

POTENCIAL DE UTILIZAÇÃO ENERGÉTICA DE BIOMASSA RESIDUAL DE GRÃOS

MOURAD, ANNA L. ¹
AMBROGI, VINICIUS S. ²
GUERRA, SINCLAIR M. G. ³

¹Centro de Tecnologia de Embalagem CETEA do Instituto de Tecnologia de Alimentos ITAL
Campinas SP/Brasil Tel.: 55-19-3743-1910 Fax.: 55-19-3241-8445 E-mail: anna@ital.sp.gov.br

²Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, SP/Brasil Tel.: 55-19-3788-3380 Fax.: 55-19-3289-3722 E-mail: ambrogi@fem.unicamp.br

Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, SP/Brasil Tel.: 55-19-3091-2630 Fax.: 55-19-3289-3722 E-mail: sguerra@fem.unicamp.br

Resumo

A biomassa resultante das partes de grãos não aproveitadas, como palha e casca de arroz, milho, trigo, soja, cultivos de grande volume no país, tem potencial para ser aproveitada energeticamente. Estimou-se que a contribuição desta biomassa residual seja da ordem de 167,8 milhões de GJ/ano, valor que poderia ser somado ao uso já estabelecido do bagaço de cana para fins energéticos que em 2001 foi de 658 milhões de GJ. Esta energia pode ser utilizada para a secagem destes mesmos grãos (estimativa de gasto energético de 67 milhões de GJ), energia que atualmente tem sido suprida, quase que totalmente, pelo uso de óleo combustível. Pode também substituir o óleo combustível utilizado no setor agropecuário, nas indústrias de alimentos e bebidas, cerâmica e têxtil (setores que consumiram 67.822 GJ em 2001). No estado de São Paulo as regiões de maior potencial para instalação de usinas geradoras de energia a partir destes resíduos estariam localizadas nos EDR (Escritório de Desenvolvimento Regional) de Assis, Avaré e Itapeva.

Abstract

The biomass resulting from the rejected parts of grains, as straw and peel of rice, corn, wheat, soy, all great cultivations in the country, has potential to be takes advantage as energy. It was considered that the contribution of this residual biomass is near of 167,8 million GJ/ano, value that could be added to the use already established of the cane bagasse for energy purpose (658 million GJ, in 2001). This energy can be used for drying of these same grains (energy expense estimate of 67 million GJ), currently obtained from oil. It can also substitute the fuel oil used in the agricultural section, in the industries of food and beverage, ceramic and textile (sections that consumed 67.822 GJ in 2001). In São Paulo state the regions with greater potential to install biomass plants are located in Assis, Avaré and Itapeva EDR (regional development office).

Palavras-Chave

Resíduos, arroz, milho, trigo, feijão, trigo, soja, geração de energia

Introdução

O Brasil, como grande produtor agrícola gera expressiva biomassa nos processos resultantes da colheita e processamento de produtos agropecuários, tais como, milho, arroz, algodão, madeira, carnes, e também no lixo urbano. A biomassa de resíduos de produtos agrícolas sempre existiu e tradicionalmente é adicionado ao solo pela necessidade de devolver os nutrientes recolhidos durante o crescimento da planta. Segundo aponta o BEN (Balanço Energético Nacional) referente ao ano de 2002, no Brasil 41% da matriz energética é fornecida por fontes renováveis, cabendo a ressalva que grande parte desta produção dá-se pela fonte de energia hidráulica. Atualmente o

maior consumo de energia da biomassa é nos países em desenvolvimento, onde a participação na matriz energética de alguns países chega a 40%. Nestes países a biomassa de resíduos vegetais, animais e lenha são utilizadas principalmente para a cocção de alimentos em fogões de baixa eficiência de conversão. No mundo, a biomassa contribui com 10-14% do suprimento de energia.

Alguns estudos têm apresentado que parte dos constituintes desta biomassa acaba sendo carregada pelas águas das chuvas, o que determina diversos episódios de contaminação de águas superficiais por todo o país. Energeticamente a fotossíntese pode ser entendida como uma forma de armazenamento de uma fração da energia solar incidente sobre a superfície terrestre. A utilização da energia advinda da biomassa tem dois aspectos de grande importância: sua renovabilidade num espaço de tempo menor que o tempo de vida médio humano e a manutenção do equilíbrio de CO₂: o que é capturado no processo de fotossíntese é liberado no processo de queima. A utilização da biomassa residual sempre concorrerá com a incorporação do resíduo no solo para reposição de nutrientes.

Potencial Energético da Biomassa no Brasil

Para visualizar reais possibilidades do uso da biomassa como fonte energética foram selecionados alguns trabalhos que ilustram o potencial energético de algumas biomassas:

Coelho et al (2002) no Projeto BRA/00/029 – Panorama do Potencial de Biomassa no Brasil, calculou o potencial energético de resíduos agrícolas, entre outros, para todas as regiões do país, focando-se no grão de arroz e nos frutos castanha de caju e coco da baía. Assumindo eficiência de conversão térmica de 15% o relatório apresenta que, apenas pelo aproveitamento dos resíduos das culturas, o potencial de geração de energia seria da ordem de 400 MW de energia elétrica para todo o país.

Silva et al (2002) calculou o potencial energético do resíduo proveniente da fabricação da farinha de mandioca para o Estado do Pará. Atualmente o Pará gera 2,6 Mton de resíduo na produção de mandioca. Considerando um poder calorífico de 15,76MJ/kg para a rama seca e de 12,55 MJ/kg para os demais resíduos, o autor estima em cerca de 1255MW/ano o potencial energético desta biomassa. A energia gerada pode ser utilizada para melhoria do processo de produção, atualmente familiar e bastante manual, com a aquisição de maquinário, aumentando a produtividade do processo e liberando os operários para outras atividades como a produção de vários tipos de farinha, tapioca, beiju, macaxeira chips, goma, carimã, tucupi, bolos de macaxeira e maniva pré cozida.

Souza et al (2002) através da produtividade agrícola e índices de resíduo por cultura estimou um potencial teórico de energia de biomassa da ordem de $7,43 \times 10^6$ GJ/ano relativo ao ano 2000 para o estado do Paraná. Nesta estimativa considerou um poder calorífico inferior para a biomassa vegetal de 18,1 MJ/kg. Para o cálculo do potencial técnico, isto é, considerando-se a eficiência do processo, recalculou-se o potencial energético considerando-se que com o uso de um gaseificador de biomassa/grupo gerador pode-se produzir 1 kWh de eletricidade para cada 3kg de resíduo de biomassa vegetal. Com estas considerações, estimou-se em um potencial técnico de $1,08 \times 10^6$ GJ/ano. Em 1999, o Paraná teve um consumo de $2,25 \times 10^6$ GJ, o qual poderia ser suprido com 48% de energia elétrica vinda da biomassa. Entretanto, estes valores são apenas potenciais pois a viabilidade técnica de aproveitamento desta biomassa depende de vários fatores como facilidade de coleta e transporte, preferência em manter os resíduos no solo para evitar a erosão, destinação para fins não energéticos como ração animal e grau de desenvolvimento tecnológico dos processos de conversão.

Conversão Energética da Biomassa

A biomassa pode ser aproveitada como um combustível sólido para conversão energética por meio da queima direta, esta é a técnica mais utilizada, no entanto outras formas de aproveitamento da biomassa através a gaseificação e pirólise surgem como diferenciais para um melhor manuseio e queima do combustível (*Demirbas, 2001*). O gás resultante do processo de gaseificação, onde se produz um gás de baixo poder calorífico (4 a 6 MJ/m³) é utilizado na geração de energia elétrica através motores de combustão interna – ciclo Otto, caldeiras geradoras de vapor para turbinas a vapor - ciclos Rankine e turbinas a gás em sistemas de geração BIG/GT (Biomass Integrated Gasifier – Gas Turbine) - ciclo Brayton para produções centralizadas ou, ainda, em ciclos combinados Brayton/Rankine.

Os resíduos de várias culturas poderiam ser convertidos em eletricidade por meio da instalação de pequenos sistemas de Gaseificação/Grupo Gerador (máximo de 600 kW) nas áreas rurais onde há disponibilidade de resíduos. Com o uso de um gaseificador de biomassa/grupo gerador pode-se gerar em média 1 kWh de eletricidade para cada 3 kg de resíduo de biomassa.

O PCI (Poder Calorífico Inferior) médio de diferentes tipos de biomassa vegetal, as quais são compostas de 80% de carbono e oxigênio é de 18,1 MJ/kg de resíduo (SOUZA *et al*, 2002). Com esse índice é possível estimar o potencial energético teórico dos resíduos para cada tipo de cultura vegetal.

Recomendações para Futuras Usinas Geradoras de Energia a partir de Biomassa
Wiltsee (1999) fez um avaliação de 20 plantas localizadas na sua maioria nos EUA que utilizam biomassa para geração de energia, desde 10MW até 79MW, e, elegeu alguns pontos de maior importância a serem considerados em futuros projetos:

- 1) *Fontes combustíveis* A biomassa utilizada para fins energéticos deve apresentar o menor custo possível e para isso, deve localizar-se nas proximidades da fonte geradora. Os resíduos agrícolas tem custado cerca de \$1,00/Mbtu.
- 2) *Manuseio do combustível*. A alimentação de biomassa e o pátio onde a mesma é estocada devem ser cuidadosamente planejados para evitar problemas com mau cheiro, crescimento de pragas e fungos. Deve-se separar os contaminantes metálicos e evitar flutuação da umidade da biomassa.
- 3) *Flexibilidade no uso de combustíveis*. A sazonalidade dos produtos agrícolas, bem como as constantes alterações de oportunidades econômicas exigem que o sistema seja projetado para processar diferentes biomassas.
- 4) *Localização*. Os resíduos de biomassa são combustíveis locais de baixa densidade comparados com os fósseis. O custo de transporte pode tornar-se muito alto além de 30km e proibitivo para 150km. A localização também deve levar em conta a vizinhança em função do cheiro e do barulho.

Principais áreas de cultivo de grãos no Estado de São Paulo

O **arroz** é uma planta anual, podendo ser cultivado em regiões de várzeas sistematizadas (arroz irrigado) ou em terras altas (arroz de sequeiro), onde depende exclusivamente das precipitações pluviométricas. Em São Paulo, o arroz irrigado abrange principalmente os EDR (Escritório de Desenvolvimento Regional) de Assis, Guaratinguetá e Pindamonhangaba. O arroz de sequeiro abrange as EDRs de Avaré, Barretos, General Salgado, Itapeva e Limeira (IEA, 2004). A colheita ocorre entre os meses de fevereiro a abril.

O **milho** é uma planta anual, necessita por sua vez de solo bem drenado, podendo ser cultivado no verão e no outono (safrinha). No estado de São Paulo é plantado em praticamente todos os EDR, com destaque para os de Avaré, Itapetininga e Itapeva (IEA, 2004).

A cultura do **trigo** em várzeas e irrigada por aspersão é de grande potencial no estado de São Paulo. É cultivado principalmente nos EDR de Assis, Avaré e Itapeva. A colheita ocorre de agosto a setembro (IEA, 2004).

O **feijão** é cultivado principalmente nos EDR de Avaré, Andradina, Itapetininga e Itapeva (IEA, 2004). A colheita concentra-se nos meses de dezembro a fevereiro e maio.

A **soja** é cultivada principalmente nos EDR de Assis, Barretos, Araçatuba e Avaré (IEA, 2004). A colheita da soja ocorre entre fins de fevereiro a abril e entre outubro e novembro.

Objetivo e Metodologia

Este trabalho teve por objetivo avaliar os potenciais de utilização dos resíduos de grãos sob vários aspectos:

- 1) Potencial energético teórico estimado a partir da produtividade agrícola, índices de resíduo por cultura no Brasil. Potencial técnico calculado estimando-se a geração de 1 kWh de eletricidade para cada 3kg de resíduo vegetal. Estimativa para todo o Brasil.
- 2) Potencial de utilização dos resíduos na secagem dos próprios grãos a partir da quantidade de água evaporada para cada grão.
- 3) Disponibilidade dos resíduos no estado de São Paulo em função da região produtora.
- 4) Potencial de substituição do óleo combustível pela biomassa a partir do consumo do anual do óleo em setores específicos.

Resultados

Análise da Disponibilidade e da Demanda de Biomassa Oriunda dos Principais Cultivos de Grãos

Considerando-se a produtividade de cinco dentre os principais cereais produzidos no Brasil, estimou-se a quantidade de resíduo gerado por cada cultura (SOUZA *et al*, 2002), como mostrado na Tabela 1.

Tabela 1. Estimativa do potencial energético de resíduos dos principais grãos no Brasil, 2001.

| Cultura | Toneladas Colhidas (*) | Tipo de resíduo | Resíduo/produtividade (ton/ha /ton/ha) (**) | Resíduos de cada cultura | |
|------------------|------------------------|-----------------|---|--------------------------|------|
| | | | | ton | % |
| Arroz (em casca) | 10.184.185 | palha | 1,315 | 13.392.203,3 | 9,6 |
| | | casca | 0,18 | 1.833.153,3 | 1,3 |
| Milho (em grão) | 41.962.475 | palha | 1,42 | 59.586.714,5 | 42,6 |
| Soja (em grão) | 37.907.259 | palha | 1,40 | 53.070.162,6 | 38,0 |
| Feijão (em grão) | 2.453.681 | palha | 3,67 | 9.005.009,3 | 6,4 |
| Trigo (em grão) | 3.366.599 | palha | 1,42 | 4.780.570,6 | 3,4 |
| Total | 95.874.199 | | | 139.834.660,0 | 100 |

Fonte: Produtividade: (*) IBGE, 200; (**) SOUZA *et al*, 2002

Considerando que cada 3kg de biomassa vegetal pode gerar 1kWh de eletricidade com o uso de um gaseificador de biomassa/grupo gerador, tem-se um potencial de geração anual de 167,8 milhões de GJ/ano somente a partir de resíduos destes cereais.

Entretanto, a análise destas culturas mostra diferenças entre as diferentes regiões geográficas na suas disponibilidades de biomassa (Figura 1). Como pode-se verificar a região sul do país concentra mais de 50% da produção das culturas citadas, enquanto que a região norte dispõe de cerca de 2%, o que aponta pela necessidade do aproveitamento de diferentes biomassas nas diferentes regiões.

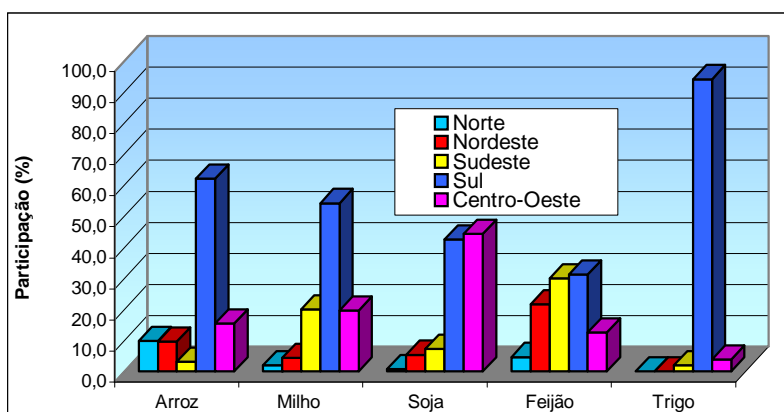


Figura 1. Disponibilidade dos resíduos agrícolas por região geográfica. Fonte: IBGE, 2003

Um aproveitamento mais simplificado da energia contida na biomassa, mas com mesma importância reside na aplicação da biomassa para a dos seus próprios grãos, através da queima direta. A secagem é importante na armazenagem do grão, estendendo sua vida útil. A Tabela 2 mostra que a estimativa do gasto energético para a secagem destes grãos é de 67 milhões de

GJ, cerca de 40% do potencial total estimado gerado por estes grãos. A proximidade da biomassa da usina geradora torna-a mais atrativa pois elimina o custo do transporte e remove os resíduos do processo.

Tabela 2. Estimativa do gasto energético com a secagem dos principais grãos no Brasil.

| Cultura | Toneladas 2001 | Secagem (*) (%umidade) | Volume (*) secado (%) | Energia (*) para a secagem (GJ) |
|------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------------------|--|
| Arroz (em casca) | 10.184.185 | 20 para 13 | 100 | 10408237,07 |
| Milho (em grão) | 41.962.475 | 18 para 13 | 50 | 18379564,05 |
| Soja (em grão) | 37.907.259 | 18 para 13 | 100 | 33206758,88 |
| Feijão (em grão) | 2.453.681 | 18 para 13 | 100 | 2149424,556 |
| Trigo (em grão) | 3.366.599 | 18 para 13 | 100 | 2949140,724 |
| Total | 95.874.199 | | | 67.093.125 |

Fonte: (*) Ministério de Agricultura, 1984. Considerou-se um gasto energético de 3500kcal/kg de água evaporada.

Avaliação das regiões produtoras de grãos no Estado de São Paulo

Partindo-se das recomendações de Wiltsee (1999) quanto a proximidade da usina geradora de energia da fonte geradora de resíduos e da necessidade de consorciar culturas de forma a obter insumos durante todo o ano, concluiu-se que em função da época de colheita seria interessante consorciar resíduos de uma ou mais culturas entre arroz/soja/feijão (meses de fevereiro a maio) com trigo (agosto a setembro). Através da análise das principais regiões produtoras de trigo e das demais culturas (arroz/feijão/trigo), conclui-se que as regiões de maior potencial para instalação de usinas geradoras de energia a partir destes grãos, no estado de São Paulo estariam localizadas nos EDR de Assis, Avaré e Itapeva.

Potencial de Substituição do Óleo Combustível

Dentre as fontes renováveis, a biomassa é uma das mais adequadas para geração de energia na forma de calor. Assim, combustíveis fósseis, não renováveis, poderiam ser potencialmente substituídos pela biomassa na função de gerar calor. A Tabela 3 apresenta o consumo de óleo combustível em setores que a biomassa poderia substituí-lo.

Tabela 3. Consumo de óleo diesel em setores com potencial de substituição pela biomassa.

| Setor | Consumo de óleo combustível anual (GJ) | | | | | |
|---------------------|---|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 |
| Agropecuário | 3637 | 3509 | 2011 | 3808 | 4236 | 3594 |
| Textil | 13564 | 14463 | 14163 | 11724 | 10612 | 8558 |
| Cerâmica | 23406 | 24091 | 25588 | 22850 | 18913 | 14078 |
| Alimentos e bebidas | 46812 | 45101 | 47326 | 45657 | 44373 | 41592 |
| Total | 87420 | 87163 | 89089 | 84040 | 78135 | 67822 |

Fonte: BEN, 2002

O consumo de óleo combustível, nos últimos anos, tem diminuído gradativamente como observado na Tabela 3. Considerando-se os setores agropecuário, têxtil, cerâmico e de alimentos e bebidas, no ano de 2001, consumiu-se 67.822 GJ em óleo combustível, valor bastante inferior ao potencial da biomassa de 167,8 milhões de GJ/ano.

A utilização da biomassa para fins prioritariamente energéticos, como o caso da cana-de-açúcar modifica o equilíbrio de mercado relativo à oferta e demanda do produto como alimento. Segundo *Nunes et al, IPT(1982)*, a expansão da agroindústria energética traz como conseqüência a aceleração do processo de substituição de alimentos, que tem por sua vez, implicações na distribuição de renda pelo aumento de preço dos alimentos. Entretanto, a utilização da biomassa que é excedente, considerada resíduo de um processo de produção causa menor alteração no equilíbrio de mercado.

Conclusões

Como mostrado anteriormente, a biomassa residual da colheita dos principais grãos no Brasil tem significativo potencial energético. Potencial que pode ser utilizado no processo de secagem dos próprios grãos ou como substituto do óleo combustível em alguns setores como o agropecuário, as indústrias de alimentos e bebidas, têxtil e cerâmica. As regiões de maior potencial para instalação de usinas geradoras de energia a partir destes grãos, no estado de São Paulo estariam localizadas nos EDRs de Assis, Avaré e Itapeva.

A utilização da biomassa residual para geração de energia traz benefícios ambientais pela redução de uso de outras fontes não renováveis. A utilização da biomassa como combustível poderia ainda agregar valor a produção agrícola, através da comercialização dos resíduos ou de aproveitamento desta energia nas próprias propriedades agrícolas.

Referências

- 1) COELHO, SUANI T., CRISTIANO, ORLANDO S., CONSÍGLIO, MARCELO, PISETTA, MARCELO e MONTEIRO, M. BEATRIZ - PROJETO BRA/00/029 – Agência Nacional de Energia Elétrica-ANEEL. **Capacitação do Setor Elétrico Brasileiro em Relação à Mudança Global do Clima**, Brasília, 2002.
- 2) DEMIRBAS, AYHAN. **Biomass Resource Facilities and Biomass Conversion Processing for Fuel and Chemicals**. Energy Conversion & Management, 2001, v. 42, pg. 1357-1378.
- 3) SOUZA, SAMUEL N.M., SORDI, ALEXANDRE, OLIVA, CARLOS A. **Potencial de Energia Primária de resíduos Vegetais no Paraná**. Campinas, AGRENER - 4^o Encontro de Energia no Meio Rural, 2002.
- 4) SILVA, IVETE TEIXEIRA, SILVA, ISA MARIA OLIVEIRA e ROCHA, BRÍGIDA RAMATI PEREIRA. **Geração de energia a partir de resíduos de mandioca para agricultura familiar no Estado do Pará**. Campinas, AGRENER - 4^o Encontro de Energia no Meio Rural, 2002.
- 5) KINTO, OSCAR TADASHI, GALVÃO, LUIS CLÁUDIO R., GRIMONI, JOSÉ AQUILES B. e UDAETA, MIGUEL EDGAR M. **Energia da gaseificação da biomassa como opção energética de desenvolvimento limpo**. Campinas, AGRENER - 4^o Encontro de Energia no Meio Rural, 2002.
- 6) NUNES, EDWAL RENÉ, GUARNIERI, LAURA C. **Perfil Técnico-Econômico da agroindústria no Estado de São Paulo. A Agroindústria energética e suas perspectivas**. Coordenadoria da Indústria e Comércio do Governo do Estado de São Paulo/IPT, 1982, 57p.
- 7) WILTSEE, G.A. **Lessons learned from existing biomass power plants**. California, BIOMASS, A GROWTH OPPORTUNITY IN GREEN ENERGY AND VALUE-ADDED PRODUCTS. Proceedings of the 4th Biomass Conference of the Americas, 1999.
- 8) MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. COORDENADORIA DE AGROENERGIA-CAERG. **Proposta de utilização energética de florestas e resíduos agrícolas**. Brasília, 1984. 166p.
- 9) INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS. **Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas**. Boletim 200; 6^a edição; IAC; Campinas; 1998. 396p.
- 10) INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA. **Previsões e Estimativas das Safras Agrícolas do Estado de São Paulo, Ano Agrícola 2003/04**. Disponível em < <http://www.iea.sp.gov.br/out/verTexto.php?codTexto=881&PHPSESSID=bbae450eb12cd73ee36bd5b4a43ca7e1> > Acessado em maio de 2004.

11) MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA. Balanço Energético Nacional 2003. Disponível em < <http://www.mme.gov.br/BEN/Ben.asp> > Acessado em maio de 2004.