



## **Brasil Expande a Cogeração de Energia a Partir de Resíduos Agropecuários**

Diante da crescente demanda por energias renováveis, a biomassa se destaca devido à sua neutralidade em termos de balanço de carbono<sup>1</sup> e à flexibilidade no provimento de energia em diferentes formas (líquida, gasosa e elétrica).

No entanto, a biomassa e os resíduos do seu processamento, se deixados livres, entram em processo de decomposição emitindo gases de efeito estufa e outras substâncias nocivas ao meio ambiente e à biosfera. Uma forma de se evitar esses efeitos é utilizar os subprodutos da agropecuária para produzir energia elétrica (bioeletricidade) no próprio local onde será consumida e, em caso de excesso de produção, ofertar o excedente gerado<sup>2</sup> às redes convencionais de distribuição de energia.

Essa forma de geração de energia permite acesso à eletricidade sem necessidade das linhas de transmissão e dos sistemas de distribuição empregados pelo Sistema Interligado Nacional (SIN) e, por isso, é chamada de geração distribuída (ou descentralizada). Considerando que a energia é um insumo indispensável ao desenvolvimento de todas as sociedades, a geração de energia descentralizada constitui-se em um vetor de minimização das desigualdades sociais por possibilitar que comunidades isoladas, assentamentos de reforma agrária, agricultores e cooperativas não só obtenham sua própria energia, mas também possam agregar valor as suas atividades produtivas por meio de venda do excedente energético.

Este texto tem como objetivo comentar a evolução da geração de energia elétrica a partir da biomassa, com ênfase nos resíduos da agropecuária, no período estabelecido como marco legal do Protocolo de Kyoto (2005-2013).

No Brasil estão em operação 2.701 usinas de energia elétrica, das quais 70% são movidas pelas águas (hidrelétricas), 21% por combustíveis não renováveis e 8% por biomassa<sup>3</sup>. Embora ainda pouco expressiva, a geração de eletricidade a partir da biomassa cresceu 227%, no período 2005-2013, sendo que a madeira (biomassa primária) contribui com 3,6% da atual capacidade instalada para geração de energia e os resíduos da agropecuária (biomassa residual) com 96,4% (Tabela 1).

Tabela 1 - Composição da Matriz Elétrica Brasileira, por Fonte, 2005 a 2013<sup>1</sup>

Fontes	2005		2013		Var. (%)	
	N. de usinas (a)	Capacidade instalada (kW) (b)	N. de usinas (c)	Capacidade instalada (kW) (d)	c/a	d/b
<b>Não renovável (subtotal)</b>	578	18.333.307	1.197	26.076.374	107,1	42,2
Gás	95	10.080.701	148	13.684.493	55,8	35,7
Petroleo	474	4.830.606	1.035	7.720.553	118,4	59,8
Nuclear	2	2.007.000	2	2.007.000	0,0	0,0
Carvão mineral	7	1.415.000	12	2.664.328	71,4	88,3
<b>Renovável (subtotal)</b>	844	74119362	1.504	94959292	78,2	28,1
Hidro	587	70.977.169	1.050	84.690.402	78,9	19,3
<b>Biomassa (subtotal)</b>	257	3.142.193	454	10.268.890	76,7	226,8
Bagaço de cana	218	2.249.359	367	8.532.612	68,3	279,3
Licor negro	12	665.572	14	1.246.222	16,7	87,2
Madeira	23	200.832	45	379.235	95,7	88,8
Biogás	2	20.030	19	74.388	850,0	271,4
Casca de arroz	2	6.400	9	36.433	350,0	469,3
<b>Total</b>	1.422	92.452.669	2.701	121.035.666	90	31

<sup>1</sup>Dados de abril de 2013.

Fonte: AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANAEEEL. Banco de Informações de Geração. Brasília: ANAEEEL. Disponível em: <<http://www.anaeel.gov.br>>. Acesso em: 05 maio 2013.

Entre 2005 e 2013, o número de usinas que consomem madeira (biomassa primária) para produzir eletricidade praticamente dobrou e a capacidade instalada para geração de energia elétrica aumentou 89%. Mas, para que esses números não remetam erroneamente à ideia de desmatamento e, portanto, de insustentabilidade sob o ponto de vista ambiental, deve-se atentar a alguns aspectos estruturais do setor madeireiro.

Inicialmente, os polos de produção e de beneficiamento de madeira localizados nos Estados de Santa Catarina, Paraná e São Paulo trabalham com madeira plantada (reflorestadas), e somente os polos localizados no Pará, Mato Grosso e Rondônia utilizam a madeira nativa<sup>4</sup>. Tais Estados, principalmente Pará e Rondônia, têm maior dificuldade de acesso ao Sistema Nacional Integrado (eletricidade), aspecto que interliga o consumo de lenha a outros fins energéticos: cocção e iluminação.

No entanto, o consumo de lenha para fins residenciais declina quase que simultaneamente ao aumento do consumo por parte do setor industrial (Figura 1).

A produção brasileira de lenha decaiu 7% no período 2005-2011. Em média, cerca de 1,0% foi utilizada pelo setor madeireiro para geração própria de energia elétrica, 37% destinou-se para a produção de outro energético, o carvão vegetal, e 62% teve fins energéticos em outros setores econômicos<sup>5</sup>, dos quais o industrial respondeu por 45%, em que

se destacaram os segmentos de cerâmica (32%), alimentos e bebidas (31%), e de papel e celulose (21%).

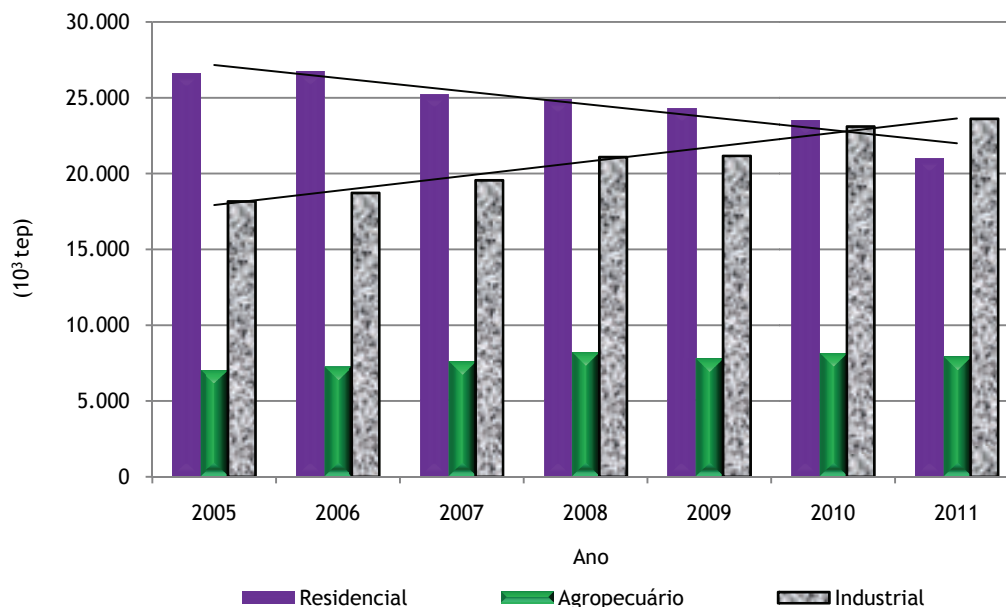


Figura 1 - Consumo de Lenha por Setor Econômico, Brasil, 2005 a 2011.

Fonte: BRASIL. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA - MME. **Balço Energético do Brasil**. Brasília: MME. Disponível em: <[http://www.mme.gov.br/mme/menu/todas\\_publicacoes.html](http://www.mme.gov.br/mme/menu/todas_publicacoes.html)>. Acesso em: 05 maio 2013.

Embora o número de empresas que utilizam a madeira para geração de energia elétrica tenha aumentado 97% no período 2005-2013, a capacidade média instalada para geração de eletricidade diminuiu 3,5%, passando de 8.732 kW para 8.427 kW. Portanto, o aumento no número de usinas movidas à lenha deve estar refletindo o crescimento econômico do setor madeireiro para provimento de segmentos industriais.

Para se ter uma ideia, observe-se “os bastidores” do terceiro principal segmento consumidor de lenha: as indústrias de “papel e celulose”. Estas, para obterem a polpa de celulose, dissolvem a lignina da madeira com soda cáustica. Esse processo químico gera um resíduo (lixívia) denominado “licor negro”. Segundo o CENBIO (2012)<sup>6</sup>, a queima dessa biomassa residual em caldeiras de recuperação química melhora o balanço de energia, reduz a contaminação e permite gerar até 80% do vapor (energia térmica) necessário na planta industrial.

O vapor gerado pela queima do licor negro pode ser direcionado às turbinas, produzindo eletricidade. A capacidade média instalada para geração de energia elétrica a partir do licor negro passou de 55.464 kW, em 2005, para 89.015 kW, em 2013, registrando um aumento de 60% no período.

Verifica-se, com isso, um movimento inverso ao demonstrado para o setor madeireiro. Enquanto este aumentou sua participação na matriz elétrica brasileira por meio de acréscimo no número de estabelecimentos geradores, nas indústrias de papel e celulose as instalações já existentes passaram por um processo de ampliação - uma vez que no período 2005-2013 somente duas usinas entraram em funcionamento. Ora, considerando-se que quanto maior a produção maior a quantidade de resíduos gerados, fica fácil inferir que o aumento do licor negro para a geração de eletricidade reflete o crescimento econômico de um importante demandante de lenha, o segmento de papel e celulose.

Embora a participação do licor negro na composição da matriz elétrica brasileira tenha aumentado significativamente (87%) no período 2005-2013, esta foi a biomassa residual que menos evoluiu. Os destaques foram para a casca de arroz (467%) bagaço de cana (279%) e biogás (271%) (Tabela 1).

A casca de arroz vem sendo utilizada na cogeração de energia, principalmente em grandes beneficiadoras de arroz. Parte da casca é utilizada na geração de vapor (energia térmica), visando tanto a secagem dos grãos como a parboilização do arroz. No entanto, Mayer, Hoffmann e Ruppenthal (2006)<sup>7</sup> demonstram que a geração de energia elétrica com turbina a vapor apresenta a melhor alternativa, pois pode suprir a demanda total do engenho com o menor custo, o que disponibiliza uma vantagem competitiva. Segundo os autores, a diminuição dos custos de produção por meio da geração própria de eletricidade, associada à possível comercialização de créditos de carbono, incrementa a viabilidade econômica em até 30%.

Desde 2003, a Itaipu Binacional, responsável pela maior usina hidrelétrica do mundo, estimulou o desenvolvimento sustentável conciliando a minimização de passivos ambientais com a geração de energia elétrica descentralizada na região de influência de seu reservatório, a microbacia do rio Ajuricaba<sup>8</sup>. Cientes de que a agricultura familiar brasileira é responsável por 59% da produção de suínos, 50% pela de aves, e por 30% da de bovinos<sup>9</sup>, apuraram que, no oeste paranaense, os plantéis bovino e suíno desses produtores familiares geravam cerca de 16 mil toneladas de dejetos, os quais contribuíam grandemente para a poluição das águas; mas, se submetidos à biodigestão anaeróbica, poderiam produzir em torno de 319 mil m<sup>3</sup> de biogás por ano. Esse volume permite gerar cerca de 507 mil kW/h por ano, ou seja, o suficiente para abastecer 170 residências com um consumo elétrico mensal de 250 kW/h.

Atualmente, a iniciativa da binacional Itaipu em diversas medidas dentro das propriedades agrícola vem corrigindo passivos ambientais em cerca de 200 microbacias hidrográficas em 29 municípios localizados no triângulo Cascavel-Guaíra-Foz do Iguaçu<sup>10</sup>. No entanto, embora os dados da ANAEEL aqui analisados não permitem discriminar a

localização das usinas movidas à biogás, verifica-se na tabela 1 que a atual produção brasileira (74.333 kW) está aquém do potencial avaliado para o oeste paranaense, o que implica na necessidade de uma maior divulgação das vantagens do biogás para geração de eletricidade.

Blay Júnior et al. (2009)<sup>11</sup> alertaram que, ao valor de R\$ 0,130 kW/hora, o agricultor familiar poderá produzir uma receita de R\$65.959,74/ano, com a venda do excedente elétrico para o SIN e, além disso, o biofertilizante, resultado da biodigestão anaeróbica dos dejetos animais, poderá gerar uma receita de R\$95.325,23/ano. Ainda, se o projeto de implantação de biodigestores for submetido ao mecanismo de desenvolvimento limpo, os créditos de carbono poderão gerar uma receita estimada de R\$93.009,31/ano.

As usinas típicas de processamento de cana-de-açúcar (UTE), durante o período da safra, são autossuficientes em produção de energia elétrica, a partir do uso do bagaço de cana como combustível alimentador das caldeiras térmicas utilizadas na fabricação de açúcar e etanol. O uso de processos mais eficientes, a partir da década de 1980, tornou essas usinas geradoras de excedentes de energia elétrica, os quais são fornecidos para o sistema elétrico brasileiro. Atualmente, 367 usinas produzem 8.532.612 kW, ou seja, 7,0% de toda energia elétrica gerada no país (Tabela 1).

Uma importância das UTHs movidas a bagaço de cana reside na complementariedade sazonal entre a oferta desse resíduo e a de água (para abastecer as hidrelétricas) no centro-sul brasileiro. A sazonalidade do regime hídrico tem seu pico entre janeiro e abril (meses chuvosos), quando começa a cair, reduzindo o nível dos reservatórios de água para provimento das hidrelétricas, o que põe em risco o fornecimento de energia elétrica do país. Já o auge da produção de resíduos da cana-de-açúcar (palha e bagaço) ocorre nos meses de maior seca no centro-sul (abril a novembro), o que faz com que as usinas de cana-de-açúcar complementem as hidrelétricas, disponibilizando o excesso de energia (proveniente do processo produtivo do etanol) para as redes de transmissão do SIN.

Embora as usinas termoelétricas movidas a bagaço de cana (UTE) não estejam longe dos grandes centros de consumo, a complementariedade entre os insumos energéticos é estratégica para o desenvolvimento do país, pois a eletricidade brasileira continua sendo, em quase sua totalidade, proveniente de hidrelétricas que, devido ao alagamento de áreas para construção de reservatórios, reduzem o espaço agropecuário e alteram tanto o meio ambiente quanto a biodiversidade regional. Como reflexo a esse modo de produzir energia, as mudanças climáticas têm alterado o ciclo hidrológico (evaporação-precipitação das águas), induzindo à redução dos níveis de água nos reservatórios, em períodos atípicos, o que põe em risco o fornecimento de energia e, consequentemente

te, o desenvolvimento econômico da sociedade. Também há pouquíssimas áreas para a expansão de hidrelétricas, de modo que as que ora surgirem, a exemplo de Madeira e Belo Monte, funcionam pelo sistema fio d'água (reservatórios pequenos e/ou ausentes).

Nesse sentido, o Protocolo Ambiental da cana-de-açúcar, que prevê a erradicação da queima da palha no Estado de São Paulo para 2014 (áreas mecanizáveis) e 2017 (áreas não mecanizáveis), pode ser visto como um estímulo à expansão da bioeletricidade, pois, uma vez que a erradicação da queima se associa diretamente ao aumento da disponibilidade de palha, espera-se que boa parte desse resíduo agrícola seja destinada para provisão de energia elétrica.

Gerar eletricidade próxima ao local de consumo ou na própria instalação consumidora é vantajoso para o setor energético, pois, além de diversificar as fontes energéticas, criando menos dependência dos recursos hídricos, minimiza os custos de investimentos em transmissão e reduz as perdas nesse elo da cadeia produtiva. Para a pessoa física ou jurídica que gera energia, ela tem redução de custos em sua atividade produtiva (e/ou residencial) decorrentes de menores compras do SIN. Além disso, o excedente de energia elétrica gerado é passível de ser comercializado no SIN, criando uma renda adicional para o produtor (gerador).

Assim, o avanço da bioeletricidade 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 do desenvolvimento sustentável.

<sup>1</sup>O dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) emitido na combustão da biomassa é compensado pelo fixado na fase de crescimento e formação da mesma.

<sup>2</sup>Nesse caso, os micro e pequenos geradores devem ser compartilhados com as redes de distribuição.

<sup>3</sup>AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANAEEEL. **Banco de Informações de Geração**. Brasília: ANAEEEL. Disponível em: <<http://www.anaeel.gov.br>>. Acesso em: 05 maio 2013.

<sup>4</sup>BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). **Plano nacional de agroenergia 2006-2011**. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. 110 p.

<sup>5</sup>\_\_\_\_\_. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA - MME. **Balço Energético do Brasil**. Brasília: MME. Disponível em: <[http://www.mme.gov.br/mme/menu/todas\\_publicacoes.html](http://www.mme.gov.br/mme/menu/todas_publicacoes.html)>. Acesso em: 05 maio 2013.

<sup>6</sup>CENTRO NACIONAL DE REFERÊNCIA EM BIOMASSA - CENBIO. **Atlas da Bioenergia no Brasil**. São Paulo: CENBIO, 2012. Disponível em: <<http://www.cenbio.iee.usp.br/download/atlasbiomassa2012.pdf>>. Acesso em: 05 maio 2013.

<sup>7</sup>MAYER, F. D.; HOFFMANN, R.; RUPPENTHAL, J. E. Gestão energética, econômica e ambiental do resíduo casca de arroz em pequenas e médias agroindústrias de arroz. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 13., 2006, Bauru. **Anais...** Bauru: UNESP, 2006.

<sup>8</sup>BLEY JÚNIOR, C. et al. Agroenergia da biomassa residual: perspectivas energéticas, socioeconômicas e ambientais. 2. ed. Foz do Iguaçu: Technopolitik, 2009. 140 p.

<sup>9</sup>BRASIL. MINISTERIO DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO - MDA. Agricultura familiar no Brasil e o Censo 2006. Disponível em: <[http://www.mda.gov.br/portal/saf/censo\\_2006](http://www.mda.gov.br/portal/saf/censo_2006)>. Acesso em: 25 maio 2010.

<sup>10</sup>AGROLINK. Dilma prestigia 25 anos do show rural coopavel. Disponível em: <<http://www.agrolink.com.br/noticias/ClippingDetalhe.aspx?CodNoticia=176686>>. Acesso em: 04 fev. 2013.

<sup>11</sup>Op. cit. nota 8.

**Palavras-chave:** agroenergia, bioeletricidade, resíduos agropecuários, cogeração de energia.

Silene Maria de Freitas  
Pesquisadora do IEA  
[silene@iea.sp.gov.br](mailto:silene@iea.sp.gov.br)

Eduardo Pires Castanho Filho  
Pesquisador do IEA  
[castanho@iea.sp.gov.br](mailto:castanho@iea.sp.gov.br)

Liberado para publicação em: 28/05/2013