas inicialmente e que surgiram no decorrer do programa. Cogita-se oficiosamente que ainda existam 6 milhões de brasileiros sem luz”.



impede o consumo de outro⁵⁸. Há, também, bens que atendem parcial ou totalmente a uma dessas características, os quais são chamados de bens quase-públicos.

Os benefícios para a coletividade são duplicados, pois a não contaminação dos recursos hídricos, a não saturação orgânica do solo e a não contribuição para o efeito estufa primeiramente reduzem ou evitam os três tipos de gasto público descritos no Box nº 9 a seguir (Rezende, 1997).

Box nº 9

“O gasto mínimo (Gm) corresponde à parcela de gastos governamentais em políticas públicas considerada como de domínio exclusivo do governo. Estas envolvem a provisão de bens e serviços que se enquadram na categoria de bens públicos puros, os quais não podem ser provisionados por mecanismos de mercado, representando campos de domínio exclusivo do governo.

O gasto social (Gs) corresponde à parcela do gasto em políticas públicas destinada à provisão de bens e serviços meritórios ou do tipo quase-públicos. Tais bens, devido a seus graus de exclusão e divisibilidade

relativa ao consumo, permitem que o governo não assuma posição monopolista, abrindo portas para a entrada de mecanismos de mercado para a alocação de tais recursos.

Finalmente, o gasto econômico (Ge) corresponde à parcela do gasto que diz respeito a atividades econômicas nas quais, tecnicamente, o governo não teria necessidade de se envolver. Contudo, na prática, o governo desempenha tais atividades dada a necessidade de regulação de mercados; ou, ainda, em casos de intervenção direta desempenhando atividades empresariais”.

(Rezende, 1997).

Os três níveis de governo, bem como empresas com participação estatal, evitam gastos como os tipificados acima, por exemplo, ao não se verem obrigados a tratar águas contaminadas, ou a acolher na rede pública de saúde pessoas acometidas de enfermidades derivadas dessas águas. Ou seja, a sociedade ganha uma primeira vez, porque gastos governamentais são evitados, e outra vez, quando recursos públicos ficam disponíveis para outros fins, ou para melhor prover um serviço já previsto (e.g. saúde e abastecimento público de água).

O segundo benefício social é bastante disseminado, sendo apropriado de forma pública e também privada. Isso porque, além do fator bens públicos, existem as falhas de mercado, como nos lembra Souza: “Sob determinadas condições, os mercados privados não asseguram uma alocação de recursos eficiente (...) Em particular, em presença de externalidades – negativas e positivas – e de bens públicos, os preços de mercado não refletem, de forma adequada, o problema da escolha em condições de escassez que permeia a questão econômica” (Souza, s.d.).

58 Cf. Cowen, Tyler, ed. *Public Goods and Market Failures*. New Brunswick, N.J.: Transaction Publishers, 1992, citado em *The Concise Encyclopedia of Economics*, síntese e tradução livre do editor, <http://www.econlib.org/library/Enc/PublicGoods.html>, consultado em 08/10/08.



A mesma autora resume a premissa que ocasiona os benefícios sociais disseminados:

“Nesse contexto, como o mercado não é capaz de levar em conta todos os elementos constantes do Quadro 1 [Tabela 20 a seguir], estamos em presença das chamadas falhas de mercado. O fato de os agentes econômicos ignorarem os custos (benefícios) externos, decorrentes de suas decisões de produção e/ou consumo e somente computarem os custos que eles desembolsam ou os benefícios que eles auferem, faz com que a alocação de recursos, produzida pelo equilíbrio de

mercado seja ineficiente. Isto porque, no caso das externalidades negativas, os custos privados subestimam os custos sociais conduzindo, assim, a uma produção maior do que aquela que seria socialmente desejável. No caso das externalidades positivas, como os benefícios privados são inferiores aos benefícios sociais, o nível de produção correspondente à alocação dos mercados privados ficará aquém daquele que seria ótimo, do ponto de vista da sociedade”.

Tabela 20
Benefícios e custos, privados, externos e sociais

Benefícios e custos	Externos (A)	Privados (B)	Sociais [(A) + (B)]
Benefícios	A totalidade dos agentes beneficiados pelas externalidades positivas não paga por essas vantagens	Os ganhos são auferidos apenas pelos agentes que os financiam	Soma dos benefícios privados e externos
Custos	Os agentes que sofrem as externalidades negativas não são compensados	Os custos são pagos pelos agentes beneficiados	Soma dos custos privados e externos

Fonte: Sousa, s.d.

Aplicando-se esses conceitos de economia à redução dos impactos ambientais, devido ao tratamento sanitário prévio dos resíduos e/ou efluentes da *biomassa residual*, o que se constata é que uma falha de mercado (“produção maior do que aquela que seria socialmente desejável”) pode ser mitigada quando os agentes econômicos evitam essa externalidade negativa ao incorporar o custo de seu tratamento – o qual pode ser compensado pela obtenção de energia, biofertilizantes e créditos de carbono.

Na forma usual de descarte dos resíduos e/ou efluentes da *biomassa residual*, “os custos privados subestimam os custos sociais, conduzindo, assim, a uma produção maior do que aquela que seria socialmente desejável”, como é o caso da produção de proteína animal na Europa (que, por isso, foi restringida por regulação governamental). Ao ser realizada a incorporação do custo do tratamento sanitário da *biomassa residual* pelos agentes econômicos que a produzem, além de se evitar uma externalidade negativa para a coletividade (o comprometimento do meio ambiente), como o clima otimiza a biodigestão da

biomassa residual no Brasil, torna-se possível um equilíbrio mais eficiente de mercado, ou seja, uma maior produção de proteína animal/alimentos e de outras *commodities* agrícolas, como é socialmente desejável.

Assim, os produtores de *biomassa residual* estarão obtendo ganhos privados e, conjuntamente com o resto da sociedade, ganhos sociais, decorrentes da apropriação coletiva das externalidades positivas.

Os ganhos privados desses produtores, além da energia e dos biofertilizantes, se dão sobre bens que também podem ser considerados quase-públicos. Exemplos disso são a manutenção da fertilidade do solo, que deixa de estar organicamente saturado; a disponibilidade de água com qualidade, para consumo humano e para produção agropecuária e industrial, uma vez que esta deixa de ser contaminada; e, ao reduzir a emissão de gases do efeito estufa, além de se livrarem do mau cheiro, estarão contribuindo para evitar a aceleração das mudanças climáticas – que prejudicam seu negócio – e se habilitando para um novo tipo de ganho: a venda de créditos de carbono, através



do programa Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), do Protocolo de Quioto.

Há ganhos sociais que são compartilhados pelos produtores de *biomassa residual* com toda a sociedade, que são de espectro mais amplo. Um exemplo é o que se obtém ao evitar impactos negativos (como a eutrofização) sobre os recursos hídricos (von Sperling, 1994):

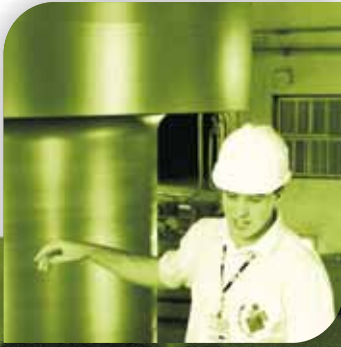
- “recuperação do uso da água para recreação/ balneabilidade, um aumento da atração turística, ao se evitar frequentes florações de plantas nas águas, o crescimento excessivo da vegetação, distúrbios com mosquitos e outros insetos, e eventuais maus odores;
- manutenção do oxigênio existente na água, assegurando sua qualidade para diversos usos, como o abastecimento público, e evitando a produção de gases estufa que, além de causarem problemas de toxicidade, provocam o aquecimento global;
- benefício às populações que dependem da pesca como fonte de alimento e renda, ao se evitar eventuais mortandades de peixes, e/ou modificações na qualidade e quantidade de peixes de valor comercial;
- há uma diminuição dos custos de tratamento da água, pois não é preciso remover algas, cor, sabor e odor, nem maior consumo de produtos químicos, ou lavagens mais frequentes de filtros;
- evitam-se problemas com o abastecimento industrial de águas devido à redução de algas nas águas de resfriamento;
- recupera-se a capacidade de navegação e transporte, pois não há crescimento excessivo de macrófitas enraizadas, que interfere com a navegação, aeração e capacidade de transporte do corpo d’água;
- evita-se o desaparecimento gradual de reservatórios d’água naturais e artificiais (como lagos e lagoas)”.



Lazer público: Praia de Santa Terezinha de Itaipu - Lago de Itaipu.

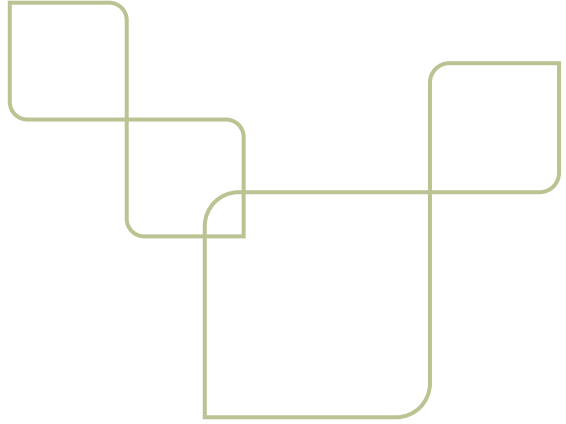


Energia para todos.



6.

PROPOSTAS DE ESTUDOS E CONCLUSÕES





1. Condições legais estão dadas: cabe incentivar seu uso⁵⁹

Uma revisão da legislação aplicável à *geração distribuída* de energia elétrica mostra um marco favorável à sua implementação. A experiência piloto da Itaipu Binacional/Copel no desenvolvimento de um sistema para acoplar de forma segura o aporte de energia à rede geral, já testado e comissionado pela Copel, garantiu a possibilidade de um elo efetivo entre a produção da energia elétrica e sua venda e disponibilização ao Sistema Elétrico Nacional, quando for o caso.

A legislação federal existente e os instrumentos programáticos aplicáveis ao caso em estudo são:

- Decreto nº 5.163, de 30 de julho de 2004 – Regulamenta a comercialização de energia elétrica, o processo de outorga de concessões, de autorizações de geração de energia elétrica e dá outras providências.
- Resolução Normativa da Aneel, nº 167, de 10 de outubro de 2005 – Estabelece as condições para a comercialização de energia proveniente de *geração distribuída*.
- Uma alteração introduzida na Lei nº 9.648/98 (a Lei nº 10.438/02 modificou, entre outros, o seu art. 11, § 4º, do mecanismo de sub-rogação da Conta de Consumo de Combustíveis Fósseis – CCC, que passou por sucessivos aprimoramentos e atualmente está regulamentado pela Resolução Aneel nº 146/05), permitiu a transferência dos

benefícios da CCC, além das PCHs, já previstas, também para as fontes eólica, solar e de biomassa, implantadas em sistema elétrico isolado, que vierem a substituir geração termelétrica que use derivado de petróleo, no atendimento à demanda atual ou futura, o que vai ao encontro, ao mesmo tempo, do processo de universalização e de introdução de fontes alternativas na matriz energética.

Instrumento programático

Proinfa – Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica.

(www.mme.gov.br/programas_display.do?chn=904).

No Brasil, a implementação de políticas de incentivo à cogeração teve início em 1996, quando o Decreto nº 2.003 incorpora a perspectiva da racionalidade energética associada a essa modalidade de produção energética.

O Decreto nº 5.163/2004, como elemento da regulamentação do novo modelo do setor elétrico, estabeleceu que a compra de energia elétrica pelas concessionárias de distribuição ficou restrita a poucas opções, sendo uma delas a compra de eletricidade proveniente de empreendimentos de *geração distribuída*, condicionada a determinada eficiência energética. É importante informar que as centrais termelétricas que utilizam biomassa como combustível gozam dos mesmos benefícios dados à cogeração qualificada. Nesse sentido, as centrais de cogeração a biomassa não necessitam de submissão à Aneel para beneficiarem-se dos incentivos definidos em lei.

Em novembro de 2008, a Copel lançou edital para a compra da *geração distribuída* e em 3 de março de 2009 assinou contratos com quatro

59 O Anexo 1 apresenta uma atualização importante desse marco regulatório, devendo ser considerado pelo leitor como parte integrante e fundamental de informações apresentadas no presente estudo.



fornecedores que apresentaram propostas, em seis unidades geradoras, como relatado no Box nº 1, que se encontra no Resumo Executivo da presente publicação.

2. Vantagens da bioenergia⁶⁰

Em termos ambientais, qualquer processo de conversão de energia apresenta perdas e produz algum impacto no meio ambiente. No caso das usinas termelétricas (UTE) a biomassa, o que se tem que comparar é qual seria o nível de emissões com a carga orgânica deixada sem tratamento e qual é o que se produz com o tratamento. Obviamente, havendo uma redução nessas emissões, há um efeito positivo com o processo.

É preciso ressaltar, aqui, que uma pré-condição para viabilizar um projeto desse tipo é garantir um volume mínimo e a proximidade da fonte de biomassa, sem os quais não há possibilidade de implantá-lo.

Do ponto de vista legal, a energia da biomassa conta com os seguintes benefícios e vantagens:

- autorização não onerosa⁶¹ para potência acima de 5.000 kW, ou simples comunicação ao poder concedente, quando tiver potência até 5.000 kW;
- isenção da aplicação anual de no mínimo 1% de sua receita operacional líquida em pesquisa e desenvolvimento do setor⁶².

Quando conectada ao Sistema Interligado Nacional:

- pode concorrer nas chamadas públicas do Proinfa e ter sua produção de energia comprada, pela Eletrobrás, por 20 anos⁶³;

- com potência até 30.000 kW, goza de redução não inferior a 50% nas tarifas de uso dos sistemas elétricos de transmissão e de distribuição⁶⁴;

- com potência até 30.000 kW, pode comercializar energia elétrica diretamente com consumidor cuja carga seja maior ou igual a 500 kW⁶⁵;

- como *geração distribuída*, pode comercializar direto com distribuidoras, por meio de leilões anuais de ajuste destas, com contratação por até dois anos e possibilidade de repasse integral de preços às tarifas, limitados ao valor do último leilão de energia (valor de referência)⁶⁶;

- como fonte alternativa, pode comercializar no ACR (Ambiente de Contratação Regulada), nos leilões específicos de compra de energia proveniente de fontes alternativas, com contratação de 10 até 30 anos e possibilidade de repasse integral de preços às tarifas⁶⁷.

Quando em sistema elétrico isolado:

- pode ter até 75% do seu custo de implantação reembolsado por meio do mecanismo da sub-rogação dos benefícios da CCC (Conta de Consumo de Combustíveis fósseis)⁶⁸;

- pode comercializar energia elétrica diretamente com consumidor cuja carga seja maior ou igual a 50 kW⁶⁹.

60 Esta seção está baseada em Rosa (2007).

61 Lei nº 9.074/95, arts. 6º, 7º, I e 8º.

62 Lei nº 9.991/00, art. 2º, alterado pela Lei nº 10.438/02.

63 Lei nº 10.438/02, art. 3º, I, a, alterado pela Lei nº 10.762/03, ampliou o prazo de 15 para 20 anos.

64 Lei nº 9.427/96, art. 26, § 1º. Como forma de incentivo, a lei estipulou esse desconto também para o consumidor que vier a adquirir dessa fonte.

65 Lei nº 9.427/96, art. 26, § 5º.

66 Decreto nº 5.163/04, art. 26, art. 27, § 4º, art. 32 e art. 36, IV.

67 Decreto nº 5.163/04, art. 11, §§ 2º e 4º, art. 19, § 1º, III, art. 27, § 1º, III e art. 36, VI.

68 Lei nº 9.648/98, art. 11, § 4º, I, e Resolução Normativa Aneel nº 146/05. O importante é que não se trata de financiamento, é reembolso mesmo: até 75% dos custos da obra são pagos pela CCC, desde que substitua geração termelétrica a derivado de petróleo ou desloque sua operação para atender ao mercado.



Financiamento do BNDES

Os investimentos em *geração distribuída* de energia elétrica produzida com o processamento da *biomassa residual*, com consequente sequestro de carbono, podem ser financiados em até 90% através de linha especial de crédito do BNDES.

3. Questões locais

Considera-se fora de dúvida que todas as experiências de produção e distribuição de energia de fontes renováveis se valem, ou se valerem de subsídios, oferecidos pelo Estado sob diversas formas (baixas taxas de juros nos financiamentos; transferência de valores; prazos longos de resgate; isenção tributária; preços mínimos de compra da produção; desenvolvimento tecnológico e assunção dos custos de difusão das diferentes tecnologias).

Na *geração distribuída* de energia elétrica – inclusive na que usa o biogás – é importante a escala de produção. Esse fator é limitante para uma parte dos agricultores e pecuaristas considerados individualmente, pois constituem o grupo denominado “produção familiar” ou “pequena produção”, porém existe um ganho de escala caso eles operem criatórios de aves, suínos e gado vacum semiestabulados ou estabulados, geralmente como integrados a empresas ou cooperativas, o que torna possível sua adoção nesses casos. Um modo de superar o problema da citada maioria dos agricultores é a centralização dos processos e plantas de processamento. Ao que tudo indica, a centralização deveria ser a do biogás produzido, já que a concentração da matéria-prima parece ser mais onerosa.

Esse problema deixa de existir nas unidades produtivas de média e larga escala e nas agroindústrias que processam a matéria-prima proveniente da agropecuária.

Com isso, as melhores condições para se conseguir a viabilidade econômica das plantas de biogás para a produção de energia elétrica implicariam o atendimento preferencial às seguintes condições locais:

- (a) plantas nas unidades de produção agropecuária com escala mínima de produção (que precisa ser estudada e definida) que gere biogás suficiente;
- (b) plantas estrategicamente localizadas fora das unidades agropecuárias, porém em um ponto com distância razoável dessas unidades de pequena escala [essa é a principal recomendação do documento OMM/Pnuma (2005), do grupo de cientistas que pesquisou os câmbios climáticos, conhecido pela sigla em inglês IPCC];
- (c) plantas localizadas em pontos da cadeia do agronegócio, nos quais se reúnem grandes volumes de produtos agropecuários, como frigoríficos e indústrias alimentares.

Uma questão importante do custo da produção de energia elétrica em geral, e da *geração distribuída* em particular, é a necessidade de fixar o nível de produção correspondente ao ponto da demanda de pico. Isso, mais uma vez, implica dar realce à escala de produção como elemento viabilizador dos investimentos necessários.

A *geração distribuída* de energia se beneficiaria, também, de forma significativa,



por sua associação com a cogeração, que melhora o desempenho econômico desses empreendimentos energéticos, aspecto unânime na literatura sobre a questão.

Além das questões estritamente econômicas, há que se observar que a generalização do uso de biodigestores no Brasil, a exemplo do que ensina a experiência chinesa, deve levar em conta a intensidade do uso do trabalho necessário às suas operações diárias. Isso é fundamental na medida em que o manejo dos biodigestores pode concorrer com o uso do trabalho em tarefas da própria atividade principal.

A proposição, aqui realizada, de uso da *biomassa residual* para geração de energia elétrica e produção de biofertilizantes, e consequente elevação da renda rural e redução dos impactos ambientais de seus efluentes, contribui para dar uma solução adequada e viável, sob o ponto de vista econômico-financeiro, à questão ambiental da indústria da carne. O estímulo à produção do biogás a partir da *biomassa residual*, focado aqui na resolução dos seus consideráveis impactos ambientais, leva em conta que o modelo atual de monoculturas e “monocriações” intensivas é a forma de produção amplamente disseminada no Brasil pelo agronegócio. Mas a discussão, tanto desse modelo quanto de outras questões envolvidas nessa produção, foge ao escopo do presente trabalho, e merece ser estudado em trabalhos específicos e debatido pela sociedade brasileira em foros adequados.

4. Sugestões para desenho de políticas

Deve-se lembrar, especialmente em função do passado recente, que a (re)introdução do

biogás nas áreas rurais do Brasil seja precedida de um intenso trabalho de disseminação da ideia e treinamento dos usuários da tecnologia a respeito dos processos envolvidos na produção do biogás, energia elétrica e biofertilizantes, já que a experiência anterior deixou uma herança não propriamente positiva. Na ausência da aceitação de uma nova proposta, a chance do sucesso é remota. Nesse caso, é imprescindível chamar a atenção do público sobre as suas vantagens econômicas.

Há dois aspectos a ressaltar:

- escala dos empreendimentos de *geração distribuída* de energia a partir do biogás proveniente da *biomassa residual*;
- associação da produção distribuída com a cogeração.

Nesse processo, parece constituir-se uma boa orientação a de pautar sua implantação segundo módulos de tamanho e complexidade, de forma a torná-las adaptadas a distintas situações que certamente serão encontradas nas cadeias do agronegócio.

Assim, deve-se recomendar que:

- 1) a produção de biogás – para qualquer uso: energia, calor, etc. – deve estar associada ao tratamento sanitário da *biomassa residual*, à venda de créditos de carbono e à produção de biofertilizante para dar economicidade ao sistema (Coelho, 2000; Mercedes, 2002:360)⁷⁰;
- 2) círculo vicioso a ser rompido com pesquisa tecnológica, em especial. Como o custo de transporte da *biomassa residual* é alto, tende-se a implantar unidades

⁷⁰ Esta simultaneidade de funções não é cumprida por outras fontes renováveis de energia como florestas energéticas; sistemas eólicos, solares ou pequenas centrais hidrelétricas; nem compostagem, que é um sistema de biodegradação de baixo custo (Coelho, 2000).



processadoras descentralizadas para evitar tal custo. A pulverização da deposição da biomassa pode levar a que as unidades processadoras sejam de pequena escala. Nessa circunstância, o investimento costuma ser, proporcionalmente, alto. Para baixar os custos de investimento, tende-se a simplificar a instalação, o que leva à redução de sua eficiência (Coelho, 2000:176);

3) para estratégias com pronunciada difusão, levar em consideração a resistência cultural ao uso de biodigestores, derivada, certamente, da forma como a cultura brasileira percebe os dejetos e fezes (“restos”, “coisa mal cheirosa”, “lixo”, “desprezível”), presentes na reação da imprensa frente ao programa de biodigestores da ex-Embrater;

4) considerar a energia elétrica como o produto principal frente ao biofertilizante, o que implica a inversão da lógica do passado, no Brasil. Ainda hoje, na suinocultura, é amplo o uso do “sistema convencional”, que inclui o uso de esterqueiras, lagoas de estabilização, entre outros meios de tratar a *biomassa residual*, o que revela que o foco, nesse caso, não está posto na *geração distribuída* de energia elétrica e sim na questão ambiental⁷¹;

5) dar preferência ao uso produtivo da energia elétrica a partir do biogás, sob a forma de aquecimento e iluminação, sobre sua destinação doméstica;

6) manter, como no passado, a mitigação dos efeitos nocivos da *biomassa residual* sobre o meio ambiente como parte importante do processo;

7) do ponto de vista estritamente

econômico, não abrir mão dos ganhos provenientes das economias internas (especialmente a economia de escala) e das economias externas (a economia de aglomeração). No caso dos pequenos estabelecimentos rurais, isso implicaria formas de agrupamento de vizinhos e formação ou direcionamento de cooperativas, associações, consórcios para essa finalidade. Segundo o IBGE (Censo Agropecuário de 1995), metade dos estabelecimentos agrícolas brasileiros tem menos de 10 hectares, o que impõe restrições à escala dos empreendimentos de produção de biogás e, portanto, à acumulação de volumes expressivos da *biomassa residual*. Pelo Censo Agropecuário de 2006, existem 5,2 milhões de estabelecimentos agrícolas⁷²;

8) dessa forma, a novidade da estratégia é a preferência por fazendas e granjas de escala mínima de disponibilidade de *biomassa residual*; por fazendas e granjas de diferentes tamanhos, desde que próximas umas das outras; pela associação de pequenos produtores em condomínios rurais, descentralizando o processamento da biomassa e concentrando o biogás em um ponto próximo, onde seria convertido em energia elétrica, e por unidades industriais de transformação da produção agrícola (especialmente abatedouros);

9) incluir a agroindústria na estratégia, o que significa concentrar esforços nos nódulos da cadeia do agronegócio de alta concentração espacial da *biomassa residual*⁷³;

10) incentivar e apoiar financeira e tecnologicamente o preenchimento da matriz insumo-produto agricultura-indústria, de forma que a indústria

71 Segundo Palhares & Guidoni (2006), utilizando os dados do Levantamento Agropecuário Catarinense (2002-2003) e considerando somente produtores com mais de 50 cabeças de suínos, 0,08% deles possuíam biodigestores e 99,2% esterqueiras (in Agrosoft Brasil, 2008).

72 Palhares & Kunz (2003), in Agrosoft Brasil (2008) ressaltam: “A possibilidade de venda de créditos por pequenos e médios suinocultores somente seria viável se estes se organizassem de forma a centralizar o tratamento dos dejetos por biodigestão, onde tanto a quantidade de créditos gerada como os investimentos necessários seriam economicamente viáveis”.

73 Na cadeia agroindustrial do suíno, as unidades agropecuárias estão divididas em três grupos: “integradas”, “independentes” e “cooperadas”. Em SC, 90,63% são integradas; no RS, 62,50%; no Paraná, 38,46%, aqui superadas pelas independentes, com 46,15%. A estratégia de localização de unidades de tratamento da biomassa enfrenta problemas nas indústrias, já que estas dificultam a liberação de dados e evitam abrir discussão de estratégias conjuntas entre integradas e integradores (Palhares, 2005).



nacional fabrique e ofereça assistência técnica para máquinas, equipamentos e insumos utilizados no processo de produção do biogás⁷⁴;

11) na esfera das políticas públicas, será inevitável que o Estado participe com subsídios na implantação do modelo. Em Coelho (2000), há um tratamento extensivo sobre a matéria. Pode-se considerar a possibilidade de adotar práticas de apoio estatal similares às utilizadas pela União Europeia (UE), mas com o devido cuidado para evitar sobreposições, já que, em geral (Coelho, 2000:200-201):

- a) os empreendedores europeus de energias renováveis recebem subsídios da UE;
- b) a esses subsídios da UE se somam os dos estados nacionais; e,
- c) o encorajamento à geração da energia renovável se faz por meio de contratos, nos quais há garantia de preço e quantidade por um tempo suficientemente longo.

12) é preciso aprofundar estudos relativos aos índices de produção de biogás pelos diferentes animais de criação, de forma a melhor equacionar as diferenças encontradas entre alguns autores e também entre cálculos a partir de dados micro e macroeconômicos;

13) é necessário desenvolver modelos que permitam estimar a quantidade potencial de biofertilizantes e energia (elétrica e térmica), que podem ser gerados a partir da *biomassa residual* de forma setorial e regionalizada, e os impactos de sua oferta localizada, a custos competitivos, em distintas cadeias produtivas. Tais estimativas devem considerar diferentes cenários econômicos, para avaliar como tais impactos podem afetar importantes variáveis macro e microeconômicas (e.g., emprego e renda);

Em síntese: tudo indica que o Brasil deveria afastar-se dos modelos “chinês” e “indiano”, tais como foram dados a conhecer aqui no passado, na medida em que se identificam com a dimensão familiar e o “atendimento social”. Nessa perspectiva, a prioridade, tanto territorial quanto de público, deveria ser a dos pontos do espaço onde se concentra a *biomassa residual* a ser transformada em energia elétrica, de forma a contar com a vantagem de custo zero de transporte nesse processo.

5. Temas mercedores de estudos mais detalhados

Pesquisas e estudos propostos para aprofundar o conhecimento e dar sequência ao presente trabalho:

- realizar estudo para definir a melhor forma de reintroduzir a questão dos biodigestores na cultura rural, já que as experiências da década de 1980 deixaram sequelas consideráveis, que geram um *recall* negativo;
- estudar com profundidade os diversos índices existentes relativos à produção de biogás, pelos diferentes animais de criação, de forma a melhor equacionar as diferenças encontradas entre valores globalmente estimados e as quantidades originadas por cálculos realizados a partir da produção *per capita*;
- realizar estudos para definir escalas mínimas de produção, entre as várias regiões e tipos de unidades de produção

74 A Embrapa Suínos e Aves lançou, em parceria com a empresa Alflakit, um equipamento para medir a qualidade do biogás gerado nas propriedades rurais. O equipamento permite analisar in loco a qualidade do gás ao custo de um décimo do que era antes despendido para mandar, como antes, amostras para laboratórios (www.embrapa.br/embrapa/imprensa/noticias/2008/janeiro/4a-semana/kit-mostra-a-qualidade-do-biogas, consultado em 16/2/2008).



agropecuária, para gerar biogás em volume economicamente viável;

- dar ênfase, nos estudos de viabilidade, à energia elétrica como o produto principal frente ao biofertilizante, o que implica a inversão da lógica do passado, no Brasil;

- estudar sistemas de coleta e transporte de biogás para processamento conjunto de matéria-prima originada de estabelecimentos que não tenham escala para implantar um sistema integrado até a *geração distribuída*;

- avaliar subsídios, oferecidos pelo Estado sob diversas formas (baixas taxas de juros nos financiamentos; transferência de valores; prazos longos de resgate; isenção tributária; preços mínimos de compra de energia; desenvolvimento tecnológico e assunção dos custos de difusão das diferentes tecnologias), para a produção e distribuição de energia de fontes renováveis;

- incentivar e dar apoio financeiro e tecnológico a pesquisas para produção dos equipamentos e componentes necessários ao processamento da *biomassa residual* e da *geração distribuída*, de forma que a indústria nacional fabrique e ofereça assistência técnica para máquinas, equipamentos e insumos utilizados no processo de produção do biogás;

- articular e promover a criação de um Laboratório de Referência em Gases, com o objetivo de realizar estudos e pesquisas que subsidiem a passagem do país à era dos gases, em substituição aos combustíveis fósseis, e apoio ao processo de difusão de tecnologias de aproveitamento dos gases produzidos pelas biomassas residuais originadas de diversas cadeias produtivas.



6. Conclusões

As informações coletadas e analisadas pela equipe que realizou o presente estudo mostram a existência de uma grande fonte potencial de energia que, atualmente, não apenas deixa de ser usada mas, principalmente, transforma-se em grave problema ambiental com a disposição da *biomassa residual* diretamente na natureza, sem um prévio tratamento sanitário.

Adotando métodos conservadores, chegou-se a uma possibilidade de produção anual, a partir do aproveitamento da *biomassa residual*, de 12 TWh, equivalente a 12 bilhões de kWh, o que seria capaz de suprir uma cidade com aproximadamente 4,5 milhões de habitantes, no período considerado. Em valor da produção, chega-se à cifra de R\$ 2,7 bilhões que estaria deixando de ser economizada – se os produtores a utilizassem apenas para autoconsumo – ou R\$ 1,5 bilhão de faturamento extra, caso a vendessem integralmente ao preço médio atingido no resultado do edital de compra da Copel, em fevereiro de 2009.

O biofertilizante, subproduto do processo proposto, também pode potencialmente assumir relevância na economia agrícola do país, com repercussões positivas em nossa Balança de Pagamentos com o exterior. As estimativas aqui realizadas apontam para a possibilidade de uma recuperação anual de nutrientes da ordem de 643 mil toneladas de nitrogênio (N), 369 mil toneladas de fósforo (P) e 650 mil toneladas de potássio (K). Esses volumes equivalem, respectivamente, a 85%, 15% e 43% dos nutrientes que devem ter sido utilizados para adubar o total da área plantada com grãos, no Brasil, na safra 2008/2009.

Quanto à possibilidade de o setor beneficiar-se

com o recebimento por crédito de sequestro de carbono, os valores aqui encontrados também são altamente significativos. Um total anual equivalente a 71,3 milhões de toneladas de CO₂ seriam queimados, cujo preço de mercado alcançado em fevereiro de 2009 foi de 9,41 euros/t, significando uma possibilidade de faturamento anual da ordem de 671 milhões de euros. No início de junho de 2009, o preço desse carbono oscilava entre 12 e 15 euros por tonelada, elevando o faturamento potencial a valores acima de 1 bilhão de euros.

Assim, registra-se atualmente uma considerável perda econômica, já que ao não transformarem a *biomassa residual* em energia (térmica e/ou elétrica), e ainda obtendo biofertilizantes, além da possibilidade de vender créditos de carbono, os criadores deixam de ter uma economia ou faturamento adicional que pode ser relevante para seu equilíbrio econômico-financeiro em tempo de contínuas reduções de suas margens de lucro, que acabam por impor como única solução o aumento do número de animais a serem criados.

É importante ressaltar, também, que mesmo do ponto de vista macroeconômico, ou nacional, a *geração distribuída* de energia elétrica a partir do volume de *biomassa residual* gerada pelos criatórios de animais, aqui identificada, é significativa, podendo alcançar 2,4% do consumo brasileiro de energia elétrica, e equivalente a 12% da energia gerada pela Itaipu Binacional, nossa maior usina hidrelétrica⁷⁵.

A UHE Jirau, no rio Madeira, em Rondônia, irá gerar uma quantidade de energia elétrica equivalente à aqui identificada, provocando impactos ambientais e exigindo um investimento acima de R\$ 13 bilhões, sem contar aquele necessário para a construção dos linhões destinados a entregar a energia ao Sistema Elétrico Nacional.



No caso proposto, os impactos ambientais serão evitados, e não criados pelos empreendimentos.

Ao adotarem o tratamento sanitário dos seus efluentes, aproveitando-os para obter novos produtos em suas atividades, os produtores rurais e todo o agronegócio de proteína animal passará a contar, como “bônus”, com a vantagem de oferecer produtos com menores níveis de poluição do meio ambiente, que poderão ser mercadologicamente diferenciados de seus concorrentes e obter a preferência dos consumidores nos mercados nacional e internacional.

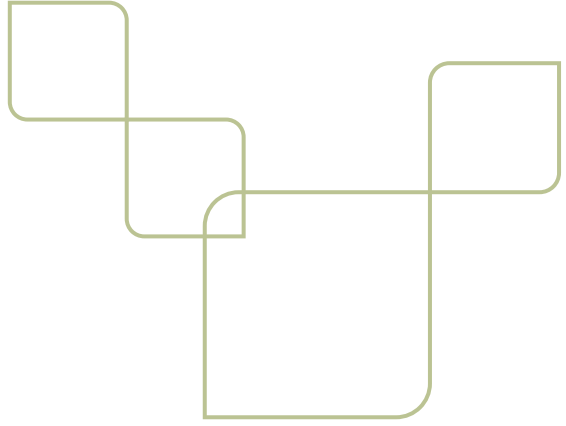
Os investimentos necessários para implantar esses processos podem receber financiamento do BNDES, cobrindo até 90% do total, através de linha de crédito que esse banco oficial disponibiliza para projetos de sequestro e comercialização de carbono, pelo mecanismo MDL.

Especial atenção deve ser dada à introdução dessa proposta junto ao público interessado, os produtores rurais, já que em passado recente houve uma disseminação de biodigestores no campo que acabou não tendo sucesso, devido a diversos fatores tecnológicos e culturais. Hoje,

os problemas tecnológicos aparentemente estão superados, porém a lembrança da má experiência anterior pode tornar-se um empecilho. Para facilitar sua disseminação, é importante jogar o foco nas possibilidades de novas fontes de faturamento para o produtor, no lado econômico da questão.

Será necessário, também, investigar com maior profundidade vários temas, e uma lista inicial, a título preliminar, foi apresentada na seção anterior. É essencial fazer estudos de viabilidade econômica que indiquem padrões de dimensionamento mínimo necessários para cada tipo de criação e para cada região do país, antes de iniciar a disseminação mais ampla dessa proposta.

Com a possibilidade de inúmeros criadores passarem a produzir energia elétrica, surgirá uma demanda por materiais, equipamentos e serviços regionalmente distribuída, gerando renda e emprego tanto no meio urbano quanto no rural. Além disso, novas escalas de produção e de prestação de serviços poderão contribuir para a redução dos custos de investimento, como ocorreu na Alemanha.



7. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- ABRAMOVAY, Ricardo (2007). Agricultura e desenvolvimento rural, *in* Jornal Valor (14/06/2007), Acesso em: http://www.virtualcentre.org/en/library/key_pub/longshad/A0701E00.htm
- ALHO, C. J. R. & MARTINS, E. S. (1995). De grão em grão o Cerrado perde espaço. Brasília: WWF Fundo Mundial para a Natureza. 66 pp.
- ANEEL (2008). Atlas de Energia Elétrica do Brasil, Brasília: Aneel, 3ª edição.
- ANEEL (s.d.). Atlas de Energia Elétrica do Brasil, Brasília: Aneel, 2ª edição.
- ASSOCON – Associação Nacional dos Confinadores (2006), Relatório Assocon 2006, <http://www.assocon.com.br/not%206.html>, consulta do editor em 16.04.08, 12h45.
- BARJA, Gabriel de J. A. (2006). A co-geração e sua inserção ao sistema elétrico. Brasília: Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília, setembro de 2006, 171 p. (Dissertação de Mestrado).
- BEZERRA, Severino Antunes (2002). Gestão ambiental da propriedade suinícola: um modelo baseado em um biossistema integrado. Florianópolis: UFSC, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, 251 p. (Tese de Mestrado) (<http://teses.eps.ufsc.br/defesa/pdf/7975.pdf>, consultado em 16/2/2008).
- BLEY JR., Cícero, (2008b). Geração distribuída com biogás, apresentação em Powerpoint.
- BLEY JR., Cícero (2008a). Capítulo 3 – Agroenergia, 27 p. (Relatório de Cícero Bley Jr. para o PCT FAO-Itaipu – Projeto da biomassa residual – Agroenergia da biomassa residual: perspectivas socioeconômicas, ambientais e energéticas).
- BLEY JR., Cícero (2007). Agroenergia da biomassa residual. Perspectivas econômicas, sociais, ambientais e energéticas. Curitiba: Itaipu Binacional, 10 p.
- BRESSER-PEREIRA, Luís Carlos, (2008). Economista do ecodesenvolvimento. Folha de São Paulo, 20.02.08, p. 3;
- CASAGRANDE, Luiz Fernandez (2003). Avaliação descritiva de desempenho e sustentabilidade entre uma granja suinícola convencional e outra dotada de biossistema integrado (B.S.I.). Florianópolis: UFSC, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, 125 p. (Dissertação de Mestrado).
- CENBIO (2003). Panorama do potencial de biomassa no Brasil. Brasília: Dupligráfica, 80 p.
- COELHO, Suani Teixeira & outros (2006). Geração de energia elétrica a partir do biogás proveniente do tratamento de esgoto. Trabalho publicado e apresentado no XI Congresso Brasileiro de Energia, 16 a 19 de agosto de 2006, Rio de Janeiro.
- COELHO, Suani Teixeira & outros (2004). Geração de energia elétrica para comunidades isoladas da Região Amazônica a partir de sistemas de gaseificação de biomassa. Campo Grande: I Congresso Internacional de Bioenergia, 18 a 21 de outubro de 2004, 9 p.
- COELHO, Suani Teixeira (2001). Geração de energia a partir do biogás gerado por resíduos urbanos e rurais. Florianópolis: Cenbio, 11 p. (Nota Técnica Cenbio, VII).
- COELHO, Suani Teixeira, Coord. Téc. (2000). Medidas mitigadoras para a redução de emissões de gases de efeito estufa na geração termelétrica. São Paulo: Aneel/Cenbio/Pnud, 218 p. (Projeto BRA/00/029 – Capacitação do Setor Elétrico Brasileiro em Relação à Mudança Global do Clima) (www.mct.gov.br/upd_blob/0005/5179.pdf, consultado em 16/02/2008).
- CONAB/Acompanhamento dasafrabrasileira (2008). Cana-de-açúcar, Safra 2008, 1º levantamento, abril/2008.

- COWEN, Tyler, ed. (1992). *Public Goods and Market Failures*. New Brunswick, N.J.: Transaction Publishers, citado em *The Concise Encyclopedia of Economics*, <http://www.econlib.org/library/Enc/PublicGoods.html>, consultado em 08/10/08.
- DELGADO, Christopher & outros (1999). *Livestock to 2020 - The Next Food Revolution. 2020 Vision*. Washington: International Food Policy Research Institute; Food and Agriculture Organization & International Livestock Research Institute, maio de 1999, 83 p. (Food, Agriculture and the Environment Discussion Paper, # 28).
- DIEESE/NEAD/MDA (2006). *Estatísticas do meio rural*. Brasília: MDA: Dieese, 2ª edição.
- DIESEL, Roberto; MIRANDA, Cláudio Rocha & PERDOMO, Carlos Cláudio (2002). Coletânea de tecnologias sobre dejetos suínos. Porto Alegre: Boletim Informativo de Pesquisa, Embrapa Suínos e Aves e Emater-RS, ano 10, n. 14, agosto de 2002, 31 p. (www.cnpsa.embrapa.br/down.php?tipo=publicacoes&cod_publicacao=317, consultado em 16/2/2008).
- FARGIONE, J., e outros (2008). *Land Clearing and the Biofuel Debt*, in *Scienceexpress*, 7 February, 2008, <http://scienceexpress.org.br/7February2008/Page1/10.1126/science.1152747>.
- FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda (2004). *Novo Dicionário Aurélio da Língua Portuguesa*. Curitiba: Positivo, 3ª ed.
- FUSCO, Camila, e TEIXEIRA JR., Sérgio (2007). Entrevista com Marcos Junk, *Jornal Exame on line*, em 27 de dezembro de 2007 (<http://portalexame.abril.com.br/revista/exame/edicoes/0909/negocios/m0147760.html>).
- FUSCO, Camila, (2007). Entrevista com Michael Liebreich, publicada na *Revista Exame*, edição 0909, de 25.12.07.
- GALINKIN, Maurício (editor) (2005). *A soja na Amazônia Legal*. Brasília: Fundação CEBRAC/ Comissão Nacional da Amazônia – Central Única dos Trabalhadores – CUT.
- GALINKIN, Maurício (2002). *Uso de instrumentos econômicos para defesa da biodiversidade do Cerrado e da Amazônia*. Brasília: CEBRAC.
- GALINKIN, Maurício (coord.) (2000). *Relatório do Painel de Especialistas Independentes – Projeto da hidrovía Araguaia-Tocantins: Análise do EIA/RIMA*. Brasília: CEBRAC.
- GASPAR, Rita Maria Bedran Leme (2003). *Utilização de biodigestores em pequenas e médias propriedades rurais com ênfase na agregação de valor: um estudo de caso na Região de Toledo – PR*. Florianópolis: UFSC, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, 106 p. (<http://www.tede.ufsc.br/teses/PEPS4022.pdf>, consultado em 16/02/2008).
- OMM/PNUMA (2005). *La captación y el almacenamiento de dióxido de carbono. Resumen para responsables de políticas y Resumen técnico*. Grupo Intergubernamental de Expertos Sobre El Cambio Climático. OMM/ PNUMA. (versão completa em <http://www.ipcc.ch>).
- HANNA, Jorge Habib (2008), comunicação pessoal do superintendente técnico da Itaipu Binacional.
- HEFNER III, R.A. (2006). *Our Global Energy Future – Asia's Opportunity*, The GHK Company, adapted from speech given at Lee Kuan Yew School of Public Policy, National University of Singapore, January 25, 2006.
- HOUAISS, A. e VILLAR, M.S (2001). *Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa*. Rio de Janeiro: Objetiva.
- IBGE (2007). *Contagem da População 2007*. Rio de Janeiro: Fundação IBGE.
- IBGE (2006b). *Pesquisa da Pecuária Municipal 2006*. Rio de Janeiro: Fundação IBGE.
- IBGE (2006a). *Censo Agropecuário 2006*. Rio de Janeiro: Fundação IBGE.

- IBGE (2000b). Censo Populacional 2000. Rio de Janeiro: Fundação IBGE.
- IBGE (2000a). Censo Agropecuário 1995. Rio de Janeiro: Fundação IBGE.
- ITAIPU BINACIONAL (s.d.). Energia para o desenvolvimento, coleção de slides.
- KAUL, Inge and SARASWATHI, Menon (1993). Human Development: From Concept to Action *in* Human Development Report 1993 - Background Papers. 1993 *in* http://hdr.undp.org/docs/publications/ocational_papers/oc7a.htm (acesso em 01/12/06).
- LEAL, Isabela (2006). Biodigestor adequado para a produção de biogás com a utilização de cama de galinha. Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas (SBRT) (www.sbrt.ibict.br, de novembro de 2006).
- LIBÂNIO, José Carlos (2008). Desenvolvimento humano: a parte e o todo, *in* Políticas Públicas Sociais e os desafios para o Jornalismo, pp. 194-200. São Paulo: ANDI-Cortez Editora, 2008.
- LIBÂNIO, J. C. (2007) Aid-Memoire da Oficina Técnica sobre o Projeto Agroenergia da biomassa residual: perspectivas socioeconômicas, ambientais e energéticas. Brasília, 16/11/2007.
- LUCAS JR. E SILVA (2005). Biogás – Produção e utilização, Unesp.
- LUTZEMBERGER, J.A. (2001). O absurdo da agricultura, *in* Estudos Avançados 15 (43) 2001, pp. 61-74.
- MERCEDES, Sônia Serger Pereira (2002). Análise comparativa dos serviços públicos de eletricidade e saneamento no Brasil – Ajustes liberais e desenvolvimento. São Paulo: USP, Programa Interunidades de Pós-graduação em Energia, junho de 2002, 489 p. (Tese de Doutorado) (http://www.iee.usp.br/biblioteca/producao/2002/Teses/Tese_Sonia.pdf, consultado em 16/02/2008).
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA (2005). Plano Nacional de Agroenergia 2006-2011. Brasília: Mapa, 120 p.
- MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA – MME Balanço Energético Nacional – BEN (www.mme.gov.br: Home > Publicações > Balanço Energético Nacional).
- MINISTÉRIO DAS RELAÇÕES EXTERIORES – MRE, Meio Ambiente, Agenda 21, antecedentes, em <http://www.mre.gov.br/CDBRASIL/ITAMARATY/WEB/port/meioamb/agenda21/anteced/index.htm>, último acesso em 02.03.08, 19h25.
- MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO, DEPARTAMENTO INTERSINDICAL DE ESTATÍSTICA E ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS (2006). Estatísticas do Meio Rural. Brasília: MDA: DIEESE, 2ª Ed.
- MOREIRA, Ivana (2008). MG planeja centro de bioenergia de US\$ 100 milhões. São Paulo, Valor Econômico, 9 de janeiro de 2008, p. B14.
- NUNES, Antonio (2004). Co-geração com célula a combustível alimentada por gases de digestão anaeróbica (www.cogeracao.pti.org.br).
- OLIC, Nelson Bacic (2001). Aspectos do novo rural brasileiro. Revista Pangea, 15/12/2001.
- OLIVEIRA, Mauro Márcio (2008e) Agroenergia da biomassa residual: perspectivas socioeconômicas, ambientais e energéticas – Relatório suplementar sobre questões tópicas, em 24.06.08.
- OLIVEIRA, Mauro Márcio (2008d). Agroenergia da biomassa residual: perspectivas socioeconômicas, ambientais e energéticas – Relatório suplementar, em 27.02.08.
- OLIVEIRA, Mauro Márcio (2008c). Agroenergia da biomassa residual: perspectivas socioeconômicas, ambientais e energéticas, Relatório inicial, em 02.02.08.

- OLIVEIRA, Mauro Márcio (2008b). Entrevista de Andréia ..., Limnologista do Ministério de Minas e Energia, em 29 de janeiro de 2008, em Brasília.
- OLIVEIRA, Mauro Márcio (2008a). Entrevista de Marcelo Franco, coordenador do Programa de Energia da Secretaria de Ciência e Tecnologia do Estado de Minas Gerais, em 12 de janeiro de 2008.
- OLIVEIRA -I, Luiz Roberto Pelosi de (2005). Biodigestor. Goiânia: VII Simpósio Goiano de Avicultura e II Simpósio Goiano de Suinocultura. 13-15 de setembro de 2005, p. 4-8 (www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc_publicacoes/publicacao_11i24f7k.pdf; consultado em 16/2/2008).
- OLIVEIRA -II, Paulo Armando V. de (2005). Projeto de biodigestor e estimativa da produção de biogás em sistema de produção. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, dezembro de 2005, 8 p. (Comunicado Técnico, 417) (www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc_publicacoes/publicacao_q9m29k2j.pdf; consultado em 16/02/2008).
- PALHARES, Julio Cesar Pascale (2006). Biodigestão anaeróbia de dejetos de suínos: aprendendo com o passado para entender o presente e garantir o futuro, 7 p. *in* Agrosoft Brasil. (www.agrosoft.org.br/?q=node/28766; consultado em 16/02/2008)
- PALHARES, Julio Cesar Pascale (2005). Análise ambiental para a produção de suínos no Sul do Brasil. Florianópolis: IV Seminário Internacional de Aves e Suínos, 11-13/05/2005; p. 28-47 (www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc_publicacoes/publicacao_p9r47o5k.pdf; consultado em 16/02/2008)
- PALHARES, Julio Cesar Pascale (s.d.). Uso de biodigestores para o tratamento da cama de frango: conceitos importantes para a produção de biogás. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 7 p. (www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc_artigos/artigos_v5x35t8p.pdf; consultado em 16/02/2008).
- PEW FOUNDATION (2008). *Some Positive Signs For U.S. Image Global Economic Gloom – China and India Notable Exceptions*, Washington, DC: Pew Foundation.
- PLATAFORMA ITAIPU DE ENERGIAS RENOVÁVEIS/ ITAIPU BINACIONAL (2008). Estudo de Caso. Curitiba: Itaipu Binacional.
- PORTER, Jane M. & BOWERS, Douglas E. (1989). A Short History of U.S. Agricultural Trade Negotiations, p.11, disponível em www.ers.usda.gov/Publications/ages8923/ages8923.pdf, acessado em 14.04.08, 13h30, tradução livre de Maurício Galinkin.
- REVISTA FATOR BRASIL (2007). Instituições e empresas fazem parceria para gerar energia a partir do biogás de esgotos. www.revistafatorbrasil.com.br/ver_noticia.php?not=536 consultado em /12/2007.
- REZENDE, Flávio da Cunha (1997). Descentralização, gastos públicos e preferências alocativas dos governos locais no Brasil (1980-1994). Dados, vol. 40, nº 3, Rio de Janeiro, 1997.
- REZENDE, G.C. de (2002). Ocupação agrícola e estrutura agrária no Cerrado: o papel do preço da terra, dos recursos naturais e da tecnologia, IPEA: Rio de Janeiro.
- ROSA, Sérgio Eduardo Silveira da (2007). O recente debate sobre o pico da produção mundial de petróleo. Rio de Janeiro, Revista do BNDES, v.14, n. 28, pp. 171-200, dezembro 2007.
- SACHS, Ignacy (2007b). The Biofuels Controversy, UNCTAD, New York and Geneva, November 2007;
- SACHS, Ignacy (2007a). A revolução energética do século XXI, *in* Estudos Avançados 21 (59) pp. 21-38.
- SACHS, Ignacy (2006). A revolução azul, *in* Rumos, nº 229, set-out 2006, p. 17.
- SACHS, Ignacy (2005). Questão energética, *in* Estudos Avançados 19(55), 2005, pp. 197-214.
- SACHS, Ignacy (2004). A revolução azul complementando a verde, *in* Rumos, nº 216, jul-ago 2004, p. 09.

- SACHS, Ignacy (2003). O tripé do desenvolvimento includente, Palestra Magna no Seminário de Inclusão Social, 22.09.2003, BNDES.
- SACHS, Ignacy (2002). A invenção do rural, entrevista ao Globo Rural, edição 204, outubro 2002, <http://revistagloborural.globo.com./Editora> acesso em 29.01.08.
- SACHS, Ignacy (2001). Brasil rural: da redescoberta à invenção, *in* Estudos Avançados, 15 (43) pp. 75-82.
- SCHEER, H., (2007). Feed-in Tariffs – Boosting Energy for our Future. Hamburg: World Future Council.
- SEN, Amartya (1999). Development and Freedom. Oxford University Press.
- SISTEMA OCEPAR (2007). Custos de produção de aves e suínos no Paraná. Curitiba: Ocepar 24 p.
- SMERALDI, R. & MAY, P. (2008). O Reino do Gado. São Paulo: Amigos da Terra – Amazônia Brasileira.
- SOUSA, Maria da Conceição Sampaio (s.d.). Bens Públicos e Externalidades. Universidade de Brasília, FACE/Departamento de Economia, Equipe de Monitoria (IEMonit®) - Texto 12, s.d.
- STEINFELD, Henning e outros (2006). Livestock's long shadow. Environment Issues and Options. Rome: LEAD and FAO, 408 p. acesso em: http://www.virtualcentre.org/en/library/key_pub/longshad/A0701E00.htm
- TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO (2004). Tarifa social e desafios da Universalização dos Serviços de Energia Elétrica no Brasil. Sumário Executivo. Brasília, TCU, Secretaria de Fiscalização de Desestatização, 18 p. *in* Brasil Energia Online: <http://brasilenergia.com.br/> (dezembro 2007). Brasil (http://www2.tcu.gov.br/pls/portal/docs/PAGE/TCU/PUBLICACOES/CLASSIFICACAOPORASSUNTO/AUDITORIA/TARIFA_SOCIAL.PDF; consultado em 19/02/2008).
- UNDP, International Conference on the Many Dimensions of Poverty. International Poverty Centre (IPC) (2005). *in* <http://www.undppovertycentre.org/md%2Dpoverty/>.
- UNITED NATIONS CENTRE FOR HUMAN SETTLEMENTS (1993). Application of biomassenergy technologies. Nairobi, 112 p.
- UNITED STATES DEPARTMENT OF ENERGY & UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (2005). Biomass as feedstock for a bioenergy and bioproducts industry: The Technical Feasibility of a Billion-Ton Annual Supply. Washington, 60 p., April 2005 (www1.eere.energy.gov/biomass/pdfs/final_billionton_vision_report2.pdf).
- VEIGA, José Eli (2004b). Nem tudo é urbano, *in* Revista de Ciência e Cultura, ano 56, N. 2, pp. 26-29. (abril/junho 2004).
- VEIGA, José Eli (2004a). A dimensão rural do Brasil, *in* Estudos sociedade e agricultura, n. 22, abril 2004.
- von Sperling, Marcos (1996). Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias). Vol. 1, Belo Horizonte: DESA-UFMG,.
- WALTER, A (2007). A biomassa moderna e a geração distribuída no Brasil. Fórum Permanente de Energia e Ambiente – Universalização do Atendimento de Energia Elétrica e Geração Distribuída. Campinas, DE/FEM e Nipe, da Unicamp (palestra).

Sítios consultados na internet:

<http://aliceweb.desenvolvimento.gov.br/>, MDIC- AliceWeb.

<http://faostat.fao.org/default.aspx>. FAO, FAOSTAT.

<http://g1.globo.com/Noticias/0,PIO290025-9356,00.html,G1>, Portal de Notícias da Globo: Cutrale fará etanol a partir da laranja nos EUA, 07.02.08.

<http://g1.globo.com/Noticias/Brasil/0,MUL145288-5598,00.html>, NUNES, Eduardo (2007). Entrevista de Eduardo Nunes, presidente do IBGE, para a Globo News (consulta em 05/12/07).

<http://p2-raw.greenpeace.org/brasil/greenpeace-brasil-clima/entenda/o-quesao>

<http://sbrtv1.ibict.br/upload/sbrt4135.pdf?PHPSESSID=a7c7ea2053c411d900126fba1ece1337>

<http://tools.folha.com.br/print?site=emcimadahora&url=http%3A%2F%2Fwww1.folha.uol.com.br%2Ffolha%2Fdinheiro%2Fult91u41305.shtml>, Folha OnLine, 07.02.02, Seguro contra apagão aumenta conta de luz em 2% a partir de março.

http://ultimosegundo.ig.com.br/brasil/2008/09/25/creditos_de_carbono_rendem_r_37mi_prefeitura_de_sp_1938906html, acesso em 02.10.08.

<http://www.ambientebrasil.org.br> (consulta: 14/12/2007)

<http://www.aneel.gov.br>

http://www.aneel.gov.br/hotsite/hotsite_ver2/default.cfm#xxx, Aneel, Relatório complementar, consulta do editor em 09.10.08, 12h.

http://www.aneel.gov.br/hotsite/hotsite_ver2/default.cfm#xxx, consulta em 09.10.08, 12h.

<http://www.atelierdobonsai.com.br/fazer.html>

<http://www.bancor.com.br/vinha%E7a.htm>, BANCOR BRASIL LTDA., consulta do editor em 13.06.08, 14h30.

http://www.bbc.co.uk/portuguese/reporterbbc/story/2008/01/080114_biocombustiveisuerw.shtml, BBC BRASIL, UE promete rever meta para uso de biocombustíveis, acesso em 21.02.08, 10:18PM.

<http://www.bichoonline.com.br/artigos/aa0010.htm>

<http://www.biodieselbr.com/energia/biogas/biogas.htm> (consulta 14/12/2007)

<http://www.biodieselbr.com/energia/biogas/vinhaca-biogas.htm>, BIODIESELBRCOM, consulta do editor em 13.06.08, 14h52.

<http://www.brasilenergia.com.br/>, Revista Brasil Energia on Line (2008), consulta em 15/01/08.

<http://www.carbonobrasil.com/faq.htm>, CARBONO BRASIL, Perguntas frequentes.

<http://www.cnpab.embrapa.br/servicos/download/cot024.pdf>

<http://www.cogeracao.pti.org.br>

<http://www.coomex.com.br>

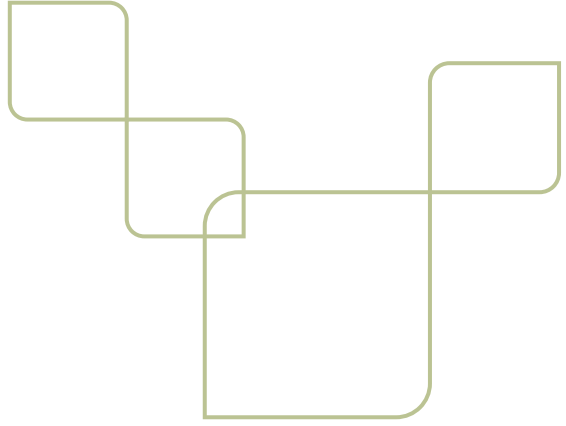
<http://www.desenvolvimento.gov.br/sitio/interna/interna.php?area=2&menu=855>, acesso em 02.03.08, 21h45.

<http://www.embrapa.br/embrapa/imprensa/noticias/2008/janeiro/4asemana/kit-mostr-a-qualidade-biogas>, consulta em 16.02.08.

- <http://www.ers.usda.gov/publications/ages8923/ages8923.pdf>
- http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/producaoagropecuaria/abate_leite_couro_ovos_200704_1.shtm, IBGE, acessado pelo editor em 22.05.08, às 19h30.
- http://www.ibge.gov.br/home/prpresidencia/noticias/noticia_visualizar.php?id_noticia=1243&id_pagina=1
- <http://invertia.terra.com.br/carbono/interna/O,,031646819-E18939,00.html>
- <http://www.ipcc.ch/>, IPCC.
- http://www.krona.srv.br/display_05.htm, COSTA, F.
- <http://www.mme.gov.br>
- <http://www.newenergyfinance.com/?n=9>
- <http://www.observatorioagronegocio.com.br/page7/page11/page11.html>, Observatório do Agronegócio, acesso em 21.05.08.
- <http://www.rts.org.br/noticias/destaque-2/projeto-de-geracao-de-credito-de-carbono-pode-ser-financiado-em-ate-90-diz-executivo-do-bndes>
- <http://www.sidra.ibge.gov.br/>, IBGE/Sidra, dados consultados em 02/04/08
- <http://www.sitioduascachoeiras.com.br/agricultura/vegetal/composto.html>
- <http://www.ufrnet.br/biocombustivel>
- <http://www1.folha.uol.com.br/fsp/ciencia/inde05072008.htm>, Folha de São Paulo, acesso em 05.07.08.
- <http://www1.folha.uol.com.br/fsp/dinheiro/fi0905200803.htm>, ANDERLINI, Jamil, jornal Financial Times, em Pequim, publicado na Folha de São Paulo, em 09.05.2008, acessado em 09.05.08).
- <http://www1.folha.uol.com.br/fsp/dinheiro/fi0905200803.pdf>
- <http://www1.folha.uol.com.br/fsp/dinheiro/fi2002200816.htm>, Folha de São Paulo, 20.02.08
- www.virtualcentre.org, Lead: Livestock, Environment and Development.

Legislação federal citada

- Lei nº 9.074/95.
- Lei nº 9.427/96.
- Lei nº 9.991/00.
- Lei nº 10.3438/02, que alterou a Lei nº 9.648/98.
- Lei nº 10.762/03.
- Lei nº 10.848/04.
- Decreto nº 2003/96.
- Decreto nº 5.163, de 30.07.2004.
- Resolução Normativa Aneel nº 146, de 2005.
- Resolução Normativa Aneel nº 167, de 2005.



ANEXO 1

Histórico recente da geração distribuída de energia por microprodutores do Paraná¹

Introdução

Ao tempo em que esta obra estava sendo produzida e editada, deu-se a continuidade do Programa Geração Distribuída com biogás e Saneamento Ambiental, enunciado no Estudo de Caso apresentado no Anexo 2, a seguir, gerando alguns fatos relevantes para a confirmação dos conceitos apresentados nesta publicação ao mesmo tempo em que ocorriam avanços institucionais, indicadores de que as energias renováveis e a Geração Distribuída de energia no meio rural são uma tendência irreversível. Relaciona-se, a seguir, os citados avanços:

a) Junho de 2008 - Resolução Autorizativa Aneel nº 1.482/08

A Aneel autoriza a Copel a proceder a compra por Chamada Pública da energia gerada pelos *protótipos* do Programa Geração Distribuída (GD) da Itaipu/Copel e outros parceiros. Essas resolução constituiu-se no primeiro e decisivo sinal de aceitação da Geração Distribuída pelo Setor Elétrico, como metodologia operacional viabilizadora das energias renováveis (no caso com biogás), ainda que restrita ao grupo de *protótipos* em instalação.

b) Agosto de 2008 – Implantação da Coordenadoria de Energias Renováveis na Itaipu Binacional Brasil e Paraguai

A partir de recomendação expressa do Conselho de Administração, órgão superior de gestão da Itaipu Binacional, composto por notáveis no campo da energia e da diplomacia dos dois países, para a Diretoria Executiva (Brasil e Paraguai), a empresa incorporou em seu Planejamento Estratégico e Organograma uma Coordenadoria de caráter transversal, abrangendo todas as suas diretorias, para

cuidar da política empresarial de energias renováveis. Em seguida, criou também o Comitê Consultivo de Energias Renováveis, com representantes das diretorias. O ato da Itaipu Binacional revela a intensidade e a perenidade com que ela se propõe a encarar a questão das energias renováveis. A empresa passa a adotar a Plataforma Itaipu de Energias Renováveis como metodologia organizacional da sua política de atuação na região de influência de seu Reservatório – Oeste do Paraná –, e passa a instalar no Parque Tecnológico de Itaipu, através de sua Fundação, um complexo de facilidades laboratoriais para dar suporte à pesquisa, desenvolvimento e inovação no tema Energias Renováveis.

c) Novembro de 2008 – Chamada Pública Copel 005/2008

A Copel, distribuidora de energia no Estado do Paraná, dá publicidade à Chamada Pública 005/2008, para a compra de energia em geração distribuída, até 300 kVA por produtor, e um total de 3.000 kVA, conforme autorizado pela Aneel. A opção por Chamada Pública, e não por leilão, resultou da avaliação, pela Copel, de que esta seria a modalidade mais adequada, que assegura a integridade e continuidade do conceito metodológico da Geração Distribuída.

A CP 005 publica, pela primeira vez no Brasil, as características necessárias para gerar energia elétrica com segurança, sincronismo e proteção das redes de distribuição, e em baixa tensão, características que podem se tornar balizadoras para novas unidades geradoras com potencial instalado de 300 kVA. A compra realizada pela Copel foi de 524 kW, com faturamento garantido aos microprodutores de energia em contratos assinados para 42 meses de fornecimento. Em outras palavras,

¹ Fontes de informações do presente anexo: documentos da Aneel e Copel, respostas dos responsáveis pelos projetos aqui focalizados ao questionário elaborado por Maurício Galinkin e contribuições do Superintendente da Coordenadoria de Energias Renováveis da Itaipu Binacional, Dr. Cícero Bley Jr.

esses critérios podem se constituir em diretrizes para descentralização da geração no Sistema Elétrico Brasileiro, sem ameaçar o que já está construído e consolidado como um dos mais eficientes sistemas integrados de geração, transmissão e distribuição de energia.

Os preços praticados neste leilão situaram-se entre R\$ 128,00 e R\$ 128,50, para um preço máximo estabelecido no leilão de R\$ 129,72. Ou seja, o preço dessa energia foi estritamente balizado pelo VR (Valor de Referência) nacional, sem qualquer tipo de subsídio nem reconhecimento das externalidades inerentes às fontes energéticas utilizadas, isto é, a biomassa residual convertida em biogás como fonte de redução da poluição ambiental, em seus diversos aspectos.

d) Março de 2009 - Assinatura de contratos de compra de energia Copel/Protótipos do Programa GD

A Copel firma com os representantes das instituições gestoras dos *Protótipos* do Programa GD os contratos de fornecimento de energia.

e) Informações sobre as unidades de geração distribuída a partir da biomassa residual

A seguir, apresenta-se uma breve descrição das características dos *Protótipos* do Programa Geração Distribuída, cujos projetos técnicos para instalação e operação foram balizados pela área técnica da Copel e desenvolvidos pelas áreas técnicas das empresas parceiras, Sanepar, Cooperativa Lar e Starmilk, com apoio da Itaipu/Fundação PTI, através de empresas de planejamento ambiental incubadas nesta Fundação.

I - Projeto Granja Colombari

Na Granja Colombari, propriedade do sr. José Carlos Colombari, em São Miguel do Iguaçu/PR, foi instalada, com recursos próprios, a primeira Microcentral Termelétrica a Biogás monitorada pela Copel (Distribuidora). Nessa granja ocorreram os testes de proteção e

sincronismo da Geração Distribuída, em paralelo à rede da Copel, os quais foram especialmente orientados por esta última, tendo sido utilizado protótipo de painel de controle construído pela empresa Woodward.

O Programa GD já encontrou na Granja Colombari um biodigestor construído na forma de uma lagoa recoberta com lona plástica, para o tratamento de dejetos de lotes de 3.000 suínos em terminação, alojados constantemente na propriedade, e um gasoduto com medidores de biogás, que alimenta um motorgerador fornecido pela empresa GET, de 30 kVA.

Além do proprietário e seu filho, nela trabalham quatro empregados. Antes da implantação do biodigestor, a propriedade utilizava três esterqueiras para armazenamento dos dejetos, para posterior aplicação como fertilizante em pastagens.

A produção diária é de 360 kWh, dos quais 60% são para consumo próprio e 40% (144 kWh/dia) vendidos para a Copel.

O autoabastecimento gerou, segundo o sr. Colombari, aumento da rentabilidade da propriedade, já que permitiu atender ao crescimento de demanda de energia resultante da ampliação de sua fábrica de rações. Também economizam na compra de óleo diesel (redução de uso de combustíveis fósseis), pois um trator era usado para movimentar a moagem de milho destinada à ração dos animais.

Resultados

Nova receita com energia elétrica

Com o conjunto gerador a biogás funcionando 12 horas por dia, de segunda a sábado, para evitar a necessidade de dispor de um técnico de plantão para atender emergências que possam surgir, a Granja Colombari produz aproximadamente 103,7 MWh anuais, com 60% dessa produção resultando em economia de custos da ordem de R\$ 13.000,00, e a comercialização de 40% da energia gerada proporciona um acréscimo ao faturamento anual da propriedade de R\$ 6.000,00, aproximadamente.

Possibilidade de auferir novas receitas com biofertilizante

Aplicando-se os preços de comercialização de adubos na região, com o aproveitamento dos efluentes finais do processo de biodigestão como biofertilizantes, a Granja obtém uma economia da ordem de R\$ 90.000,00 por ano, de acordo com as estimativas do proprietário. Na propriedade, são utilizados seis hectares de pastagens para engorda, em média, de 80 cabeças de boi.

A experiência da Granja na manutenção da fertilidade de pastagens com biofertilizantes demonstra o retorno econômico da atividade, expresso em aumento de produção, seja pecuária ou agrícola, evidenciando os resultados econômicos dos biofertilizantes.

Com a superação da poluição ambiental, graças ao aproveitamento da biomassa residual para produção de energia elétrica, a Granja Colombari pode implementar projetos de aumento de sua produção, o que resultará também em novas receitas potenciais de aproveitamento do biofertilizante assim gerado.

Nova receita com créditos de carbono

A comercialização dos créditos de carbono já estava contratada pela Granja Colombari antes do Programa GD. O projeto específico de MDL foi elaborado pela empresa AgCert (adquirida pela AES em 2005), e dependente, neste momento, de uma última auditoria na propriedade, para dar início às vendas dos CERs – Certificados por Redução de Emissões.

A diferença é que, após o Programa GD, a Granja começou a movimentar o conjunto gerador para produzir energia elétrica, e não apenas queimar o biogás, o que já seria suficiente para acreditação junto ao MDL. Pode-se estimar¹ que a Granja Colombari, na etapa atual, terá condições de comercializar anualmente pouco mais de 1.500 toneladas de carbono-equivalente sequestradas. Com os preços em

recuperação no mercado internacional, no início de junho de 2009, quando a cotação variava entre 12 e 15 euros² por tonelada de carbono, o faturamento bruto dessas vendas poderia alcançar entre 18.000,00 e 23.000,00 euros, ou, ao câmbio da época, entre R\$ 50.000,00 a 62.000,00 anuais³.

Em síntese, com a implantação desse projeto, a Granja Colombari anualmente poderá: economizar, em custos de energia, cerca de R\$ 13.000,00; faturar aproximadamente R\$ 6.000,00, com a venda de energia; obter uma economia da ordem de R\$ 90.000,00 com o uso dos biofertilizantes produzidos; e aumentar seu faturamento bruto anual em até R\$ 62.000,00, dependendo da evolução do mercado de créditos de carbono. Ou seja, a Granja pode acrescentar R\$ 171.000,00 às suas receitas anuais, isto é, cerca de R\$ 15.000,00 a mais, por mês.

Ganhos ambientais

Com o uso do biodigestor acoplado a uma lagoa anaeróbia coberta por lona plástica, para realizar a biodigestão e o saneamento de dejetos animais brutos, constata-se uma melhoria da qualidade de vida do entorno, ou seja, da propriedade e sua região circunvizinha, devido à eliminação dos fortes odores que antes eram exalados pelas esterqueiras, bem como da proliferação de vetores de enfermidades, oriundos dos dejetos, cujo armazenamento anteriormente era feito a céu aberto.

Sustentabilidade

Com a destinação final dos dejetos tecnicamente equacionada, os gestores da Granja agora planejam uma expansão de 60% de sua produção, passando de 3.000 para 5.000 animais, o que provocará, além dos lucros do próprio negócio, maior retorno com a Geração Distribuída de energia elétrica, os créditos de carbono e os biofertilizantes.

¹ Para informações sobre os cálculos de carbono sequestrado, veja Capítulo IV, seção 6, Estimativas do Sequestro de Carbono, neste volume.

² Portal Terra/Invertia/Mercado Carbono, "Créditos de carbono começam a sair da crise", 08/06/09, em <http://invertia.terra.com.br/carbono/interna/0,013806211-E18939,00.html>

³ Com 1 euro aproximadamente igual a R\$ 2,71 (euro X dólar = 1,399 e real X dólar = 1,94);

De acordo com o sr. Colombari, foi o apoio técnico e institucional da Itaipu Binacional, da Copel, do Instituto de Tecnologia Aplicada e Inovação – Itai, da Cooperativa Lar e das demais parceiras do Programa Geração Distribuída com Saneamento Ambiental que o permitiu superar barreiras, tanto em relação ao desenvolvimento tecnológico dos equipamentos, quanto ao que se referia à possibilidade de comercializar os excedentes de energia elétrica.

Investimento

A Granja Colombari, por seu pioneirismo, beneficiou-se do apoio do Programa Geração Distribuída com Saneamento Ambiental e de empresas fornecedoras interessadas em contribuir para o sucesso da iniciativa.

O proprietário da Granja desembolsou apenas R\$ 35.000,00 – valor pago na aquisição do grupo gerador –, dado que lhe foram fornecidos, anteriormente, pela empresa de comercialização de créditos de carbono AgCert, em regime de comodato, o biodigestor e os equipamentos de medição e queima do gás. No entanto, em troca do investimento nesses equipamentos, essa empresa ficou com 90% dos valores recebíveis, por dez anos, com a venda dos Certificados de Redução de Emissões (CERs)⁴. Os cálculos efetuados anteriormente mostram que a granja poderia comercializar entre 50 e 62 mil reais anuais, a preços da primeira semana de junho de 2009, ou seja, o proprietário estaria pagando entre 45 e 55,8 mil reais anuais, durante dez anos, pelo investimento realizado. Posteriormente, a Granja ainda recebeu do Programa GD o painel de controle.

Além disso, frente à limitada durabilidade (400 horas) do motor a biogás inicialmente utilizado para movimentar o gerador de energia elétrica, o Sr. Colombari investiu na duplicação do diâmetro da tubulação de condução do gás e no desenvolvimento de um filtro desumidificador, ações que reduziram significativamente a corrosão

das peças e ampliaram a durabilidade do motor.

A Granja Colombari é considerada o Projeto de Referência (*benchmark*) do Programa Geração Distribuída com biogás e Saneamento Ambiental, devido ao êxito desse primeiro protótipo implantado, que já vende energia à Copel.

II - Projeto Cooperativa Lar

A Cooperativa Agroindustrial Lar, de Medianeira, Paraná, também foi parceira na elaboração e na implantação do Programa Geração Distribuída com Biogás e Saneamento Ambiental. Ao Programa dedicou três projetos de aproveitamento da biomassa residual para conversão em biogás com Geração Distribuída de energia elétrica.

O primeiro é o da Unidade Produtora de Leitões (UPL), localizada em Itaipulândia (PR), o qual já está em fase final de implantação. Os outros dois serão instalados nas suas unidades industriais de aves e de vegetais.

Os investimentos desses projetos da Cooperativa são inteiramente realizados com recursos próprios, exceto aquele na unidade de aves, que recebeu um apoio da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), da ordem de 65% do valor empregado no aproveitamento da biomassa residual e produção de energia elétrica.

O apoio da Itaipu Binacional, da Companhia Paranaense de Energia Elétrica (Copel), do Instituto de Tecnologia Aplicada (Itai), da Fundação TPI e da Sanepar, que juntamente com a Cooperativa compuseram o projeto de Geração Distribuída com Saneamento Ambiental, foi por ela considerado como fundamental para o desenvolvimento e implementação de seus projetos.

4 Cf. informações do superintendente da CER/Itaipu, dr. Cícero Bley Jr.

A - Unidade Produtora de Leitões – UPL

Na Unidade Produtora de Leitões, situada no município paranaense de Itaipulândia, durante a primeira fase do projeto são processados os dejetos de 2.750 matrizes, ou 50% do plantel existente. Antes da implantação do sistema com biodigestores já estava instalado na UPL um sistema de tratamento biológico composto por lagoas anaeróbicas e facultativas, conforme determina a legislação ambiental. Essas lagoas estão sendo aproveitadas para a nova fase, com o acoplamento de biodigestores e o acréscimo de cúpulas para a retenção do biogás, que antes contaminava a atmosfera.

Resultados

Nova receita com energia elétrica

De acordo com informações da Cooperativa, essa primeira fase do projeto conta com dois geradores de 100 kVA de potência, já produzindo 1.333 kWh/dia (cerca de 448 MWh anuais), frente a um consumo de 1.600 kWh/dia da própria UPL, ou seja, o sistema implantado atende 83% de sua demanda de energia elétrica. Disso resulta uma economia anual de R\$ 72.000,00, por energia evitada.

Na segunda fase, com a implantação de mais dois novos biodigestores e dois grupos motogeradores, a previsão é de atendimento de 100% da demanda, com a venda da energia elétrica excedente, estimada em R\$ 54.000,00/ano.

Receita potencial com biofertilizante

O biofertilizante produzido continuará sendo disponibilizado gratuitamente aos associados da Cooperativa. Este é aplicado somente em áreas georreferenciadas, de associados pré-cadastrados, com análises de solo para definição das taxas de aplicação.

Adotando-se o valor indicado pelo proprietário da Granja Colombari, assim como a proporção entre as produções das respectivas unidades,

pode-se estimar que o valor dos biofertilizantes originados dessa fase inicial do projeto da unidade produtora de leitões chegará a R\$ 300.000,00/ano.

Nessa unidade da Cooperativa também já são observados os ganhos de qualidade ambiental, resultantes da eliminação dos odores e vetores de enfermidades, anteriormente originados das lagoas de tratamento dos efluentes.

Nova receita com créditos de carbono

Com a comercialização dos créditos de carbono, que se encontram em fase final de negociação, esta unidade produtora de leitões irá evitar, de acordo com os índices utilizados nesta publicação⁵, que sejam lançadas diretamente na atmosfera cerca de 5.600 toneladas de carbono, na fase 1 do projeto. Isso gera uma possibilidade de faturamento bruto entre R\$ 180.000,00 e R\$ 227.000,00 anuais, com a venda dos créditos de carbono, utilizando-se para esse cálculo as cotações vigentes no início de junho de 2009⁶. Com a segunda fase, esse faturamento praticamente duplicará.

É importante ressaltar que a Cooperativa Lar, não tendo comprometido seus Certificados de Redução de Emissão com investimentos em biodigestores, negociou em melhores condições o contrato de créditos de carbono, recebendo 75% do total comercializado e remunerando com 25% os serviços da empresa consultora/compradora, a Zeroemissions.

Comparando-se com a Granja Colombari, que comprometeu 90% de seus créditos para a compra de um biodigestor, nota-se que é necessário prover o meio rural de informações sobre os padrões de comercialização desses créditos, bem como sobre a possibilidade do BNDES financiar até 90% do investimento para a aquisição de equipamentos, amortizáveis com os resultados da nova economia que se implantará.

⁵ Para informações sobre os cálculos de carbono sequestrado, ver Capítulo IV, seção 6, Estimativas do Sequestro de Carbono, neste volume;

⁶ Portal Terra/Invertia/Mercado Carbono, Créditos de carbono começam a sair da crise, 08/06/09, em <http://invertia.terra.com.br/carbono/interna/0,,O13806211-E18939,00.html>, e com 1 euro aproximadamente igual a R\$ 2,71 (euro X dólar = 1,399 e real X dólar = 1,94); <http://br.invertia.com/mercados/divisas/>

Nova receita com energia térmica

Na UPL Lar o calor dos escapamentos de gases dos motores é aproveitado, através de dois trocadores de calor, para aquecimento de água a 60 °C utilizada na higienização dos criatórios, o que traz uma economia de água de 16.000 m³/ano, nesta primeira fase, além de reduzir o consumo da energia necessária para sua extração de poços artesianos.

Resumo das novas receitas

Assim, depois de implantada a segunda fase do projeto, a Unidade Produtora de Leitões da Cooperativa Agroindustrial Lar apresentará os seguintes resultados:

1. autossuficiência de energia elétrica, representando uma economia de R\$ 84.000,00 anuais;
2. venda dos excedentes de energia elétrica, em valor anual estimado pela Cooperativa em R\$ 54.000,00;
3. biofertilizante, disponibilizado gratuitamente aos seus associados, equivalente a R\$ 600.000,00 ao ano;
4. faturamento líquido anual com a venda de créditos de carbono entre R\$ 270.000,00 e R\$ 340.500,00, segundo a cotação internacional vigente na primeira semana de junho de 2009;
5. redução do consumo de água da ordem de 32.000 m³/ano, o que também leva à economia da energia elétrica utilizada na sua extração de poços artesianos.

Tecnologia utilizada

A UPL da Cooperativa utiliza um sistema de separação em fases de tratamento primário e dois biodigestores em paralelo, com capacidade de 1.728 m³ e 1.413 m³, nesta primeira fase do projeto. O biofertilizante extraído no separador de sólidos fica armazenado em uma lagoa de acumulação e posteriormente é retirado por cooperados para aplicação direta em terras de lavouras.

O biogás é canalizado para uma microcentral, composta por dois motores com potência individual de 100 kVA.

Na segunda fase, todo esse sistema será duplicado para atender o tratamento da

biomassa residual da metade restante da produção de leitões e possibilitará a venda da energia excedente à Copel.

As cúpulas dos biodigestores, geomembranas de PVC, foram fornecidas pela empresa Recolast-Geomembrana. A empresa ER-Br forneceu os grupos motores e o painel de controle foi adquirido da empresa Woodward. O projeto foi realizado pela ARZ – Projetos e Instalações Elétricas.

B - Unidade Industrial de Aves

Esta unidade da Cooperativa Agroindustrial Lar situa-se no distrito de Agrocafeira, município de Matelândia, no Paraná. Trata-se de um abatedouro de 160 mil aves/dia, e seu projeto constitui-se no aproveitamento do biogás gerado pelos efluentes industriais orgânicos produzidos, que serão convertidos em energia elétrica com geração distribuída e saneamento ambiental. O projeto encontra-se em fase de implantação.

O volume diário de biogás está previsto em 900 m³/dia, a partir de dois biodigestores em regime contínuo, um com capacidade de 27.000 m³ e outro com 17.000 m³.

A potência instalada de geração elétrica será de 140 kVA, e a produção de energia está prevista para atender à unidade frigorífica apenas nos horários de ponta, entre as 18 e as 21 horas, de segunda a sexta-feira, quando o preço da energia elétrica supera em até sete vezes o custo em outros horários. Atualmente, para escapar dessa elevação de custos, o Frigorífico Lar chega a paralisar algumas funções produtivas.

Este projeto da unidade de aves da Cooperativa recebeu um aporte de R\$ 640.000,00 da Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), ou seja, 65% do total de R\$ 990.000,00, ali investido até maio de 2009.

Tecnologia e fornecedores

Aproveitando o sistema de tratamento existente antes do projeto, será utilizado um flotador para sólidos e gorduras, com as lagoas anaeróbicas sendo cobertas e transformadas em biodigestores.

Destes, os efluentes irão para lagoas facultativas e de polimento. Estas últimas terão a função de reduzir a carga orgânica dos efluentes finais, de forma a aproveitá-los para fertirrigação de um reflorestamento energético de 88 ha, plantados com eucaliptos, em torno da própria Cooperativa. O restante da água (efluente tratado) será reciclado e reutilizado.

O projeto dos biodigestores para essa unidade foi desenvolvido pela empresa Planotec Assessoria Agronômica e Planejamento Ambiental, sua implantação se dá pela empresa Avesuy e um dos grupos motogeradores será fornecido pela Biogás Motores Estacionários, enquanto outros dois encontram-se em processo de licitação.

Adotando-se os mesmos índices de cálculo utilizados anteriormente para a unidade de produção de leitões da Cooperativa, bem como o mesmo conteúdo de CH_4 (metano) para o biogás dessas unidades produtoras, chega-se a uma estimativa de Redução de Emissão da ordem de 2.500 toneladas equivalentes de CO_2 /ano.

Com isso, será possível comercializar os CERS (créditos por redução de emissões) que somavam, segundo a cotação da primeira semana de junho de 2009, entre R\$ 81 mil e R\$ 102 mil por ano, com a Cooperativa podendo receber 75% desse valor.

O projeto para a comercialização desses créditos já foi elaborado pela empresa Zeroemissions e encaminhado para a análise pelo Executive Board do IPCC.

Essa unidade de abate de aves terá sua capacidade ampliada a partir do segundo semestre de 2010, com um investimento da ordem de quatro milhões de reais. Seu projeto já prevê o reuso de 70% da água, o que a colocará como modelo no setor, no Brasil, e os 30% restantes serão aproveitados na irrigação da floresta energética da Cooperativa.

C - Unidade Industrial de Vegetais

Essa planta industrial está situada em Itaipulândia, no Paraná, e seu projeto de geração distribuída com saneamento ambiental ainda está em fase preliminar, prevendo-se a geração de energia apenas para atender ao autoconsumo no horário de pico. Será composto por dois biodigestores, com capacidade individual de 5.865 m^3 , que resultarão da cobertura das lagoas de tratamento já existentes, e um conjunto motogerador de 40 kVA. A economia com a energia evitada é estimada em R\$ 9.000,00/ano, e não haverá produção de biofertilizantes.

III - Starmilk⁷

Na Fazenda StarMilk, de propriedade dos Srs. Ibrahim Faiad e Mário Sossela, situada no município de Céu Azul, no Paraná, o aproveitamento do chorume das vacas leiteiras gera 300 m^3 de biogás diariamente e 2.100 m^3 de biofertilizante por mês.

A propriedade emprega 25 pessoas e, além das preocupações com o meio ambiente, há a preocupação com o bem-estar dos animais, sendo utilizada muita energia para manter os estábulos em temperatura confortável para as vacas, pois essa questão também impacta sua produtividade. A produção diária mínima esperada é de 30 litros de leite por vaca, e a ordenha é inteiramente mecanizada.

O biodigestor instalado na Fazenda Iguazu é do modelo canadense, operando em sistema contínuo, com capacidade de armazenamento de 2.600 m^3 de dejetos. O esterco das vacas é recolhido em canaletas, acumulado em um poço onde é homogeneizado para, em seguida, ser transportado por tubulação ao biodigestor. O biogás aí formado é levado por tubulação ao conjunto motogerador, que tem a potência limitada de 32 kVA, nessa primeira fase de reconhecimento e prospecção.

Como o autoabastecimento de energia elétrica atende apenas 30% da demanda da

⁷ Este texto reproduz, também, informações do repórter Maurício Freire, da série de reportagens para a TV intitulada "Caminhos do Oeste".

propriedade, sua geração foi concentrada no horário de ponta, no qual o custo da energia comprada é mais de sete vezes maior que o cobrado em horário normal.

A cobertura do biodigestor foi fornecida pela empresa Sansui, e o motogerador pela empresa Biogás.

Nos três anos de implantação do projeto, a StarMilk investiu cerca de R\$ 300.000,00. Nos últimos dois anos foram produzidas mais de 10.000 toneladas de biofertilizante, a um custo de R\$ 5,00/t.

O projeto para venda de créditos de carbono ainda não foi realizado. Estimativas com base nos índices utilizados no presente trabalho indicam a possibilidade de comercialização de 800 toneladas de carbono por ano, que poderiam gerar um faturamento bruto anual adicional entre R\$ 27.000,00 e R\$ 34.000,00, a preços da primeira semana de junho de 2009.

De acordo com os proprietários da fazenda, embora os benefícios totais da implantação do projeto de Geração Distribuída com saneamento ambiental não tenham sido totalmente mensurados, sem sua implantação não haveria condições de aumentar a produção. Agora, diz o Sr. Sossela, "temos um projeto que pretende aumentar em 700 vacas para o próximo ano. Além disso, deixamos de poluir o meio ambiente e temos o amplo aproveitamento do biofertilizante".

IV - Condomínio Cooperativo de Agroenergia para Agricultura Familiar

Após deslançar os processos de aproveitamento da biomassa residual para geração distribuída de energia elétrica nos seis *protótipos* (propriedades individuais e instalações de cooperativa), atendendo a uma orientação da Secretaria de Agricultura do Estado do Paraná, a Coordenação de Energias Renováveis da Itaipu Binacional – Brasil partiu para o desafio de elaborar e implantar a geração de energia elétrica com biomassa residual em propriedades de agricultura familiar.

Significa dizer, reduzir o número de animais necessários para viabilizar a Geração Distribuída de energia, o que amplia essa opção para a agricultura familiar.

Diante do gargalo representado pela escala mínima de produção, a saída encontrada foi a de gerar biogás em conjuntos de empreendimentos rurais e, em seguida, transportá-lo através de um gasoduto para ser utilizado em uma microcentral de geração de energia. Em outras palavras, a saída para agricultura familiar acessar o ambiente de geração de energia com resíduos da agropecuária é o associativismo.

Na microbacia do rio Ajuricaba, situada no município de Marechal Cândido Rondon, Paraná, um levantamento realizado por Itaipu, Emater-PR, Prefeitura Municipal e universidade Unioeste – campus de Marechal Cândido Rondon, identificou um potencial local para a implantação de um projeto de agroenergia para agricultores familiares.

Aos produtores foi apresentado o projeto Condomínio Cooperativo de Agroenergia para Agricultura Familiar, a ser implantado na microbacia, onde eles possuem um plantel de 2.358 suínos, 913 bovinos de leite e 135.000 aves.

O potencial de geração de biomassa residual por essas criações, considerando as propriedades da vizinhança próxima, indicou fatores favoráveis para a implantação do projeto, o qual consiste em colocar biodigestores em cada uma das propriedades, para processar a biomassa residual nelas produzidas e, através de gasodutos, transportar o biogás para movimentar uma microcentral termelétrica a biogás, com um grupo motogerador de 40 kVA de potência.

De acordo com padrões do Programa Geração Distribuída, foi estabelecida pelas entidades parceiras no projeto a participação de 50 profissionais de várias instituições (Compagás, Onudi, Cercar, Itai, Fundação PTI, CIH, Unioeste, UFT-PR, Planotec, Iapar, Biogás Motores e o sr. Pedro Köhler), além dos técnicos das cinco instituições parceiras, para elaborarem e implantarem o projeto.

Tecnologia

Serão utilizados dois modelos de biodigestores: o modelo canadense e o vertical, em fibra de vidro (modelo Pedro Köhler), ambos de fluxo contínuo.

O biodigestor modelo canadense, mais adequado para suinocultura, é do tipo horizontal, constituído por uma caixa de carga em alvenaria, cuja largura é maior que a profundidade, possuindo uma área maior de exposição ao sol, o que aumenta a produção de biogás e evita entupimentos. O maior empecilho deste equipamento é o alto custo da cúpula.

O biodigestor modelo vertical, em fibra de vidro, foi desenvolvido pelo técnico e produtor rural Pedro Köhler, e é voltado para as pequenas propriedades rurais, sendo mais adequado para bovinocultura. É um modelo de peça única, construído em fibra de vidro, que tem 50% da sua estrutura enterrada no solo, para ocupar menos espaço. Esse modelo tem o custo mais barato em relação aos outros modelos, além de maior durabilidade.

Considerando-se todos os biodigestores a serem instalados nas propriedades do condomínio, chega-se a uma capacidade volumétrica de 1.200 m³.

Os projetos e equipamentos utilizados serão fornecidos pela Planotec – biodigestores modelo canadense; Pedro Köhler – biodigestores modelo vertical em fibra de vidro; e Biogás Motores – motores a biogás.

Pretende-se produzir energia elétrica oito horas por dia, e estima-se uma produção anual de 9.304 toneladas por ano de biofertilizante, que poderá render uma economia de R\$ 69.343 anuais.

Quanto à utilização desse biofertilizante, há estudos em andamento para mensurar seu uso na microbacia. Acredita-se que o que não for empregado pelo produtor na sua propriedade deverá ser vendido na própria bacia do Ajuricaba a produtores que não possuem animais.

Investimento

A estimativa de investimento inicial para implantação do Condomínio é de R\$ 850.357,00. Esses recursos serão inteiramente disponibilizados pela Itaipu Binacional, e o projeto deverá ser implantado até setembro de 2009.

O município de Marechal Cândido Rondon (PR) fornecerá maquinários para as obras de implantação do condomínio, e os produtores rurais fornecerão mão de obra para a readequação das instalações e a mitigação dos passivos ambientais nas propriedades.

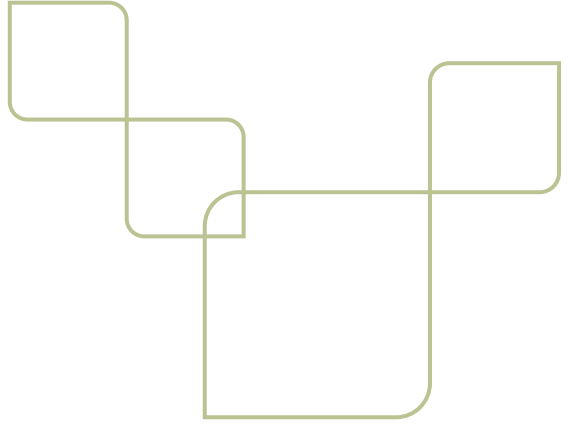
Para o desenvolvimento técnico e organizacional do projeto, foram criados dez grupos de trabalho, como forma de resolver questões específicas no sentido de viabilizar sua implantação. Esses grupos de trabalho envolvem profissionais especialistas de várias áreas de estudo, originários das instituições citadas anteriormente.

A previsão de receita com Créditos de Carbono é de aproximadamente R\$ 73.000,00/ano.

V - Contatos

Para mais informações sobre essas unidades de geração distribuída de energia elétrica, contate o superintendente da Coordenadoria de Energias Renováveis da Itaipu Binacional, Dr. Cícero Bley Jr. (cbley@itaipu.gov.br), ou o diretor de Engenharia da Copel, Dr. Luiz Antonio Rossafa, Rua Coronel Dulcídio, 800 – Batel – CEP 80420-170 – Curitiba – PR – (41) 3322-3535.

Os seis *protótipos* aqui descritos podem ser visitados de forma programada, com agendamento prévio.



ANEXO 2

Extrato¹ do estudo de caso: Granja Colombari

Autoria: Plataforma Itaipu de Energias Renováveis, 2008

1. Unidade de demonstração e modelagem

A primeira unidade de demonstração e modelagem da metodologia Geração Distribuída no âmbito da Plataforma Itaipu de Energias Renováveis foi instalada na Granja Colombari, em São Miguel do Guaçu/PR.

Visando à obtenção de Créditos por Redução de Emissões de gases do efeito estufa, previstos no Mecanismo de Desenvolvimento Limpo do Protocolo de Kioto, nessa granja os dejetos da criação de um rebanho de 3 mil suínos em terminação são tratados em um biodigestor, com a produção de gás metano e de biofertilizante. Os animais em granjas de terminação entram com 25 quilos e saem com 120 quilos; a vazão média de dejetos é de 12 litros por animal/dia, constituindo uma vazão de entrada no biodigestor de 36 metros cúbicos/dia).

Por iniciativa do proprietário José Carlos Colombari, do total do biogás produzido, parte estava sendo queimada em *flare* e parte já estava abastecendo um conjunto motogerador, e este gerando energia elétrica para o autoabastecimento da granja, sem contudo poder gerar em paralelo à rede de transmissão.

Nessa unidade, portanto já em operação, foi elaborado um projeto elétrico para permitir a ligação em paralelo com os seguintes objetivos:

- permitir conectar microgeradores em qualquer ponto da rede de distribuição sem provocar violação dos requisitos de segurança da rede, no caso administrada pela Companhia Paranaense de Energia (Copel);
- eliminar riscos de avaria dos equipamentos dos proprietários rurais;
- não alteração das características e ajustes do sistema de distribuição da Copel;
- sistema de proteção do gerador adequado para

“enxergar” também condições anormais (faltas) de operação da rede de distribuição.

Segue a descrição do projeto realizado por técnicos ligados ao Instituto de Tecnologia Aplicada e Inovação, Fundação Parque Tecnológico de Itaipu.

1.1. Situação encontrada

No momento da elaboração do projeto de geração energética da Granja Colombari estava instalado, por iniciativa do proprietário, um grupo motogerador de fabricação GET, tendo como fonte primária o gás produzido em um biodigestor alimentado pelos dejetos do plantel de suínos.

O gerador estava fornecendo energia elétrica para várias aplicações como motobomba de distribuição de dejetos, fábrica de ração e residências localizadas na propriedade. O conjunto estava abrigado em uma edícula em que também estava instalado um painel com uma chave de transferência manual de energia, com duas posições (Copel-Gerador) e instrumentos elétricos, para o controle e supervisão do sistema.

1.2. Obras civis

Houve a ampliação da edícula (casa de máquinas) para alojar um novo painel de comando e para permitir melhor organização do interior, garantindo segurança das operações de manejo e das instalações. Para melhorar as condições de segurança física foram instaladas grades nas aberturas para ventilação do motor. A porta de entrada passou a contar com dispositivo de fechadura, operando para assegurar a interdição de acesso ao interior da casa de máquinas.

¹ Este extrato foi realizado pelo editor, Maurício Galinkin/TechnoPolitik.

1.3. Instalação elétrica

A instalação elétrica consistiu nos seguintes serviços:

Força e comando

Foi construída uma base de concreto de 40 cm para instalar o painel de comando Woodward. As interligações do painel referentes à entrada da Copel, fonte Gerador e alimentação da Carga foram realizadas com cabos de cobre, com isolamento 1,0 Kv e bitola de 35 mm², protegidos por eletroduto de PVC, bitola de 75 mm (2 1/2").

O cabeamento de controle foi fornecido pelo fabricante do motogerador (GET). Os técnicos do fornecedor foram responsáveis pela instalação dos chicotes e suas conexões com os controladores e sensores, juntamente com os do fabricante do painel de comando.

Foi retirada do painel a chave de transferência, após a mudança do cabeamento de força e comando existente para o novo painel da Woodward.

Iluminação e tomadas

Foi instalado um novo quadro de distribuição de luz, QDG, de sobrepôr, na casa de máquinas do grupo motogerador, sendo alimentado pelas barras de carga do Painel da Woodward por cabos de cobre, isolamento de 1 kV e bitola de 10 mm² para fases e 10 mm² para o neutro. O neutro foi conectado à barra de aterramento do painel instalado. Esses cabos são protegidos por eletroduto de aço galvanizado, bitola de 25 mm (1").

A iluminação interna do grupo motogerador utiliza lâmpadas fluorescentes compactas, integradas, de 20 W, 127 V, comandadas por interruptor localizado próximo à porta.

As tomadas são do tipo 2P+T. O cabeamento para a instalação da iluminação e tomadas é de cobre, isolamento 750 V e bitola de 2,5 mm². Os cabos são protegidos por eletroduto aparente de aço galvanizado, bitola de 3/4".

Aterramento

O aterramento é feito por cabo de cobre nu, bitola 10 mm² e haste de aterramento tipo Copperweld, diâmetro 5/8", comprimento 3 m. A conexão de cabos à haste é feita através de grampo de aterramento em liga de cobre, diâmetro 5/8".

2. Comissionamento

Em 10 de janeiro de 2008, uma importante fase do projeto foi vencida com o comissionamento (aceitação) da energia excedente pela Copel. Isso significou que a Granja Colombari passou a contar com a possibilidade de atuar como unidade geradora. Com base na conclusão dessas etapas, a Copel pretende implantar um programa estadual de Geração Distribuída.

2.1. Resultados obtidos na unidade de demonstração

2.1.1. Resultados da operação

Registros da operação realizados nos primeiros sete dias (168 horas) mostram os seguintes resultados:

Tabela 1-A
Registros da operação realizados nos primeiros 7 dias (168 horas)

CONDIÇÕES GERAIS				
TEMPERATURA °C (MÉDIA)		PRESSÃO (MÉDIA)		
INICIAL	FINAL	ANTERIOR	INICIAL	FINAL
36,86	45,57	8,85	10,23	5,10
HORAS TRABALHADAS				
PARADO DIURNO		PLENO		
20,05		64,2		

Tabela 2-A
Resumo dos registros em 24 e 168 horas

RESUMO EM 24 HORAS			
DESCRIÇÃO	VALORES	UNID	%
Quantidade de suínos	3036	UND	
Média dia de biogás gerado por suíno 24h	0,16	m ³	
Energia gerada por suíno 168h	0,125	kWh	
Número de suínos/dia necessários para suprir demanda 168h	3036	UND	
Déficit ou sobra de demanda de suínos 168h	0,125	UND	0,0041

RESUMO EM 168 HORAS			
DESCRIÇÃO	VALORES	UNID	%
Potência Grupo Gerador	50	kVA	
Potência média gerada com biogás disponível	25	kVA	50
Energia fornecida à Copel (Reversa)	380	kWh	
Consumo médio de biogás por hora pelo Grupo Gerador	25,56	m ³	0,75
Consumo de biogás projetado para 168 horas	4.294,57	m ³	
Total de biogás produzido em 168 horas	3.395,70	m ³	79,07
Déficit de demanda de biogás	898,87	m ³	- 26,47
Déficit médio de demanda de biogás dia	128,41	m ³	0,03
Queima de biogás noturno + perdas não programadas	1.754,56	m ³	51,67
Aproveitamento de biogás cogeração	1.641,14	m ³	48,33

2.2. Teste de comissionamento

2.2.1. Planejamento do teste

O trabalho teve início em 09/04/2007, conforme planejamento definido em reunião conjunta das Diretorias da Copel e da Itaipu Binacional, sendo este estruturado em quatro grupos de critérios-diagnósticos de interesse para o comissionamento da Geração Distribuída na Granja Colombari:

A. Requisitos de proteção da instalação

- Avaliação das instalações existentes.
- Obtenção de ensaios e características do desempenho do gerador.
- Obtenção das características e parâmetros elétricos dos equipamentos.
- Realização de ensaios de laboratórios dos relés.
- Definição dos requisitos de proteção iniciais.
- Elaboração de estudos de transitórios eletromagnéticos.
- Ensaios de laboratório com a proteção

proposta com base nos estudos realizados.

- Definição dos ajustes das proteções.
- Análise de coordenação dos tempos de atuação das proteções com os dos religadores da Copel.
- Ensaios de campo para avaliação do desempenho.
- Operação em caráter experimental.

B. Adequação das instalações elétricas de suprimento e próprias do consumidor

- Definição de responsabilidades pelas adequações necessárias.
- Verificação completa da adequação das instalações da rede da Copel.
- Instalação de medidor 4 quadrantes.
- Definição da necessidade de supervisão e controle.
- Definição das necessidades de comunicação.
- Elaboração do projeto e ART com base na proposta da Copel.
- Implementação do projeto.
- Comissionamento.

C. Regulatório-tarifário

- Definição de requisitos para simplificação e barateamento de processos e de exigências legais que contribuam para viabilizar o programa de GD.
- Elaboração de matriz contendo os fatores regulatórios limitantes e as propostas da Copel para solução das limitações.
- Definição de tarifa de compra da energia pela Copel.
- Definição da minuta de contrato para assinatura pela Copel e proprietário rural para viabilizar a operação experimental.
- Aspectos legais e tributários da compra de energia pela Copel.

D. Viabilidade econômica

Análise da viabilidade do programa de GD através da avaliação individualizada para quatro projetos: dois de 50 kVA (com e sem a venda de excedentes de energia para a Copel) e dois de 100 kVA (também com e sem a venda de excedentes de energia para a Copel).

2.2.2. Resultados do teste

A Copel elaborou uma proposta técnica para o painel de comando e proteção de rede e obteve, em parceria com a empresa Woodward, um painel semipronto que daria atendimento a quase totalidade dos requisitos técnicos. Além disso, concluiu-se que a utilização desse painel simplificaria sobremaneira o trabalho, por ter a empresa apresentado uma solução quase pronta.

O principal critério técnico proposto pela Copel foi de incluir no painel Woodward um relé de salto vetor. Esse relé até existia no painel GCP-22 originalmente estudado, mas seu sinal não dava comando (abertura ou fechamento) e tão somente sinalizava, o que não se mostrava suficiente aos propósitos desse projeto.

Ao mesmo tempo, a Copel formalizou um Grupo de Trabalho Interno, através da Circular-040/2007, em 22/08/2007, cujo principal objetivo seria o de avaliar um painel Woodward modificado para testes

de laboratório e análise do comportamento de suas proteções frente às diversas condições anormais de operação do sistema elétrico, obtidas de estudos de transitórios eletromagnéticos elaborados pela Copel.

Além disso, foi solicitado ao grupo também o teste de um relé de salto vetor e, se aprovado, deveria ser instalado definitivamente naquele painel. Por ser um projeto em que as instituições, sejam públicas Copel e Itaipu, sejam privadas, Woodward, não tinham orçamento específico para o desenvolvimento do projeto e atuavam nele movidos única e exclusivamente pelo compromisso de desenvolver o produto final que levaria à homologação da Geração Distribuída, vários obstáculos tiveram que ser superados, fazendo com que o produto final projetado se viabilizasse somente depois de dois meses.

O painel e o relé foram ensaiados em laboratório de proteção da Copel e o resultado mostrou-se adequado, ou seja, tudo indicava que, para as condições existentes em São Miguel do Iguçu, a solução técnica proposta seria adequada, apesar de tecnicamente o painel não apresentar a discretização das atuações das proteções anteriormente mencionadas.

Na primeira tentativa, em 14/12/2007, o cronograma estabelecido não foi cumprido por várias razões, e os ensaios de campo não puderam ser realizados, constituindo-se em momento de grande tensão no âmbito do grupo. A desmobilização da força-tarefa atingiu fortemente a Copel, que havia se preparado adequadamente para a realização de tais ensaios.

Em meio à frustração, foi agendada uma nova data para realização desses ensaios: 10/01/2008. Nessa data todas as operações estavam asseguradas, o sistema estava adequadamente preparado e os ensaios foram realizados. Apesar de começando com atraso de cerca de três horas, devido a dificuldades enfrentadas e superadas, os resultados foram todos muito satisfatórios. Naturalmente não se pode esperar que os estudos coincidam exatamente com os ensaios, mas os resultados tiveram pleno êxito, conforme era a expectativa.

O Sr. Colombari, proprietário da Granja, é o operador da instalação e foi designado um técnico electricista da própria região como encarregado da manutenção da unidade. A eles foi ministrado treinamento, bem como foi produzido um Manual de Operação e Manutenção, cujo objetivo é oferecer o suporte técnico básico necessário para operar uma Microcentral Termelétrica a Biogás, conforme os objetivos do programa.

Do Relatório de Análise da Operação Experimental da Geração Distribuída instalada na Granja Colombari tem-se:

2.2.3. Conclusões do teste

- Foi constatada desconexão do gerador em todas as ocorrências de abertura dos religadores registrados entre os dias 15/01/2008 e 15/03/2008.

O PROGRAMA É TECNICAMENTE VIÁVEL. Essa é a conclusão mais importante para o projeto, pois permite atingir as metas de segurança que sempre se buscou.

Todas as demais questões técnicas levantadas como problemas neste relatório objetivam, a partir daí, uma otimização do desempenho do gerador e suas proteções, que se deseja seja alcançada.

- A sinalização do relé 78 não foi registrada em 100% das aberturas do religador. Assim, não se pode dizer que esse relé seja totalmente confiável. É recomendável que seja testado um outro relé 78 de fabricante diferente e, se possível, com algoritmo diferente. Não se pode eliminar a possibilidade de que não tenha ocorrido falha de registro (no osciloperturbógrafo) dos contatos do relé 78.

- Observa-se que o relé 78 atua para alguns tipos de defeitos e para outros defeitos do mesmo tipo; algumas vezes não há a sinalização de sua atuação, porém há a abertura do KG, ou

seja, a saída do gerador do paralelo. Pode ser, novamente, uma falha no registro ou uma não atuação do relé 78. Como não temos a atuação das outras proteções registradas, não há como saber o que provocou a abertura do KG.

- Há, pelo menos, três ocorrências indicando uma energização de religadores com o gerador em operação. Entretanto, constatou-se que houve problema com o *no-break*, pelo menos no período de 16/01/2008 a 21/02/2008. A falha de *no-break* pode ter sido a causa desses registros gravados indevidamente. Outros dois aspectos que comprovam não ter havido esse tipo de energização são que o mesmo está isento de oscilação, o que seria improvável em caso de energização indevida, e após a substituição da bateria não foram detectadas outras ocorrências dessa natureza.

- Muito embora os registros tenham-se iniciado, oficialmente, no dia 11/01/2008, nesse dia foram feitas diversas aberturas e fechamentos do *quick-lag* geral instalado no lado da Copel. Desses testes, conclui-se (baseado no registro do dia 11/01/2008, às 17:05:02:460h):

o desempenho do regulador de velocidade está adequado para uma rejeição de carga parcial;

o desempenho do regulador de tensão também está adequado para uma rejeição de carga parcial;

com esse registro, ficou também comprovado que a elevada componente de terceira harmônica é manifestada pelo aterramento sólido do neutro do gerador e do neutro do lado de 220 V transformador elevador. Após o desligamento desse *quick-lag* e antes da abertura do contactor KG, a corrente de carga local fica sem o componente de terceira harmônica (devido à abertura do caminho de baixa impedância pelo neutro aterrado do transformador).

2.2.4. Recomendações do teste

Quanto ao problema de circulação de corrente de terceira harmônica, recomenda-se avaliar,

através de testes de campo, duas alternativas de configuração:

(a) Aterramento do neutro do gerador intertravado com o KC, ou seja, quando o gerador estiver em operação paralela com a Copel, seu neutro deverá ficar desaterrado; quando a conexão com a Copel estiver aberta, o neutro deverá ser solidamente aterrado. Esse intertravamento deve ser restrito apenas para atuação manual no KC. Assim, como o KC possui *drop-out* por tensão, recomenda-se avaliar a viabilidade de sua substituição por um disjuntor sem *drop-out* de tensão.

(b) Caso alternativa (a) resulte em componentes de terceira harmônica inaceitável na onda de tensão, deverá ser avaliada a inclusão de um reator com possibilidade de *bypass* do mesmo através de uma chave em paralelo intertravado com o KC. Entretanto, para esse teste haverá necessidade de providenciar uma caixa de testes com resistores de resistência variável (apenas para se ter ideia do valor ôhmico), após o que se pode substituir por um reator.

A solução a ser implementada não poderá resultar na necessidade de instalação de um sistema de serviços auxiliares em corrente contínua.

Recomenda-se ainda que ocorra alteração do painel que está na Granja Colombari ou que o mesmo seja substituído por outro com as seguintes proteções:

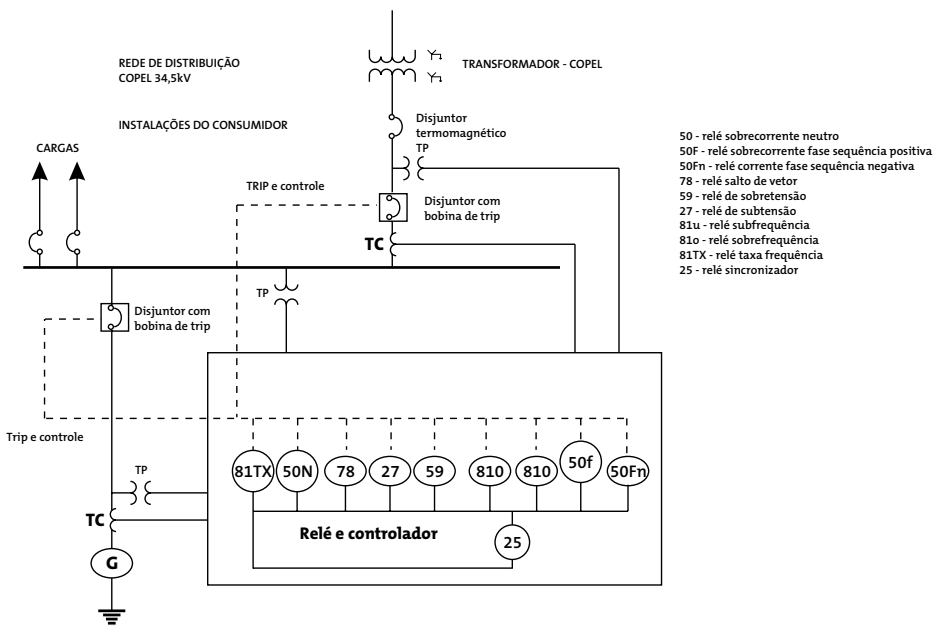
- Sobretensão (59), subtensão (27), taxa de variação da frequência (81 taxa), sobrefrequência (81 sobre), subfrequência (81 sub), sobrecorrente de sequência positiva (51 I1), sobrecorrente de sequência negativa (51 I2), sobrecorrente de neutro (51 In – através do cálculo interno) e salto vetor (78).

A maior parte dessas proteções já existe no painel GCP-22, porém, com as seguintes limitações: o relé salto vetor próprio do painel hoje apenas sinaliza, não há sobrecorrente de sequência negativa e não há relé de sobrecorrente de neutro.

Além disso, há necessidade de que TODAS as atuações dessas proteções sejam externamente discretizadas, para que possam enviar sinal para supervisão pelo oscilógrafo.

A concentração do sinal de “trip” para todos os relés pode continuar a ser feita internamente ao painel GCP-22. Quanto ao controlador/sincronizador existente, o mesmo está bem adequado. O diagrama contendo tais requisitos está contido na figura a seguir:

Figura 1.A
Requisitos ao controlador/sincronizador



2.3. Continuidade do trabalho

Desde 10 de janeiro, a Copel liberou a operação em caráter experimental e assim permaneceu até 15/03/2008, quando foi feito novo estudo da unidade já em operação.

O desempenho pode ser considerado satisfatório, viabilizando tecnicamente a Geração Distribuída como metodologia para geração em microescala. Não obstante, há uma série de questões técnicas ainda a serem resolvidas, tendo melhores explicações ou otimizações.

A instalação da Granja Colombari permanece em operação experimental, porém sem supervisão oscilográfica em função de que tal equipamento já foi retirado. A energia injetada pelas instalações na rede da Copel ainda não tinha condição de ser comercializada com a Copel por falta de regulamentação adequada, uma limitação a ser vencida para viabilizar a modalidade no país (nota do editor: isso ocorreu até o edital de compra e a contratação da Colombari como fornecedora de energia elétrica pela Copel, em março de 2009).

Como já foi anteriormente dito, a definição dos requisitos de proteção do gerador sofreu um processo de evolução durante esse tempo, sendo a questão novamente discutida após a realização dos ensaios de campo.

▪ **Viabilidade técnica:** concluiu-se assim um projeto de painel, utilizando os dispositivos de comando e controle do painel GCP-22, porém com as seguintes proteções adicionais: subfrequência, sobrefrequência, taxa de variação da frequência, sobrecorrente, subtensão, sobretensão e salto de vetor.

▪ **Viabilidade econômica:** não foi possível ainda elaborar análise de viabilidade por não haver proposta de tarifa de compra de energia definida ou a ser definida pela Copel e porque faltam requisitos técnicos legais que podem ser muito caros para tal porte de instalação. A análise da viabilidade econômica do Projeto Granja Colombari é essencial para que se obtenham as condições para implantação da Geração Distribuída.

▪ **Providências adicionais:** em 04/03/2008 a Copel agendou uma reunião com a Aneel em que foram apresentadas as motivações e as bases técnicas do Programa de Geração Distribuída do Paraná, bem como os pontos que dificultavam a implementação do Programa e as sugestões para a eliminação dos óbices que ainda impedem a sua evolução plena. A receptividade demonstrada pela Aneel foi muito boa. A Agência solicitou à Copel a apresentação de um processo detalhando tudo o que foi apresentado na reunião para que pudesse avaliar internamente e emitir um parecer e trabalhar no sentido de viabilizar a implementação de tal programa.

Em 07/04/2008, a Copel enviou o processo completo à Aneel historiando o programa, explicitando os fatores motivadores, tecendo alguns comentários técnicos e dando suas sugestões de melhoria para viabilização de tal programa, bem como solicitou que o programa fosse estendido a toda a sua área de concessão.

3. Conclusões e perspectivas

Os testes conduzidos na Granja Colombari permitiram concluir que:

- o aproveitamento da biomassa residual para geração de energia com saneamento ambiental é tecnicamente viável e economicamente desejável;
- a possibilidade de gerar essa energia em paralelo à rede oficial, Geração Distribuída, é tecnicamente viável e segura, se adotados equipamentos de proteção no painel de comando das unidades geradoras;
- apesar de haver marco regulatório sobre Geração Distribuída desde o Decreto 5163/04, há necessidade de se aperfeiçoar normas reguladoras e tarifárias da modalidade, o que foi facilitado pelas atividades validadas;

Como tecnologia de saneamento ambiental, o processo de tratamento da *biomassa residual*

em biodigestores é aparentemente caro em relação ao poder aquisitivo da maioria dos produtores que necessitam servir-se deles. Porém, como é possível ter subprodutos desse processo, como o biofertilizante e o biogás com conversão em energia elétrica, o produtor passa a ter uma perspectiva econômica com esse processo.

O estudo também foi uma oportunidade para confirmar o enorme potencial das propriedades rurais para a geração energética e, por consequência, o potencial nacional para o desenvolvimento da agroenergia, para a qual a Geração Distribuída conduz a viabilidade.

Como perspectiva e consequência do potencial das energias renováveis para proporcionar autonomia energética, projeta-se que, no futuro, o produtor rural poderá utilizar-se dessa energia para carregar baterias e embarcá-las em veículos elétricos, voltados para as necessidades da propriedade ou para o transporte de safras, sejam agrícolas, sejam na intensa movimentação de animais que ocorre nas mais diversas fases.

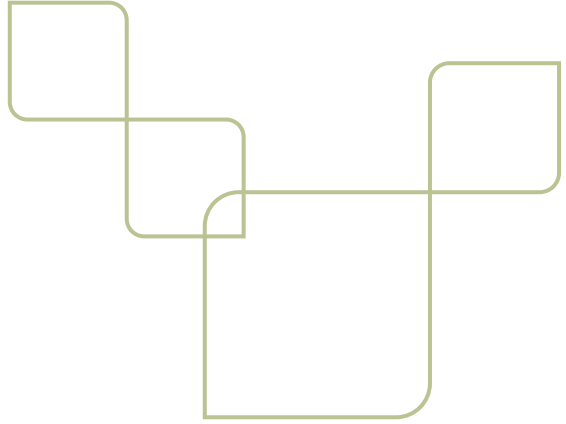
Significa dizer que, ao mesmo tempo em que o produtor aproveitaria a *biomassa residual*, reduzindo a produção de metano, reduziria também as emissões de gás carbônico resultante do transporte da safra, além de diminuir os gastos com combustíveis, dada a elevada participação do diesel na planilha de custos da atividade agropecuária.

Se tomadas as cadeias da produção como um todo, são milhares de viagens de caminhões movidos a diesel todos os dias. Isso tudo pode ser feito com eletricidade embarcada, acumulada em baterias automotivas.

Essa nova visão proporcionada pela agroenergia começa a dar um novo sentido para a energia autônoma do biogás. Na Europa e na América do Norte, já há tecnologia para veículos de grande porte para esse tipo de transporte.

Referências bibliográficas

- CHIARELLO, M. D. ; ROCHA, I. (2001). O papel prospectivo das plataformas tecnológicas. *Parcerias Estratégicas, Brasil*, v. 11.
- CODECEIRA N., Alcides. (2006). Células a combustível: uma alternativa para geração de energia e sua inserção no mercado brasileiro, Cepel.
- DELGADO C., et all. (1999). *A Revolução da Proteína*, IFPRI, Washington, EUA.
- LUCAS JR. E SILVA. (2005). *Biogás - Produção e utilização*, Rio Claro: Unesp.
- EUROPEAN RENEWABLE ENERGY COUNCIL AND GREENPEACE (2007). *Energy (R) Evolution*.
- RENEWABLE ENERGY POLICY NETWORK (2007). *Renewables 2007 Global Status Report*.
- YIN, Robert K. (2003). *Case Study Research: design and methods*, Sage Publications.
- INSTITUTO NACIONAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA, página da instituição: www.inee.org.br.



ANEXO 3

Encaminhamentos Futuros – Nota Conceitual

Manejo integrado da propriedade para produção de energia e alimento, mitigação de impactos ambientais e possibilidades de uma nova economia rural sustentável.

Autores: C. Bley Jr. e G. Roloff (CER-GB, Itaipu Binacional)

1. Resumo do projeto

A sustentabilidade é uma utopia distante do atual modelo de produção rural no Brasil, estruturado com base na especialização das várias atividades possíveis de ocorrer em uma mesma propriedade rural. A inclusão da dimensão da agroenergia nesse contexto desintegrado das especializações pode servir como elemento de ligação entre as atividades, proporcionando uma nova economia rural, seja em propriedades rurais unitárias, seja em grupos de propriedades, por exemplo, em uma bacia hidrográfica.

A agroenergia pode levar ao aumento e à estabilidade da economia rural, aproximando-a da sustentabilidade ao adicionar novas fontes de renda diretas, como a da energia elétrica produzida com recursos do próprio meio, como resíduos e efluentes orgânicos convertidos em biogás e deste à energia elétrica vendida à rede ou consumida internamente, a da energia térmica cogenerada nos mesmos motores geradores de eletricidade e a do biogás veicular que pode ser usado para acionar tratores, caminhões e veículos leves.

Também fazem parte desse rol de receitas diretas possíveis os biofertilizantes gerados no mesmo processo sanitário do biogás acima enunciado e o uso possível de culturas e/ou restos destas para fins energéticos diretos. Como receitas indiretas, o mundo através do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas – IPCC da ONU oferece modernamente acesso aos mecanismos de créditos de carbono. Entre esses, o MDL¹, que permite converter em Certificados de Redução de Emissões – CERS

comercializáveis no mercado internacional, o volume de biogás gerado e consumido para geração de energia, sendo possível obter daí CERS relativos à redução de emissões de gases do efeito estufa, no caso pela queima do metano 21 vezes mais poluente do que o gás carbônico, além desses CERS por uso de fontes renováveis para geração de energia elétrica e ainda CERS por substituição de combustíveis fósseis no caso do uso do biogás veicular.

Interessante ainda que, para obter esses subprodutos materiais e suas rendas, é necessário submeter resíduos e efluentes a processos de tratamento sanitário por biodigestão anaeróbica, que reduz a carga orgânica desses materiais, resultando na mitigação da poluição da água e do ar, que também podem gerar receitas adicionais por pagamento de serviços ambientais. Esse novo conceito conduz à gestão integrada da propriedade rural, com inclusão de novas rendas, o que pode determinar uma nova configuração da economia rural aproximando-a da sustentabilidade. Evidentemente esse conceito requer a validação de algumas metodologias até então inéditas, ou em início de reconhecimento legal, como a Geração Distribuída de energia elétrica, assim como a validação do próprio conceito em si.

Na Bacia do Paraná 3 (BP3), no oeste do Estado do Paraná, a Itaipu Binacional tem liderado iniciativas para o desenvolvimento regional sustentável através de Programas como o Cultivando Água Boa e, mais recentemente, o Plataforma Itaipu de Energias Renováveis através de sua CER². Trata-se de uma região ideal para as validações propostas

¹ MDL – Mecanismo de Desenvolvimento Limpo.

² CER – Coordenadoria de Energias Renováveis.

porque o seu arranjo produtivo e ambiente são representativos da região sul do Brasil e replicáveis sob condições específicas locais.

2. Antecedentes e racionalização

A propriedade rural brasileira é caracterizada por ser fracionada em especialidades, dificilmente integradas e por consequência apresentando saldo energético negativo, tanto pela intensidade de energia externa que demanda para executar vários tipos de trabalho, quanto pelo desperdício das fontes de energia renováveis amplamente disponíveis nessas propriedades. Entre as fontes não utilizadas estão os efluentes, dejetos animais e de processos agroindustriais e os resíduos sólidos orgânicos, animais e agrícolas, que então se transformam em agentes de poluição ambiental. Nesse quadro de desperdícios, a renda dos produtores é ciclicamente depressionada, uma característica que contribui para o enfraquecimento e a dificuldade na adoção de Melhores Práticas de Manejo – MPMs. Tudo isso deixa a sustentabilidade uma qualidade cada vez mais distante.

A produção de alimentos baseada na transformação de proteína vegetal em proteína animal (aves, suínos, leite) é o negócio central da agricultura brasileira. Contudo, é vulnerável a uma estrutura de preços permanentemente depressionada no sentido da ponta da produção e sujeita a flutuações sazonais nos contratos de venda. Esse empobrecimento da economia rural produtora de alimentos leva à falta de investimentos para evitar impactos ambientais severos através da produção de grãos sem o manejo do solo adequado, com o retorno a níveis perceptíveis da erosão, desflorestamento desregrado e excesso de uso de pesticidas e herbicidas. Similarmente, a produção de proteína animal é feita em espaços cada vez mais

confinados, concentrando efluentes e resíduos sólidos que produzem severa poluição da água (eutrofização) e do ar (emissões de CO₂ e CH₄).

Paradoxalmente, a digestão anaeróbica desses efluentes e resíduos pode reduzir o seu conteúdo orgânico, portanto, o seu potencial poluente, ao mesmo tempo em que gera biogás rico em metano, com um conteúdo energético razoável, de mais ou menos 23.000 kJ/m³ (5500 kCal/m³) e um biofertilizante valorizado. Esse biogás pode ser usado como combustível para geradores de eletricidade que podem cogerar calor. Quando purificado para enriquecer em metano e eliminar o gás sulfídrico, que é corrosivo; pode ser usado para veículos como tratores, caminhões e veículos leves preparados para GNV³, usando tecnologia amplamente disponível no Brasil. A eletricidade gerada pode ser alimentada na rede, seguindo os conceitos da geração distribuída e rede inteligente, atualmente sendo validadas pela Aneel⁴, a pedido da Itaipu Binacional e Copel⁵. A substituição de combustível fóssil e a produção de energia de fontes renováveis são elegíveis para créditos como MDL, de acordo com metodologias já estabelecidas pelo IPCC⁶. Esses créditos podem ser pleiteados por produtores individuais ou produtores organizados em cooperativas de agroenergia, como é o caso do Condomínio de Agroenergia da Microbacia Sanga Ajuricaba, no município de Marechal Cândido Rondon, Paraná. Contratos para a venda de eletricidade para a rede e para créditos de MDL são ambos de longo prazo (10 ou mais anos), com preços estáveis, assim abrindo uma nova fonte de renda estável para as regiões rurais.

A adição da agroenergia baseada no biogás como uma opção de produção adiciona valor à culturas que são necessárias para as rotações adequadas ao plantio direto, a MPM mais importante e mais utilizada no Brasil. Tais culturas devem ser utilizadas como cobertura e para a mitigação dos efeitos das culturas ou sucessões únicas, mas a maioria dos produtores não opta por elas devido a considerações de custeio.

3 GNV – Gás Natural Veicular.

4 Aneel – Agência Nacional de Energia Elétrica.

5 Copel – Companhia Paranaense de Energia Elétrica.

6 IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change.

Rotações adequadas visam manter a superfície coberta todo o tempo e aliviar os efeitos da compactação, plantas espontâneas, doenças e pragas. Essas rotações incluem culturas de cobertura como aveia preta, nabo forrageiro e outras gramíneas, entre as culturas de verão de soja e milho, as de maior expressão. Essas culturas de cobertura sem valor comercial podem ser transformadas em biomassa valiosa para a produção de biogás, se cortadas verdes e ensiladas antes de serem alimentadas em um digestor anaeróbico, onde vai aumentar a concentração de sólidos voláteis e assim a produção de biogás. A cobertura adequada do solo é mantida através do corte cuidadoso e o carbono é adicionado ao solo pela biomassa das raízes e pelo retorno à gleba do composto remanescente após o processo de biodigestão. O efluente resultante também volta à gleba como biofertilizante. Uma fonte adicional de silagem para os meses de verão podem ser áreas marginais plantadas com capineira de capim semi-perene e de crescimento rápido e abundante como o Napier, por exemplo. Não existe metodologia aprovada pelo IPCC para créditos como MDL do sequestro de carbono através do manejo do solo, mas já existe uma proposta para tal, o que sugere ser provável que uma metodologia aprovada exista em breve.

Agestão integrada da propriedade, englobando desde a produção de alimento e energia até o controle ambiental das emissões líquidas e gasosas, vai prover novas fontes de renda através da: (1) produção de gás para geração de eletricidade e mobilidade veicular; (2) acesso aos créditos de MDL respectivos; (3) aumento da produtividade através da melhora na fertilidade do solo com custos mínimos pelo uso de compostos e biofertilizantes; e (4) eventualmente recebendo créditos de MDL pelo carbono sequestrado no solo. Nosso argumento é de que isso pode ser o início de uma nova economia rural, claramente mais sustentável do que a atual.

Produção de alimentos

As culturas de verão mais comuns no sul do Brasil são a soja e o milho, com ambas ocorrendo em sequência nas partes mais

quentes dessa região. As áreas com grãos de inverno e culturas de cobertura são bem menores, com uma proporção considerável da área permanecendo em pousio no inverno. O plantio direto é o sistema de manejo de solo predominante e que historicamente reduziu as taxas de erosão e as emissões de CO₂. Mas existe uma tendência recente e preocupante da falta das rotações adequadas, alta dependência em agroquímicos para a supressão de plantas espontâneas, pragas e doenças, e a remoção ou falta de manutenção de sistemas de terraços. Isso tem reduzido a produtividade e aumentado o uso de agroquímicos e as taxas de erosão (apesar de ainda muito mais baixas que no plantio convencional). Apenas no Estado do Paraná, o consumo de agroquímicos dobrou no período entre 2004 e 2008. A fertilidade do solo também ficou altamente dependente de fertilizantes químicos, cujos altos preços em anos recentes tem restringido o seu uso adequado. Nesse ambiente, a renda de grãos apenas não é suficiente para uma qualidade de vida razoável para pequenos e médios produtores, e é altamente sazonal, frequentemente levando ao endividamento ou à venda da terra e à migração para um grande centro urbano.

Para superar a limitação de renda com grãos, um número significativo de pequenos e médios produtores tem se apoiado na produção de proteína animal como sua fonte de renda principal ou suplementar. Para aves e suínos, a maioria dos produtores participa de grandes integradoras verticalizadas devido à garantia da compra. Apesar disso produzir uma renda garantida, essa renda é mantida baixa porque os preços de ração e medicamentos por um lado, e de venda das aves e suínos, por outro, são controlados pelas integradoras. Produtores de leite normalmente não têm o mesmo grau de integração, mas estão presos a contratos de compra de longo prazo, com preços similarmente depressionados na extremidade do produtor. Com essa renda limitada, produtores ainda tem que tratar dos riscos ambientais do esterco concentrado, com o esterco suíno sendo o de maior dificuldade para dispor devido ao seu alto volume e concentração de nutrientes relativamente baixas.

A falta de integração com outras atividades produtivas da propriedade resulta nesse esterco ser tratado como dejetos ou rejeito e visto como um ônus, não como um recurso valorizado. Os efeitos ambientais negativos resultam das inúmeras lagoas de retenção emitindo metano, e o conteúdo dessas lagoas e as camas de aviários sendo distribuídas nas superfícies sem os cuidados técnicos apropriados. Os nutrientes desse esterco acabam nos rios, aumentando a eutrofização de suas águas.

A Bacia do Rio Paraná 3 (BP3), no oeste do Estado do Paraná, é representativa das partes mais quentes do Sudoeste do Brasil. Com uma predominância de pequenas propriedades (70% menores que 15 ha), a região se tornou importante polo de produção de proteínas animal. Na parte norte da bacia, onde essa produção está concentrada, a densidade populacional humana varia de 0,4 a 0,7/ha entre os municípios, enquanto a densidade do plantel suíno varia entre 0,8 a 2,2/ha, gado leiteiro de 0,1 a 0,4/ha e aves de 3,6 a 56/ha. Os totais da bacia são aproximadamente 690 mil habitantes, 1,1 milhão de suínos, 200 mil vacas leiteiras e 34 milhões de aves, em uma área total de cerca de 800.000 ha. Isso torna o manejo de dejetos uma atividade-chave que pode levar à mitigação significativa dos GEEs, assim como pode melhorar a qualidade da água em alguns dos rios principais que já estão mostrando sinais claros de eutrofização. Apesar de haver tecnologia e conhecimento locais para a biodigestão desses dejetos e o uso dos seus resíduos como biofertilizantes, a legislação atual somente prevê o armazenamento e a disposição apropriados desses dejetos. Assim, apenas poucos produtores que participam em projetos de MDL para captura de metano usam a biodigestão como parte de seu manejo de dejetos e o biofertilizante dentro do seu plano de manejo dos nutrientes. Para os demais, os dejetos são vistos apenas como um resíduo que necessita ser descartado de acordo com regras pouco fiscalizadas.

Biomassa para biogás

A digestão anaeróbica de dejetos animais é conhecida e usada no Brasil faz muito tempo. Algumas décadas atrás havia um número considerável de sistemas com o objetivo de substituir o petróleo em veículos, mas o interesse vagarosamente foi se dissipando e produtores pararam de construir novos sistemas e de manter os sistemas existentes. Recentemente, novos sistemas voltaram a ser construídos motivados principalmente por créditos como MDL para captura de metano, porém com passo vagaroso devido ao objetivo restrito.

Para auxiliar no contorno dessa barreira de adoção, a Itaipu Binacional está liderando um esforço cooperativo na sua região de atuação, a BP3, para promover biodigestores para a produção de biogás de dejetos de suínos e de vacas leiteiras, como uma maneira de financiar serviços ambientais e receber créditos como MDL. O biogás é usado para alimentar pequenas termelétricas que podem suprir a rede local e também podem cogerar calor para diversos usos. O biofertilizante resultante é adicionado ao solo como parte de um plano de manejo dos nutrientes, também contribuindo para a mitigação de GEE⁷. Pequenos produtores são habilitados a participarem nesse esquema relativamente complexo através de um condomínio de produção de energia entre vizinhos de uma pequena bacia hidrográfica, no qual biodigestores individuais alimentam a termelétrica através de um gasoduto. O condomínio tem o seu próprio técnico para auxiliar na operação e manutenção dos biodigestores, operar a termelétrica e direcionar o uso do biofertilizante.

Biodigestão na região é bem eficiente porque a temperatura média do ar durante o ano varia de 15 °C a 27 °C do mês mais frio ao mês mais quente. Assim, mesmo sem injeção de calor, é possível obter volumes de produção de gás razoáveis durante o ano todo.

7 GEE – Gases do Efeito Estufa.

O tipo de biodigestor mais comum é a lagoa anaeróbica coberta, um digestor horizontal de fluxo pistão, também conhecido como modelo canadense. Um novo tipo de digestor de fibra de vidro vertical está sendo desenvolvido com o auxílio da Itaipu Binacional. Tem boa eficiência, ocupa pouco espaço, tem conceito modular para facilitar a expansão, sendo assim ideal para pequenas propriedades. Ambos os tipos de digestores aceitam dejetos suínos e de bovinos de leite. O uso de cama de frango ou biomassa de culturas requer um sistema de biodigestão diferente. Necessita de um misturador para adicionar líquido à cama de frango ou à biomassa para diluir a concentração de massa seca para valores entre 13% e 8%. As fontes de líquido podem ser dejetos de suínos ou bovinos, ou efluentes de indústrias de transformação. Essa mistura de fontes de biomassa resulta em um meio com alta concentração de sólidos voláteis e, portanto, com alta capacidade de gerar biogás. O digestor precisa ser vertical, com mistura frequente, e necessita de um sistema na saída para separar o efluente em fases sólida e líquida.

Sendo assim, com adaptações do sistema de biodigestão, é possível adicionar outras fontes de biomassa disponíveis na região. Culturas de cobertura de inverno como aveia preta, triticale, ervilhaca e nabo forrageiro podem ser colhidas verdes, ensiladas e armazenadas em silos horizontais e depois diariamente misturadas com um dejetos líquido e adicionadas ao biodigestor. Similarmente, pequenas glebas de áreas marginais podem ser plantadas com capim napier, uma gramíneas de clima quente e crescimento rápido que pode prover biomassa durante os meses de verão, quando exaurir o suprimento de biomassa da safra de inverno. Uma terceira fonte de biomassa para o mesmo sistema de biodigestão é a cama de frango, a qual atualmente é apenas espalhada com biofertilizante, mas pode ser armazenada nos mesmos silos e similarmente adicionada ao digestor. Seu uso posterior como biofertilizante é afetado minimamente.

Se culturas de cobertura forem usadas como culturas energéticas, e assim comporem as receitas, elas serão usadas mais intensivamente. Se bem manejadas, isto é, a altura e momento de corte serem compatíveis com os outros objetivos da rotação, essas culturas energéticas aumentam a sustentabilidade do sistema de produção. Uma vez que existe flexibilidade quanto às espécies a serem usadas, as rotações podem ser adaptadas para atingir seus objetivos de produção de alimento e energia, ao mesmo tempo que aumentando a sustentabilidade do sistema. Esse conceito de rotação é similar à proposição de Amon et al. (2007)⁸, que objetiva otimizar a produção de metano a partir de rotações de cultura versáteis que integram a produção de alimentos, matérias-primas e energia. Nossa proposta, contudo, vai além ao integrar esse conceito de rotação com as demais atividades produtivas da propriedade.

Sequestro de carbono pelo solo

Existe bastante evidência que indica que a reversão do atual sistema de plantio direto para um de melhor qualidade irá aumentar a produtividade e sequestrar mais carbono (em torno de 1,8 t CO₂e/ha/ano), até atingir um novo equilíbrio em 20 a 30 anos, ao mesmo tempo em que melhora a qualidade da água que escorre da gleba. Mesmo assim, os pequenos e médios produtores da região (70% menores que 15 ha) não adotam as MPMs para plantio direto porque: (1) existe falta de assistência técnica para o planejamento a longo prazo; (2) culturas de cobertura são vistas apenas como despesa; (3) sementes para culturas de cobertura são de alto custo e pouca disponibilidade; e (4) o proprietário frequentemente arrenda a sua terra em contratos de curto prazo nos quais o arrendatário não tem interesse na melhoria do sistema a longo prazo. Os esforços regionais para suplantarem essas limitações não têm sucesso devido à falta de planejamento e coordenação cooperativa e pela não adoção de estratégias integradas.

8 T. Amon et al. / *Bioresource Technology* 98 (2007) 3204–3212.

Ao se integrar as atividades de produção de grãos e proteína animal no nível da propriedade, existe a adição de valor às culturas de cobertura como outra fonte de biomassa, o que facilitará a sua disseminação e adoção. Isso, e o aumento da produtividade facilitado pela adição do biofertilizante e do composto resultantes da biodigestão, deve aumentar o sumidouro de carbono no solo. Não existe ainda metodologia aprovada pelo IPCC para estimar e monitorar o sumidouro de carbono no solo, mas existem iniciativas para o estabelecimento de uma. Assim, é provável que haverá uma no futuro próximo que poderá ser usada para estimar a mitigação dos GEEs através do manejo do solo, no escopo desse novo arranjo agrícola.

Organização espacial e monitoramento

O manejo integrado da propriedade para a produção sustentável de alimento e energia requer que o produtor gerencie diferentes atividades espacialmente distribuídas na paisagem da propriedade e o forte envolvimento de um técnico treinado. Esse técnico, por sua vez, precisa gerenciar atividades diversas distribuídas em escala de propriedade e bacia hidrográfica. Enquanto as atividades isoladamente não são necessariamente complexas, a sua integração é. Além disso, a decisão correta e no tempo certo é chave para uma integração bem sucedida, a qual é bastante sensível às características individuais das propriedades. Para isso acontecer, é preciso haver um sistema acessível pela web a todos os envolvidos e que colete, armazene e analise dados alfanuméricos e geográficos. Deve também ter módulos para: (1) facilitar o processo de tomada de decisão, (2) contabilizar todos os possíveis créditos como MDL através de metodologias aprovadas, e (3) monitorar os possíveis contratos de MDL. Tal sistema deve ser baseado no conceito do Cadastro Técnico Multifinalitário, para o qual já existem sistemas sendo desenvolvidos pelo Centro

Internacional de Hidroinformática (CIH)⁹, patrocinado pela CER da Itaipu Binacional, e que pode ser personalizado para esse fim.

Viabilidade econômica

Tecnicamente, a integração da produção de alimentos e energia em um arranjo sustentável na propriedade como unidade utiliza tecnologias existentes, e o desafio técnico é como implementar essa integração. Por outro lado, a determinação da viabilidade econômica é mais complexa porque requer não somente um balanço contábil das receitas, despesas e investimentos, mas também o estabelecimento de diferentes cenários futuros e a valoração das externalidades relacionadas à outros serviços ambientais prestados. Sendo assim, esse estudo deve preceder a implementação técnica para servir como guia para as especificações da implementação, e deve acompanhá-la para permitir eventuais correções de rumo em tempo hábil.

A FAO é amplamente qualificada para liderar esse estudo devido à sua experiência mundial em assuntos de desenvolvimento rural sustentável e, mais recentemente, em bioenergia. Além disso, tem uma exemplar atitude proativa na promoção desse desenvolvimento sustentável das sociedades rurais.

9 CIH é um Centro de Água Categoria 2 da Unesco.

3. Resultados esperados do projeto em parceria

Esse projeto propõe testar a viabilidade da integração da produção de alimentos e energia no nível da fazenda para um incremento da sustentabilidade, bem como o desenvolvimento e validação da metodologia necessária para a promoção dessa integração. Para o produtor, esse conceito permite acesso a fontes adicionais de renda estável e distribuída no tempo, sem afetar outras fontes, simultaneamente promovendo efeitos positivos nos aspectos ambientais, sociais e econômicos da sustentabilidade. Esse teste será desenvolvido em propriedades de um condomínio de agroenergia, sendo implementado na BP3 através da CER. O teste requer: (1) o desenvolvimento de um método para estabelecer as rotações viáveis e as mudanças de uso necessárias para compatibilizar a produção de alimentos e energia, usando informações existentes; (2) a validação de um novo procedimento, em discussão no âmbito do IPCC, para contabilizar o sequestro de carbono através do manejo do solo; (3) o desenvolvimento de um sistema em ambiente web para facilitar a coleta e análise dos dados, bem como auxiliar no processo de tomada de decisão; (4) submissão de uma metodologia consolidada para validação e verificação do balanço dos CEE, usando a propriedade como unidade contábil para possível uso pelos regimes voluntários oficiais da UNFCCC¹⁰ (mercados de carbono), essas propriedades agregadas por bacia hidrográfica para a promoção das externalidades; (5) um estudo detalhado da viabilidade econômica, incluindo as externalidades conhecidas.

Meta 1: Estabelecimento de rotações e uso da terra apropriados para a produção de alimentos e energia

Produto 1.1: estabelecimento de rotações

viáveis regionalizadas que compatibilizem a produção de alimentos e energia e melhorem a qualidade do plantio direto, usando informações disponíveis.

Produto 1.2: desenvolvimento de um algoritmo para otimizar o equilíbrio entre produção de grãos e energia no nível de fazenda e bacia hidrográfica.

Meta 2: Validação de um novo procedimento para o sequestro de carbono pelo solo através do manejo melhorado

Produto 2.1: preparação de um projeto de validação para ser desenvolvido na região da BP3. Esse projeto vai focar nos estoques de carbono para estabelecer: (1) um nível de base que represente o plantio direto de baixa qualidade; e (2) *benchmarks* para as MPMs para plantio direto para diferentes grupos de combinações de solo, paisagem e clima.

Produto 2.2: validação de um novo e simples procedimento para contabilizar os estoques de carbono afetado por diferentes práticas de manejo do solo.

Meta 3: Desenvolvimento de um sistema *expert* para controlar as atividades integradas nos níveis de propriedade e bacia

Produto 3.1: desenvolvimento de um sistema baseado no CTM, acessível via internet, para a coleta e gestão dos dados e informações, que estime a produção de alimentos e energia, assim como o balanço dos GEE por propriedade, possibilitando a agregação dos dados em qualquer aspecto geográfico como bacia, município, região e outros. Deve também possibilitar a verificação da elegibilidade e monitoramento com custos mínimos. Esse sistema deve ser personalizado a partir de outros sistemas, sendo desenvolvido pelo CIH,

¹⁰ UNFCCC – United Nations Framework Convention on Climate Change.

¹¹ PDA – Personal Device Assistant.

com *software* livre de código aberto, incluindo componentes em servidor, *desktop* e PDA¹¹ para trabalhos de campo.

Meta 4: Proposição de metodologia consolidada para a contabilidade de emissões de GEE na propriedade como unidade de produção

Produto 4.1: proposição à UNFCCC de uma metodologia consolidada envolvendo carbono no solo, captura de metano e geração de energia de fonte renovável na propriedade como unidade de produção, como um recurso adicional aos esforços globais de mitigação dos GEE.

Meta 5: Desenvolvimento de um estudo de viabilidade econômica

Produto 5.1: desenvolvimento de um estudo detalhado que englobe investimento, fluxo de caixa, cenários de preços futuros e a avaliação de externalidades. Deve incluir também um algoritmo para ajuda ao processo de tomada de decisão baseado nas receitas econômicas em função dos preços variáveis futuros.

4. Plano conjunto de elaboração e implementação do projeto

O projeto detalhado será elaborado em conjunto pela Itaipu Binacional e a FAO, com uma duração estimada em dois anos. A execução do projeto será liderada pela Itaipu Binacional, usando a sua extensa rede de parceiros e cooperantes, inclusive a Febrapdp¹², o PTI¹³ e universidades. A elaboração do projeto detalhado também contará com a participação de um Comitê Consultivo, composto por representantes da Itaipu, FAO, Febrapdp, Embrapa e Iapar. Esse comitê deverá aconselhar e verificar as atividades desde a elaboração do plano até o relatório final.

¹² FEBRAPDP – Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha

¹³ PTI – Parque Tecnológico de Itaipu

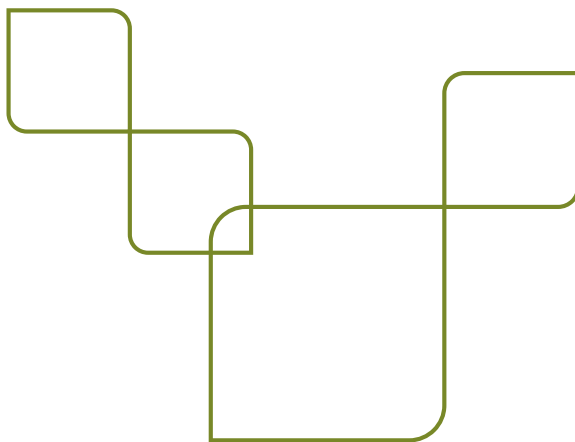
ANEXO 4

Unidades de medida de energia

Tabela A-VII
Unidades de Medida de Energia

Unidade	Símbolo	Valor
Deca	d	10^1
Hecto	h	10^2
Kilo	k	10^3
Mega	M	10^6
Giga	G	10^9
Tera	T	10^{12}
Peta	P	10^{15}
Exa	E	10^{18}
Zetta	Z	10^{21}
Yotta	Y	10^{24}

Fonte: MAPA (2005).





ISBN 978-85-62313-02-8



9 788562 313028