

Parte II

Fontes renováveis



4

Biomassa

A produção de energia elétrica a partir da biomassa

Existem várias rotas tecnológicas para obtenção da energia elétrica a partir da biomassa. Todas prevêem a conversão da matéria-prima em um produto intermediário que será utilizado em uma máquina motriz. Essa máquina produzirá a energia mecânica que acionará o gerador de energia elétrica.

De uma maneira geral, todas as rotas tecnológicas, também, são aplicadas em processos de co-geração – produção de dois ou mais energéticos a partir de um único processo para geração de energia – tradicionalmente utilizada por setores industriais. Nos últimos anos, transformou-se também em um dos principais estímulos aos investimentos na produção de energia a partir da cana-de-açúcar por parte das usinas de açúcar e álcool.

As principais rotas tecnológicas são analisadas no estudo sobre biomassa constante do Plano Nacional de Energia 2030 e resumidas a seguir:

Ciclo a vapor com turbinas de contrapressão: É empregado de forma integrada a processos produtivos por meio da co-geração. Nele, a biomassa é queimada diretamente em caldeiras e a energia térmica resultante é utilizada na produção do vapor. Este vapor pode acionar as turbinas usadas no trabalho mecânico requerido nas unidades de produção e as turbinas para geração de energia elétrica. Além disso, o vapor que seria liberado na atmosfera após a realização desses processos pode ser encaminhado para o atendimento das necessidades térmicas do processo de produção. Este processo está maduro do ponto de vista comercial e é o mais disseminado atualmente. O Brasil conta, inclusive, com diversos produtores nacionais da maior parte dos equipamentos necessários.

Ciclo a vapor com turbinas de condensação e extração: Consiste na condensação total ou parcial do vapor ao final da realização do trabalho na turbina para atendimento às atividades mecânicas ou térmicas do processo produtivo. Esta energia a ser condensada, quando inserida em um processo de co-geração, é retirada em um ponto intermediário da

expansão do vapor que irá movimentar as turbinas. A diferença fundamental desta rota em relação à contrapressão é a existência de um condensador na exaustão da turbina e de níveis determinados para aquecimento da água que alimentará a caldeira. A primeira característica proporciona maior flexibilidade da geração termelétrica (que deixa de ser condicionada ao consumo de vapor de processo). A segunda proporciona aumento na eficiência global da geração de energia. Este sistema, portanto, permite a obtenção de maior volume de energia elétrica. No entanto, sua instalação exige investimentos muito superiores aos necessários para implantação do sistema simples de condensação.

Ciclo combinado integrado à gaseificação da biomassa:

A gaseificação é a conversão de qualquer combustível líquido ou sólido, como a biomassa, em gás energético por meio da oxidação parcial em temperatura elevada. Esta conversão, realizada em gaseificadores, produz um gás combustível que pode ser utilizado em usinas térmicas movidas a gás para a produção de energia elétrica. Assim, a tecnologia de gaseificação aplicada em maior escala transforma a biomassa em importante fonte primária de centrais de geração termelétrica de elevada potência, inclusive aquelas de ciclo combinado, cuja produção é baseada na utilização do vapor e do gás, o que aumenta o rendimento das máquinas.

A tecnologia de gaseificação de combustíveis é conhecida desde o século XIX e foi bastante utilizada até os anos 30, quando os derivados de petróleo passaram a ser utilizados em grande escala e adquiridos por preços competitivos. Ela ressurgiu nos anos 80 – quando começou a ficar evidente a necessidade de contenção no consumo de petróleo – mas, no caso da biomassa, ainda não é uma tecnologia competitiva do ponto de vista comercial. Segundo o Plano Nacional de Energia 2030, a maior dificuldade para a sua aplicação não é o processo básico de gaseificação, mas a obtenção de um equipamento capaz de produzir um gás de qualidade, com confiabilidade e segurança, adaptado às condições particulares do combustível e da operação.

4

Biomassa

4.1 INFORMAÇÕES GERAIS

A biomassa é uma das fontes para produção de energia com maior potencial de crescimento nos próximos anos. Tanto no mercado internacional quanto no interno, ela é considerada uma das principais alternativas para a diversificação da matriz energética e a consequente redução da dependência dos combustíveis fósseis. Dela é possível obter energia elétrica e biocombustíveis, como o biodiesel e o etanol, cujo consumo é crescente em substituição a derivados de petróleo como o óleo diesel e a gasolina.

Mas, se atualmente a biomassa é uma alternativa energética de vanguarda, historicamente tem sido pouco expressiva na matriz energética mundial. Ao contrário do que ocorre com outras fontes, como carvão, energia hidráulica ou petróleo, não tem sido contabilizada com precisão. As estimativas mais aceitas indicam que representa cerca de 13% do consumo mundial de energia primária, como mostra o Gráfico 4.1 abaixo. Um dos mais recentes e detalhados estudos publicados a este respeito no mundo, o Survey of Energy Resources 2007,

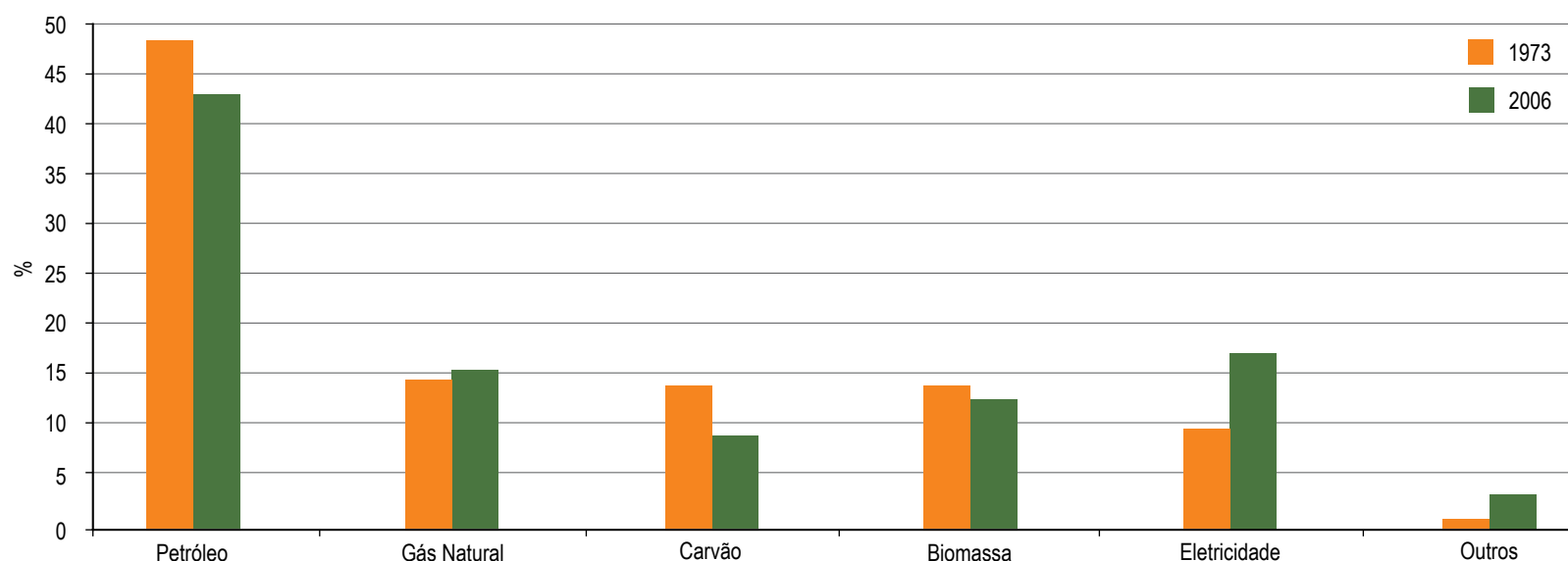


Gráfico 4.1 - Matriz de consumo final de energia nos anos de 1973 e 2006.

Fonte: IEA, 2008.

do World Energy Council (WEC), registra que a biomassa respondeu pela produção total de 183,4 TWh (terawatts-hora) em 2005, o que correspondeu a um pouco mais de 1% da energia elétrica produzida no mundo naquele ano.

A pequena utilização e a imprecisão na quantificação são decorrências de uma série de fatores. Um deles é a dispersão da matéria-prima – qualquer galho de árvore pode ser considerado biomassa, que é definida como matéria orgânica de origem vegetal ou animal passível de ser transformada em energia térmica ou elétrica. Outro é a pulverização do consumo, visto que ela é muito utilizada em unidades de pequeno porte, isoladas e distantes dos grandes centros. Finalmente, um

terceiro é a associação deste energético ao desflorestamento e à desertificação – um fato que ocorreu no passado mas que está bastante atenuado.

Algumas regiões obtêm grande parte da energia térmica e elétrica que consomem desta fonte, principalmente do subgrupo madeira – o mais tradicional – e dos resíduos agrícolas. A característica comum dessas regiões é a economia altamente dependente da agricultura. O estudo do WEC mostra que, em 2005, a Ásia foi o maior consumidor mundial, ao extrair da biomassa de madeira 8.393 PJ (petajoules¹), dos quais 7.795 PJ foram provenientes da lenha, como mostra a Tabela 4.1 abaixo. A segunda posição foi da África, com 6.354 PJ, dos quais 5.633 PJ da lenha.

| Tabela 4.1 - Consumo de combustíveis à base de madeira em 2005 (PJ) | | | | |
|---|--------|----------------|-------------|--------|
| País | Lenha | Carvão vegetal | Licor negro | Total |
| África | 5.633 | 688 | 33 | 6.354 |
| América do Norte | 852 | 40 | 1.284 | 2.176 |
| Países da América Latina e Caribe | 2.378 | 485 | 288 | 3.150 |
| Ásia | 7.795 | 135 | 463 | 8.393 |
| Europa | 1.173 | 14 | 644 | 1.831 |
| Oceania | 90 | 1 | 22 | 113 |
| Total | 17.921 | 1.361 | 2.734 | 22.017 |

Fonte: WEC, 2007.

Ainda segundo o WEC, na geração de energia elétrica a partir da biomassa, o líder mundial foi os Estados Unidos, que em 2005 produziu 56,3 TWh (terawatts-hora), respondendo por 30,7% do total mundial. Na sequência estão Alemanha e Brasil, ambos com 13,4 TWh no ano e participação de 7,3% na produção total.

No Brasil, em 2007, a biomassa, com participação de 31,1% na matriz energética, foi a segunda principal fonte de energia, superada apenas por petróleo e derivados. Ela ocupou a mesma posição entre as fontes de energia elétrica de origem interna, ao responder por 3,7% da oferta. Só foi superada pela hidreletricidade, que foi responsável pela produção de 77,4% da oferta total, segundo dados do Balanço Energético Nacional (BEN) de 2008.

Além disso, no mercado internacional, o Brasil se destaca como o segundo maior produtor de etanol que, obtido a partir da cana-de-açúcar, apresenta potencial energético similar e

custos muito menores que o etanol de países como Estados Unidos e regiões como a União Européia. Segundo o BEN, em 2007 a produção brasileira alcançou 8.612 mil tep (toneladas equivalentes de petróleo) em 2007 contra 6.395 mil tep em 2006, o que representa um aumento de 34,7%.

A produção de biodiesel também é crescente e, se parte dela é destinada ao suprimento interno, parte é exportada para países desenvolvidos, como os membros da União Européia. Segundo a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), em 2007 o país produziu 402.154 metros cúbicos (m³) do combustível puro (B100), diante dos 69.002 m³ de 2006 conforme mostra a Tabela 4.2 a seguir.

Desde 2004, a atividade é beneficiada pelo estímulo proveniente do Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB), implantado em dezembro de 2003 pelo Governo Federal. Já a expansão do etanol provém tanto da crescente

1 Joule: unidade de energia, trabalho ou quantidade de calor. Um PJ equivale a 10¹⁵ joules.



| Tabela 4.2 - Produção de biodiesel no Brasil (m³) | |
|---|---------|
| 2005 | 736 |
| 2006 | 69.002 |
| 2007 | 402.154 |
| 2008 | 784.832 |

(*) Tipo B100
Fonte: ANP, 2008.

atividade da agroindústria canavieira quanto da tecnologia e experiência adquiridas com o Pró-Álcool – programa federal lançado na década de 70, com o objetivo de estimular a substituição da gasolina pelo álcool em função da crise do petróleo, mas que foi desativado anos depois. Outro fator de estímulo foi a inclusão, no Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), lançado pelo Governo Federal em 2007, de obras cujos investimentos superam R\$ 17 bilhões. No período que vai de 2007 a 2010, segundo o PAC, deverão ser investidos R\$ 13,3 bilhões na construção de mais de 100 usinas de etanol e biodiesel e outros R\$ 4,1 bilhões na construção de dois alcooldutos: um entre Senador Canedo (GO) e São Sebastião (SP) e outro entre Cuiabá (MT) e Paranaguá (PR).

O que é a biomassa

Qualquer matéria orgânica que possa ser transformada em energia mecânica, térmica ou elétrica é classificada como biomassa. De acordo com a sua origem, pode ser: florestal (madeira, principalmente), agrícola (soja, arroz e cana-de-açúcar, entre outras) e rejeitos urbanos e industriais (sólidos ou líquidos, como o lixo). Os derivados obtidos dependem tanto da matéria-prima utilizada (cujo potencial energético varia de tipo para tipo) quanto da tecnologia de processamento para obtenção dos energéticos.

Nas regiões menos desenvolvidas, a biomassa mais utilizada é a de origem florestal. Além disso, os processos para a obtenção de energia se caracterizam pela baixa eficiência – ou necessidade de grande volume de matéria-prima para produção de pequenas quantidades. Uma exceção a essa regra é a utilização da biomassa florestal em processos de co-geração industrial. Do processamento da madeira no processo de extração da celulose é possível, por exemplo, extrair a lixívia negra (ou licor negro) usado como combustível em usinas de co-geração da própria indústria de celulose. A Tabela 4.3 abaixo mostra a relação das usinas de biomassa que utilizam licor negro no Brasil em novembro de 2008.

| Tabela 4.3 - Usinas de licor negro no Brasil | | | |
|--|----------|-----------------------|---------------|
| 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 | 55.000 |
| Klabin | Operação | Telêmaco Borba - PR | 113.250 |
| Klabin Otacílio Costa (Ex Igaras) | Operação | Otacílio Costa - SC | 33.745 |
| Lençóis Paulista | Operação | Lençóis Paulista - SP | 25.700 |
| Nobrecel | Operação | Pindamonhangaba - SP | 3.200 |
| VCP-MS | Outorga | Três Lagoas - MS | 175.100 |
| Veracel | Operação | Eunápolis - BA | 126.600 |

Fonte: Aneel, 2008.

Já a produção em larga escala da energia elétrica e dos bio-combustíveis está relacionada à biomassa agrícola e à utilização de tecnologias eficientes. A pré-condição para a sua produção é a existência de uma agroindústria forte e com grandes plantações, sejam elas de soja, arroz, milho ou cana-de-açúcar. A biomassa é obtida pelo processamento dos resíduos dessas culturas. Assim, do milho é possível utilizar, como matéria-prima para energéticos, sabugo, colmo, folha e palha. Da soja e arroz, os resíduos que permanecem no campo, tratados como palha. Na cana-de-açúcar, o bagaço, a palha e o vinhoto.

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” (para detalhes, ver capítulo 5). Já para a biomassa de origem vegetal, o quadro era radicalmente diferente, em função da diversidade e da aceitação de seus derivados pelos consumidores.

Apenas nos automóveis tipo *flex fuel* (que utilizam tanto gasolina quanto etanol) o consumo de etanol mais que dobrou nos últimos sete anos, superando os 60 milhões de litros em 2007, como mostra o Gráfico 4.2 abaixo. Além disso, a madeira tem sido, ao longo dos anos, uma tradicional e importante matéria-prima para a produção de energia. No Brasil, respondeu por 12% do total da oferta interna de energia em 2007.

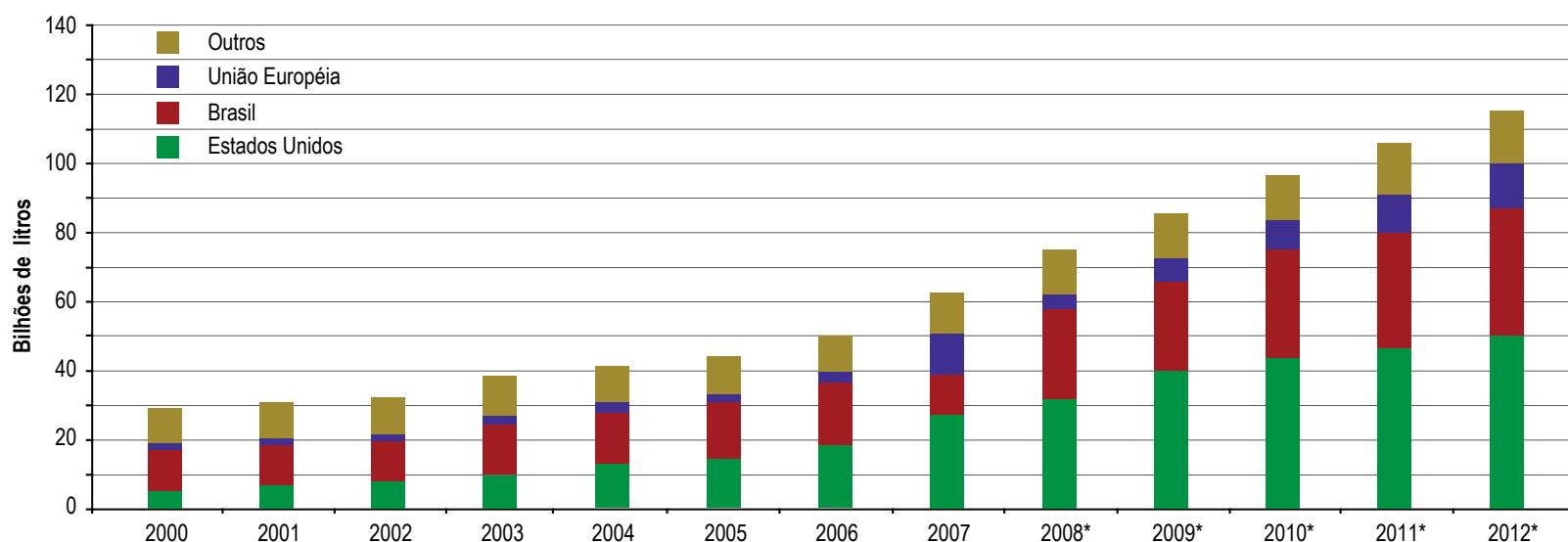


Gráfico 4.2 - Produção mundial de etanol.

(*) Previsão
Fonte: Unica, 2008.

Quanto às técnicas utilizadas para transformar matéria-prima em energético, existem várias. Cada uma dá origem a determinado derivado e está em um nível diferente do ponto de vista tecnológico. Há, por exemplo, a combustão direta para obtenção do calor. Ela ocorre em fogões (coção de alimentos), fornos (metalurgia) e caldeiras, para a geração de vapor.

Outra opção é a pirólise ou carbonização – o mais antigo e simples dos processos de conversão de um combustível sólido (normalmente lenha) em outro de melhor qualidade e conteúdo energético (carvão). Este processo consiste no aquecimento do material original entre 300 °C e 500 °C, na “quase ausência” de ar, até a extração do material volátil. O principal

produto final é o carvão vegetal, mas a pirólise também dá origem ao alcatrão e ao ácido piro-lenhoso. O carvão vegetal tem densidade energética duas vezes superior à do material de origem e queima em temperaturas muito mais elevadas. Na gaseificação, por meio de reações termoquímicas que envolvem vapor quente e oxigênio, é possível transformar o combustível sólido em gás (mistura de monóxido de carbono, hidrogênio, metano, dióxido de carbono e nitrogênio). Este gás pode ser utilizado em motores de combustão interna e em turbinas para geração de eletricidade. Além disso, é possível dele remover os componentes químicos que prejudicam o meio ambiente e a saúde humana – o que transforma a gaseificação em um processo limpo.

Um processo bastante utilizado no tratamento de dejetos orgânicos é a digestão anaeróbica que consiste na decomposição do material pela ação de bactérias e ocorre na ausência do ar. O produto final é o biogás, composto basicamente de metano (CH₄) e dióxido de carbono (CO₂). Já na agroindústria, o mais comum é a fermentação, pela qual os açúcares de plantas como batata, milho, beterraba e cana-de-açúcar são convertidos em álcool pela ação de microorganismos (geralmente leveduras). O produto final é o etanol na forma de álcool hidratado e, em menor escala o álcool anidro (isto é, com menos de 1% de água). Se o primeiro é usado como combustível puro em motores de combustão interna, o segundo é misturado à gasolina (no Brasil, na proporção de 20% a 22%). O resíduo sólido do processo de fermentação pode ser utilizado em usinas termelétricas para a produção de eletricidade.

Finalmente, a transesterificação é a reação de óleos vegetais com um produto intermediário ativo obtido pela reação entre metanol ou etanol e uma base (hidróxido de sódio ou de potássio). Os derivados são a glicerina e o biodiesel. Atualmente, o biodiesel é produzido no Brasil a partir da palma e babaçu (região Norte), soja, girassol e amendoim (regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste) e mamona (semi-árido nordestino), entre outras matérias-primas de origem vegetal.

4.2 DISPONIBILIDADE, PRODUÇÃO E CONSUMO DE BIOMASSA

A quantidade estimada de biomassa existente na Terra é da ordem de 1,8 trilhão de toneladas. Este volume, quando confrontado com o grau de eficiência das usinas em operação no mundo no ano de 2005, aponta para uma capacidade de geração de 11 mil TWh por ano no longo prazo – ou mais da metade do total de energia elétrica produzida em 2007, que foi de 19,89 mil TWh, segundo o estudo da Statistical Review of World Energy, publicado em junho de 2008 pela BP Global (Beyhond Petroleum, nova denominação da British Petroleum).

Dada a necessidade de escala na produção de resíduos agrícolas para a produção de biocombustíveis e energia elétrica, os maiores fornecedores potenciais da matéria-prima desses produtos são os países com agroindústria ativa e grandes dimensões de terras cultivadas ou cultiváveis. Conforme relata estudo sobre o tema inserido no Plano Nacional de Energia 2030, a melhor região do planeta para a produção da biomassa é a faixa tropical e subtropical, entre o Trópico

de Câncer e o Trópico de Capricórnio. Ainda assim, Estados Unidos e União Européia, ambos no hemisfério norte, são produtores de etanol. O primeiro a partir do milho e do trigo, da madeira e do *switchgrass* (variedade de grama). A segunda, com base principalmente na beterraba.

De qualquer maneira, a faixa tropical e subtropical do planeta abrange alguns países das Américas Central e do Sul, como o Brasil, o continente africano e Austrália. Estes últimos são caracterizados pela existência de áreas desérticas e, portanto, pouco propensas à produção agrícola. O Brasil, porém, além da grande quantidade de terra agriculturável, apresenta solo e condições climáticas adequadas.

Ao contrário do que ocorre com outras fontes, não existe um *ranking* mundial dos maiores produtores de biomassa, apenas estatísticas sobre os principais derivados. Assim, se os Estados Unidos lideravam a produção de energia elétrica a partir da biomassa, em 2005 Alemanha era a maior produtora de biodiesel e o Brasil, o segundo maior produtor de etanol, como mostram a Tabela 4.4 abaixo e as Tabelas 4.5 e 4.6 a seguir. Nesse ano, a produção brasileira já era superada pelos Estados Unidos.

Tabela 4.4 - Produtores de bioenergia em 2005

| País | TWh | % |
|----------------|--------------|--------------|
| Estados Unidos | 56,3 | 30,7 |
| Alemanha | 13,4 | 7,3 |
| Brasil | 13,4 | 7,3 |
| Japão | 9,4 | 5,1 |
| Finlândia | 8,9 | 4,9 |
| Reino Unido | 8,5 | 4,7 |
| Canadá | 8,5 | 4,6 |
| Espanha | 7,8 | 4,3 |
| Outros países | 57,1 | 31,1 |
| Total | 183,3 | 100,0 |

Fonte: WEC, 2007.

Além disso, a biomassa não faz parte das pautas de exportação – embora alguns analistas projetem que, a médio prazo, surgirá e se consolidará um *biotrade*, ou comércio internacional de energia renovável. No entanto, nas transações entre países a comercialização dos biocombustíveis é crescente.

Tabela 4.5 - Produtores de biodiesel (mil toneladas)

| País | 2004 | 2005 | 2006 |
|--------------------------------|--------------|--------------|--------------|
| Alemanha | 1.035 | 1.669 | 2.681 |
| França | 348 | 492 | 775 |
| Itália | 320 | 396 | 857 |
| Malásia | - | 260 | 600 |
| Estados Unidos | 83 | 250 | 826 |
| República Tcheca | 60 | 133 | 203 |
| Polônia | - | 100 | 150 |
| Áustria | 57 | 85 | 134 |
| Eslováquia | 15 | 78 | 89 |
| Espanha | 13 | 73 | 224 |
| Dinamarca | 70 | 71 | 81 |
| Reino Unido | 9 | 51 | 445 |
| Outros países (União Européia) | 6 | 36 | 430 |
| Total | 2.016 | 3.694 | 7.495 |

Fonte: WEC, 2007.

Tabela 4.6 - Produtores de etanol (hm³)

| País | 2004 | 2005 | 2006 |
|----------------|--------------|--------------|--------------|
| Brasil | 15,10 | 16,00 | 17,00 |
| Estados Unidos | 13,40 | 16,20 | 18,40 |
| China | 3,65 | 3,80 | 3,85 |
| Índia | 1,75 | 1,70 | 1,90 |
| França | 0,83 | 0,91 | 0,95 |
| Rússia | 0,75 | 0,75 | 0,75 |
| Alemanha | 0,27 | 0,43 | 0,77 |
| África do Sul | 0,42 | 0,39 | 0,39 |
| Espanha | 0,30 | 0,35 | 0,46 |
| Reino Unido | 0,40 | 0,35 | 0,28 |
| Tailândia | 0,28 | 0,30 | 0,35 |
| Ucrânia | 0,25 | 0,25 | 0,27 |
| Canadá | 0,23 | 0,23 | 0,58 |
| Total | 37,63 | 41,66 | 45,95 |

Fonte: WEC, 2007.

Por isso e por ser um fenômeno iniciado há poucos anos, essa comercialização exige, também, negociações bilaterais e multilaterais que têm, como foco, a regulamentação e a análise das barreiras comerciais e tarifárias já impostas, principalmente por Estados Unidos e da União Européia.

Apesar de a Alemanha ser o maior produtor mundial de biodiesel, a União Européia não tem conseguido, nos últimos anos, atingir as metas de expansão da oferta interna. Assim, transformou-se em importadora do produto proveniente de países como Brasil, Argentina, Indonésia e Malásia.

Quanto ao etanol, foi um dos focos da negociação da última Rodada de Doha, da Organização Mundial do Comércio, em julho de 2008. Uma proposta feita ao Brasil para as exportações à União Européia até 2020 foi a quota de até 1,3 milhão de toneladas por ano com tarifa de importação de 10%. Para volumes superiores a este limite, a tarifa aumentaria para 35%. O Itamaraty considerou a proposta insuficiente, uma vez que as atuais exportações para a União Européia atingem 900 milhões de toneladas por ano, apesar das tarifas de 45%. Antes da Rodada de Doha, Brasil e Estados Unidos também haviam iniciado conversações bilaterais para tentar regulamentar o comércio internacional do produto.

4.3 GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL

A utilização da biomassa como fonte de energia elétrica tem sido crescente no Brasil, principalmente em sistemas de cogeração (pela qual é possível obter energia térmica e elétrica) dos setores industrial e de serviços. Em 2007, ela foi responsável pela oferta de 18 TWh (terawatts-hora), segundo o Balanço Energético Nacional (BEN) de 2008. Este volume foi 21% superior ao de 2006 e, ao corresponder a 3,7% da oferta total de energia elétrica, obteve a segunda posição na matriz da eletricidade nacional. Na relação das fontes internas, a biomassa só foi superada pela hidreletricidade, com participação de 85,4% (incluindo importação), como mostra o Gráfico 4.3 na página seguinte.

De acordo com o Banco de Informações de Geração da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), em novembro de 2008 existem 302 termelétricas movidas a biomassa no país, que correspondem a um total de 5,7 mil MW (megawatts) instalados. Do total de usinas relacionadas, 13 são abastecidas por licor negro (resíduo da celulose) com potência total de 944 MW; 27 por



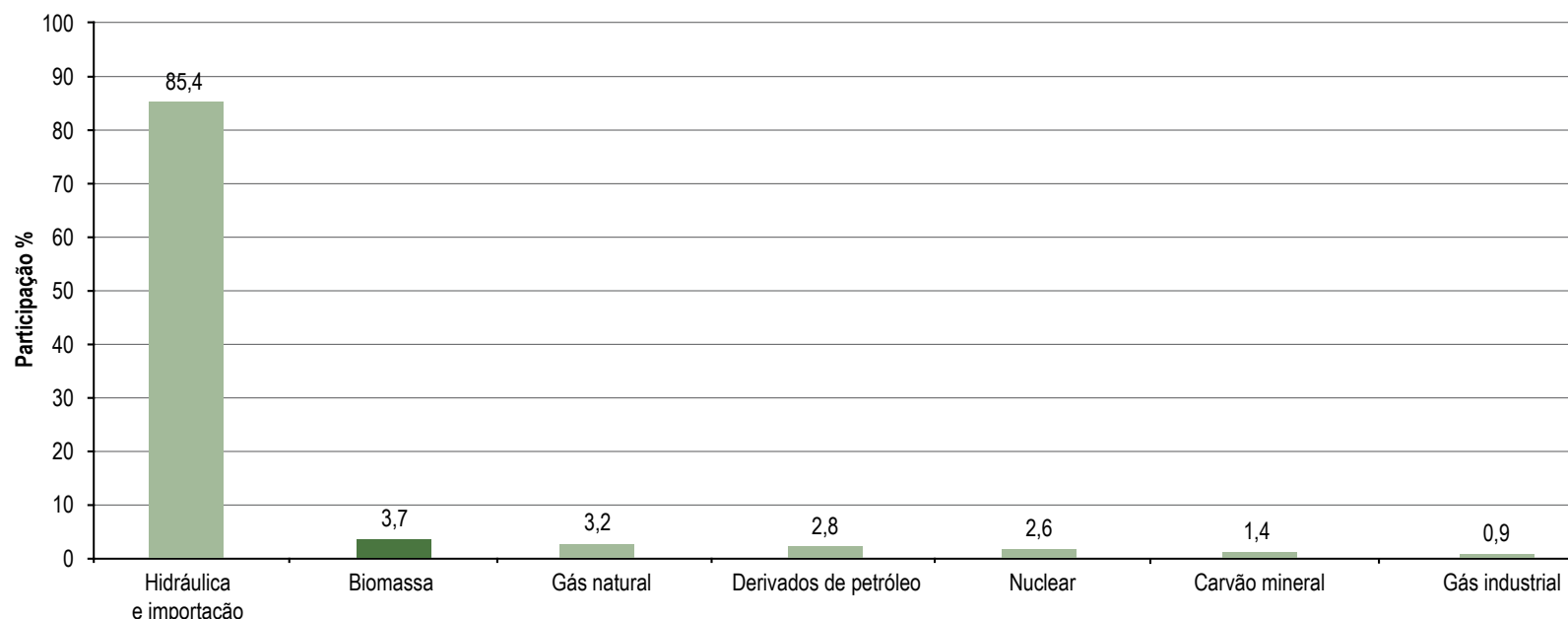


Gráfico 4.3 - Matriz de oferta de energia elétrica no Brasil em 2007.

Fonte: MME, 2008.

madeira (232 MW); três por biogás (45 MW); quatro por casca de arroz (21 MW) e 252 por bagaço de cana (4 mil MW), conforme o Anexo. Uma das características desses empreendimentos é o pequeno porte com potência instalada de até 60 MW, o que favorece a instalação nas proximidades dos centros de consumo e suprimento (Mapa 4.1 na página seguinte).

A cana-de-açúcar é um recurso com grande potencial, dentre as fontes de biomassa, para geração de eletricidade existente no país, por meio da utilização do bagaço e da palha. A participação é importante não só para a diversificação da matriz elétrica, mas também porque a safra coincide com o período de estiagem na região Sudeste/Centro-Oeste, onde está concentrada a maior potência instalada em hidrelétricas do país. A eletricidade fornecida neste período auxilia, portanto, a preservação dos níveis dos reservatórios das UHEs.

Vários fatores contribuem para o cenário de expansão. Um deles é o volume já produzido e o potencial de aumento da produção da cana-de-açúcar, estimulada pelo consumo crescente de etanol. Em 2007, inclusive, foi a segunda principal fonte primária de energia do país: como mostra a Tabela 4.7 a seguir, os derivados da cana-de-açúcar responderam pela produção de 37,8 milhões de toneladas equivalentes de petróleo (tep), um aumento de 14,7% em relação a 2006, diante de uma produção total de 33 milhões de tep.

De acordo com estimativas da Unica (União da Indústria de Cana-de-Açúcar de São Paulo), em 2020 a eletricidade produzida pelo setor poderá representar 15% da matriz brasileira, com a produção de 14.400 MW médios (ou produção média de MWh ao longo de um ano), considerando-se tanto o potencial energético da palha e do bagaço quanto a estimativa de produção da cana, que deverá dobrar em relação a 2008, e atingir 1 bilhão de toneladas. Segundo o Plano Nacional de Energia 2030, o maior potencial de produção de eletricidade encontra-se na região Sudeste, particularmente no Estado de São Paulo, e é estimado em 609,4 milhões de gigajoules (GJ) por ano. Na sequência estão Paraná (65,4 milhões de GJ anuais) e Minas Gerais (63,2 milhões de GJ anuais).

A evolução da regulamentação, da legislação e dos programas oficiais também estimulam os empreendimentos. Em 2008, novas condições de acesso ao Sistema Interligado Nacional (SIN) foram definidas pela Aneel, o que abre espaço para a conexão principalmente das termelétricas localizadas em usinas de açúcar e álcool mais distantes dos centros de consumo, como o Mato Grosso.

Além disso, acordo fechado entre a Secretaria de Saneamento e Energia de São Paulo, a transmissora Isa Cteep, a Unica e a Associação Paulista de Cogeração de Energia, estabelece condições que facilitam o acesso à rede de transmissão paulista e a obtenção do licenciamento ambiental estadual. A iniciativa pode viabilizar a instalação de até 5 mil MW pelo setor sucro-alcooleiro.



Convenções Cartográficas

- Capital Federal
- Capitais
- Divisão Estadual

Potência por Estado (kW)

- Até 50.000
- 50.000 a 100.000
- 100.000 a 200.000
- 200.000 a 500.000
- 500.000 a 2.936.726

Tipo de combustível

- Bagaço de Cana-de-açúcar
- Biogás
- Carvão Vegetal
- Casca de Arroz
- Licor Negro
- Resíduo de madeira

Fonte: Aneel, 2008.

ATLAS DE ENERGIA ELÉTRICA DO BRASIL - 3ª EDIÇÃO

Escala Gráfica: 0 250 500 km



MAPA 4.1 - Usinas de biomassa em operação em novembro de 2008.

Tabela 4.7 - Oferta interna de energia no Brasil

| Especificação | mil tep | | 07/06 % | Estrutura % | |
|---|----------------|----------------|------------|--------------|--------------|
| | 2006 | 2007 | | 2006 | 2007 |
| Não-renovável | 124.464 | 129.102 | 3,7 | 55,0 | 54,1 |
| Petróleo e derivados | 85.545 | 89.239 | 4,3 | 37,8 | 37,4 |
| Gás natural | 21.716 | 22.199 | 2,2 | 9,6 | 9,3 |
| Carvão mineral e derivados | 13.537 | 14.356 | 6,1 | 6,0 | 6,0 |
| Urânio (U ₃ O ₈) e derivados | 3.667 | 3.309 | -9,8 | 1,6 | 1,4 |
| Renovável | 101.880 | 109.656 | 7,6 | 45,0 | 45,9 |
| Hidráulica e eletricidade | 33.537 | 35.505 | 5,9 | 14,8 | 14,9 |
| Lenha e carvão vegetal | 28.589 | 28.628 | 0,1 | 12,6 | 12,0 |
| Derivados da cana-de-açúcar | 32.999 | 37.847 | 14,7 | 14,6 | 15,9 |
| Outras renováveis | 6.754 | 7.676 | 13,7 | 3,0 | 3,2 |
| Total | 226.344 | 238.758 | 5,5 | 100,0 | 100,0 |

Fonte: MME, 2008.

Em novembro de 2008, dos 19 empreendimentos termelétricos em construção relacionados no BIG da Aneel, cinco são movidos a biomassa e, destes, um a bagaço de cana-de-açúcar. Mas, para as 163 unidades já outorgadas, com construção ainda não iniciada, 55 serão movidas a biomassa, sendo que quase metade (30) a cana-de-açúcar. As demais serão abastecidas por madeira, carvão vegetal, licor negro, casca de arroz e biogás. A Unica prevê que, até 2012, 86 unidades sejam construídas, com investimentos de US\$ 17 bilhões. Existe, também, a possibilidade de outros 211 projetos, anunciados em 2006, serem consumados, o que elevaria o valor total do investimento previsto para US\$ 35 bilhões.

4.4 SUSTENTABILIDADE E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO

A biomassa pode ser considerada como uma forma indireta de energia solar. Essa energia é responsável pela fotossíntese, base dos processos biológicos que preservam a vida das plantas e produtora da energia química que se converterá em outras formas de energia ou em produtos energéticos como carvão vegetal, etanol, gases combustíveis e óleos vegetais combustíveis, entre outros. A fotossíntese permite, também, a liberação de oxigênio e a captura de dióxido de carbono (CO₂, principal agente do efeito estufa). Portanto, contribui para a contenção do aquecimento global.

Se utilizada para produção de energia pelos meios tradicionais, como cocção e combustão, a biomassa se apresenta como fonte

energética de baixa eficiência e alto potencial de emissão de gases. Assim, sua aplicação moderna e sustentável está diretamente relacionada ao desenvolvimento de tecnologias de produção da energia (ver tópico 4.1) e às técnicas de manejo da matéria-prima.

A utilização da biomassa, por exemplo, tradicionalmente é associada ao desmatamento. Mas, florestas energéticas podem ser cultivadas exclusivamente com a finalidade de produzir lenha, carvão vegetal, briquetes e licor negro para uso industrial. Neste caso, o manejo adequado da plantação – permitido pelo uso de técnicas da engenharia florestal – permite a retirada planejada de árvores adultas e respectiva reposição de mudas, o que aumenta a capacidade do sequestro de CO₂. Projetos florestais de implantação e manejo podem ser caracterizados e formatados, inclusive, como Mecanismos de Desenvolvimento Limpo (MDL).

No caso das plantações de cana-de-açúcar, o uso dos resíduos para produção de eletricidade beneficia os aspectos ambientais da fase de colheita. O método tradicional é a colheita manual acompanhada da queima da palha (as conhecidas queimadas) que, além de produzir a emissão de grandes volumes de CO₂, se constitui em fator de risco para a saúde humana – sendo responsável, inclusive, pela ocorrência de incêndios de grandes proporções nas áreas adjacentes. No entanto, com vistas ao aumento de produtividade, várias usinas têm optado pela colheita mecânica, que prescinde das queimadas. Na utilização sustentável do bagaço da cana para a produção de eletricidade por meio



Pesquisador na unidade piloto de biodiesel.

Fonte: Petrobras.

de usinas termelétricas, aliás, o balanço de emissões de CO_2 é praticamente nulo, pois as emissões resultantes da atividade são absorvidas e fixadas pela planta durante o seu crescimento.

Os principais aspectos negativos são a interferência no tipo natural do solo e a possibilidade da formação de monoculturas em grande extensão de terras – o que competiria com a produção de alimentos. Estas variáveis têm sido contornadas por técnicas e processos que aumentam a produtividade da biomassa reduzindo, portanto, a necessidade de crescimento de áreas plantadas. Apenas como exemplo, segundo dados da Unica, no Brasil é possível produzir 6,8 mil litros de etanol por hectare plantado. Nos Estados Unidos, para obtenção do etanol a partir do milho, a relação é 3,1 mil litros por hectare.

Do ponto de vista social, a geração de empregos diretos e indiretos tem sido reconhecida como um dos principais benefícios da biomassa. Embora a maior parte da mão-de-obra exigida não seja qualificada, ela promove um ciclo virtuoso nas regiões da produção agrícola, caracterizado pelo aumento dos níveis de consumo e qualidade de vida, inclusão social, geração de novas atividades econômicas, fortalecimento da indústria local, promoção do desenvolvimento regional e redução do êxodo rural.

A lenha, por exemplo, é um recurso energético de grande importância social para algumas regiões do Brasil, como o Rio Grande do Norte, pelo grande número de pessoas diretamente envolvidas no processo de desbaste, cata, corte e coleta da lenha. Ainda segundo relata o Plano Nacional de Energia 2030, o setor agroindustrial da cana-de-açúcar tem importância relevante na geração de empregos ao absorver, diretamente, cerca de um milhão de pessoas, dos quais 80% na área agrícola. A cana-de-açúcar é uma das culturas que mais gera emprego por área cultivada.

REFERÊNCIAS

Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) – disponível em www.aneel.gov.br

Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) – disponível em www.anp.gov.br

Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais (Abiove) – disponível em www.abiove.com.br

Associação Paulista de Cogeração de Energia (Cogen-SP) – disponível em www.cogensp.org.br

BP Global – disponível em www.bp.com.

Empresa de Pesquisa Energética (EPE) – disponível em www.epe.gov.br

International Energy Agency (IEA) – disponível em www.iea.org

Ministério de Minas e Energia (MME) – disponível em www.mme.gov.br

União da Indústria de Cana-de-Açúcar (Unica) – disponível em www.unica.com.br

World Energy Council (WEC) – disponível em www.worldenergy.org