

## Nota Técnica

### PODER CALORÍFICO DA MADEIRA DE *Eucalyptus grandis* E DA *Hevea brasiliensis*

S. D. Müzel\*, K. A. De Oliveira, F. A. S. Hansted, G. A. Prates, D. Goveia

UNESP – Univ Estadual Paulista, Campus de Itapeva, SP, Brasil

#### RESUMO

A biomassa é todo o material orgânico que, quando queimado, libera alguma forma de energia. Para utilização da biomassa é necessário conhecer o seu poder calorífico que está diretamente relacionada com o teor de umidade no combustível. O objetivo deste estudo é determinar o poder calorífico superior das espécies de *Eucalyptus grandis* e *Hevea brasiliensis*, visando conhecer seu potencial energético. Foi determinado o teor de umidade pelo método gravimétrico e poder calorífico superior através de uma bomba calorimétrica Ika. Os resultados do teor de umidade foram satisfatórios em comparação com os recomendados pela NBR 14929 (2003), DIN 51731 e ÖNORM M7135. O poder calorífico superior foi considerado adequado comparando com os encontrados na literatura, por conseguinte, estes materiais mostraram ter um bom potencial energético, podendo ser utilizados para queima, como biomassa ou na produção de pellets.

**Palavras-chave:** Biomassa, Potencial energético, Poder calorífico Superior.

#### WOOD CALORIFIC POWER FROM *Eucalyptus grandis* AND *Hevea brasiliensis* SPECIES

#### ABSTRACT

Biomass is all organic material, which when burned, releases some form of energy. In order to characterize biomass burning it becomes necessary to know its calorific value that is directly related to the moisture content on the fuel. The objective of this study is to determine the high heating value from particles of the species *Eucalyptus grandis* and *Hevea brasiliensis*, aiming to know its energy potential. To accomplish this it was determined the moisture content by gravimetric method, and the high heating value was determined by an isothermal calorimeter Ika bomb. The results for moisture content were satisfactory compared with those recommended by the NBR 14929 (2003), DIN 51731 and ÖNORM M7135, and as the high heating calorific value was considered appropriate and for what it is worth greater than the usual values found in literature, therefore this material has proved to have a good power potential and can be used for burning, and also on power generation.

**Keywords:** Biomass, Energy potential, Heating value.

---

\* [nanymuzel@gmail.com](mailto:nanymuzel@gmail.com)

## INTRODUÇÃO

Existem diversas fontes de energia disponíveis para o desenvolvimento das atividades sociais, seja na indústria, nos transportes ou domésticas, pois é necessário haver uma fonte de energia que possibilite o funcionamento das máquinas e realização dos trabalhos (PINHEIRO et al., 2013). As fontes de energia podem ser classificadas dentro de uma matriz energética em renováveis e não renováveis.

Atualmente, a maior parte do consumo de energia é baseada em fontes não renováveis, como por exemplo, o petróleo e o carvão mineral, o que gera diversas questões ambientais e econômicas. Muitos países vêm buscando a redução das energias provenientes desses combustíveis, principalmente no setor industrial, devido às grandes pressões ambientais. A procura por outras fontes de energia primária e secundária tornou-se uma das grandes preocupações da humanidade, gerando diversas discussões sobre as matrizes energéticas, que atualmente ocupam grande espaço na mídia e nos centros de pesquisas tecnológicas, onde o grande desafio consiste em descobrir fontes de energia renováveis, baratas e “limpas”.

Diversos autores definem as fontes de energia renováveis como aquelas inesgotáveis, pois podem ser encontradas na natureza em grande abundância ou possuem capacidade de rápida regeneração por meios naturais, como por exemplo as energias: eólica, solar, hidráulica, geotérmica e da biomassa. Essas são tidas como energias limpa, pois não liberam poluição durante sua produção (raios solares, ondas, etc) , durante o seu consumo, a quantidade dos gases causadores do efeito estufa são mais brandos, se comparados ao das fontes de energia não renováveis (COSTA et al., 2012; CINTRA, 2009).

Uma das fontes de energia renovável de maior potencial de crescimento nos próximos anos é a biomassa. 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 bicomustíveis, como o biodiesel e o etanol, cujo consumo é crescente em substituição a derivados de petróleo como o óleo diesel e a gasolina. (ANEEL, 2013).

A energia que é gerada por meio da decomposição de materiais orgânicos que pode 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. O material pode ser transformado em energia por meio dos processos de combustão, gaseificação, fermentação ou na produção de substâncias líquidas (ANNEEL, 2013; CINTRA, 2009).

Evolução do consumo mundial de energia, baseada em combustíveis fósseis, conduziu a humanidade para uma matriz energética insegura, cara e, sobretudo, bastante negativa para o meio ambiente. Isso tem levado muitos países a considerarem a necessidade de profundas mudanças, incluindo a intensificação do aproveitamento de outras fontes energéticas, sobretudo as renováveis, incluindo-se material lignocelulósicos, que tem ganhado destaque em vários países devido à grande quantidade disponível deste material produzido pelo setor agroflorestal (BRITO, 2007).

Um desses materiais é a madeira que se tratando de um recurso natural renovável, que pode ter sua produção sustentável e não possui o caráter poluidor de outras fontes

fósseis e ainda a vocação florestal brasileira e sua grande área geográfica, se tornou um dos materiais utilizados como o energético primário consumido no Brasil (VALE et al., 2000).

Para um aproveitamento racional e adequado do material é necessário conhecer as suas propriedades energéticas. Um excelente parâmetro para se avaliar o poder energético de combustíveis é o poder calorífico (PROTÁSIO et al., 2011), que pode ser definido como a quantidade de energia na forma de calor liberada durante a combustão completa de uma unidade de massa ou volume dependendo do material combustível (JARA, 1989 *apud* Quirino, 2005). Quanto mais alto for o poder calorífico, maior será a energia contida. Todo combustível possui dois tipos de poder calorífico, um chamado de poder calorífico superior e outro de poder calorífico inferior.

O Poder Calorífico Superior (PCS) é quando a combustão se efetua a volume constante e no qual a água formada durante o processo é condensada e o calor latente do vapor de água não é perdido (PROTÁSIO et al., 2011). Ele é obtido através de equipamentos apropriados denominados de calorímetros.

E o poder calorífico inferior (PCI) é obtido sem levar em consideração o calor latente do vapor da água. A água gerada é perdida sob forma de vapor pelo sistema, levando consigo uma parte da energia liberada pelo material, sendo o calor latente do vapor da água (PIMENTA et al., 2000).

Segundo os mesmos autores, o poder calorífico inferior retrata melhor o comportamento do combustível, pois, na maioria dos processos, os gases da combustão são perdidos em temperaturas acima do ponto de ebulição da água, carregando consigo uma quantidade de energia correspondente ao calor latente de vaporização.

Algumas características da madeira podem influenciar o valor do seu poder

calorífico. Quanto menor a umidade da madeira, maior será a produção de calor por unidade de massa, assim como uma maior densidade da madeira, geram maior poder calorífico por unidade de volume. De acordo com VALE et al., (2000), o teor de umidade da madeira não deve ser superior a 25%, pois reduz o PCS.

Os constituintes químicos da madeira, também podem gerar influências sobre os valores do poder calorífico (FARIANHAQUE, 1981 *apud* VALE et al., 2000; PEREIRA et al., 2000). Como exemplo tem-se o enxofre e as cinzas, que são considerados as principais impurezas dos combustíveis. A combustão do enxofre, presente nos combustíveis fósseis, gera o dióxido de enxofre ( $SO_2$ ), que pode combinar-se com a água e formar ácido sulfúrico diluído ou pode se transformar na atmosfera em outro composto potencialmente perigoso (QUIRINO, 2004).

### ***Futuro da Matriz energética***

De acordo com GOLDEMBERG & LUCON, (2007) as decisões de um país na área de energia não podem ser calcadas em meros modelos, já que a matriz energética brasileira depende dos rumos que o desenvolvimento econômico do país vai seguir. A necessidade de uma política energética que reconheça esse fato fundamental é crescente, visto que parte do sistema energético foi privatizado e depende, portanto, de investimentos não-governamentais que não ocorrerão a não ser que regras claras sejam estabelecidas. O autor ainda afirma que o licenciamento ambiental de empreendimentos deve ser obedecido. E que é possível diminuir muitos dos impactos e, com políticas corretas, prévias e transparente estudo de impacto ambiental, proceder a compensações ambientais justas.

A definição do perfil industrial brasileiro tem grande impacto na quantidade e no tipo de energia final que teremos que produzir. Historicamente, o país é um grande

produtor de produtos que demandam um grande uso de energia na sua produção, como papel e celulose, ferro e aço e alumínio. A mudança desse perfil para produtos menos energéticos pode alterar, no longo prazo, a demanda de energia no país e adicionar valor à nossa produção e exportações (GOLDEMBERG et al., 2007; GAY et al., 1998).

De acordo com GAY et al, (1998) que realiza pesquisas voltadas à utilização de

## MATERIAL E MÉTODO

As espécies escolhidas para esse estudo foram as de *Eucalyptus grandis* e *Hevea brasiliensis* dos clones RRIM 600 e GT1, visto que a madeira de *Eucalyptus* é atualmente a espécie mais utilizada para a produção de carvão no Brasil. Já a espécie *Hevea brasiliensis* conhecida como seringueira, tem sua exploração econômica direcionada principalmente para a extração do látex e quando se caracteriza o final da vida produtiva nessa atividade, procede-se a derrubada das árvores, para reformulação do plantio e a madeira, na maioria das vezes, é utilizada para fins energéticos (PALMA, 2010).

Para a análise do material foram geradas partículas segundo as recomendações da norma TAPPI T257 cm-85 que são as que passaram pela peneira de 32 mesh e ficaram retidas na peneira de 60 mesh.

Inicialmente foi determinado o teor de umidade das partículas pelo método gravimétrico, utilizando uma amostra de aproximadamente 2g de material de ambas as espécies. Primeiramente foi determinada a massa úmida das amostras, na sequência o material foi levado a estufa a  $103 \pm 2$  °C, até se obter massa constante. O teste foi realizado em duplicata. Através dos dados de

novas energias, relata que pesquisas de opinião nos Estados Unidos, revelam que a maioria da população apoia o desenvolvimento de fontes renováveis de energia e está disposta a pagar por isso, e acrescenta que essa pesquisa pode ser relacionada à América do Norte, mas que serve de maneira geral para todas as nações.

massa coletadas pode-se calcular os teores de umidade através da Equação 1.

$$TU = [(MU - MS) / MU] * 100$$

Onde: TU = teor de umidade (%)

MU = massa úmida (inicial) da amostra (g)

MS = massa seca (final) da amostra (g)

Para a determinação do Poder Calorífico Superior (PCS) foi utilizado uma bomba calorimétrica, seguindo as recomendações da norma DIN 51900/ 2000 e NBR 14929 (2003). Para o teste primeiramente foi pesado aproximadamente, 1g de amostra de cada espécie em um cadinho de quartzo. Após a determinação da massa da amostra, o cadinho foi acoplado ao suporte da bomba calorimétrica e conectado o fio de algodão no fio de níquel presente na bomba calorimétrica. O equipamento foi ligado e o seu reservatório foi preenchido com água destilada e enriquecida com um produto, especificado pelo fabricante, que homogeneiza a água, e os dados referentes ao peso da amostra foram inseridos em um painel de controle. A bomba calorimétrica foi vedada e acoplada ao calorímetro para o início do teste de PCS.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Teor de Umidade das partículas (Tabela 1) estavam abaixo do valor recomendado pela NBR 14929 (2003), e com as normas de padrões internacionais ÖNORM M7135 e DIN 51731 que acarretar em menor capacidade energética para sua utilização como biomassa. A espécie de *Eucalyptus grandis* apresentou

recomendam valores abaixo de 12% para esse parâmetro de qualidade. O teor de umidade influencia diretamente no potencial energético, pois quanto maior a umidade menor será o poder calorífico, o que irá um PCS 9% maior que o da espécie de *Hevea brasiliensis* (Tabela 1).

**TABELA 1** – Valores médios do Teor de Umidade e Poder calorífico das amostras estudadas

Espécie	Teor de Umidade (%)	Poder Calorífico	
		J/g	Kcal/Kg
<i>Eucalyptus grandis</i>	11,06	17895	4274,15
<i>Hevea brasiliensis</i>	9,21	17879,5	4157,8

Segundo COUTO et al. (2008) o PCS de espécies de eucalipto varia entre 4.312 a 5.085 kcal/kg, portanto o valor obtido está dentro dessa faixa, tornando-o apto para o uso energético, considerando-se a avaliação do poder calorífico.

Apesar do grande emprego da madeira de seringueira para a produção de biomassa, não há muitos estudos sobre seu poder calorífico, pois no Brasil essa espécie não é muito utilizada comercialmente. Já nos países onde seu emprego é em larga escala, como nos países da região sul e sudeste da Ásia (Tailândia, Malásia, Índia, Indonésia e Vietnam) e também na China, suas plantações são direcionadas para a produção de móveis e painéis derivados de madeira

como o compensado e o OSB (Oriented Strand Board).

Segundo TRUGILHO (2012) a madeira de folhosa possui um PCS médio de 4.500 Kcal/Kg, esse valor pode variar de acordo com a espécie e composição química, a qual é responsável por essa variação, estando relacionada diretamente aos teores de lignina, cinzas e extrativos. Sendo a seringueira uma folhosa, pertencente à família da Euphorbiaceae, pode-se dizer que o valor encontrado está abaixo do citado pela literatura, bem como o valor médio encontrado para a espécie de eucaliptos. Já BRITO (1993), afirma que o PCS para folhosas tropicais está entre 3.500 a 5.000 kcal/kg, portanto o poder calorífico encontrado neste trabalho satisfaz essa faixa.

## CONCLUSÕES

A partir dos resultados pode-se concluir que as espécies de madeira de *Hevea brasiliensis* e *Eucalyptus grandis* atendem as recomendações da ABNT NBR 14929/2003 e as normas internacionais relativas ao teor de umidade e de poder

calorífico encontrados na literatura. Por conseguinte, concluir-se que ambos os materiais possuem um bom potencial energético e pode ser utilizado para produzir *peletes*, tendo em vista a geração de energia.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANEEL. Biomassa. Disponível em: <[http://www.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas\\_par2\\_cap4.pdf](http://www.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas_par2_cap4.pdf)>. Acesso em: 22 set. 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14929 - Madeira- Determinação do teor de umidade de cavacos - Método por secagem em estufa. Rio de Janeiro, 2003.
- BRITO, J. O. O uso energético da madeira. **Estudos avançados**, Rio de Janeiro. 2007.
- BRITO, J.O. Expressão da produção florestal em unidades energéticas. In: VI CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6., PAN AMERICANO, 1., 1993, Curitiba, Anais... Curitiba: SBS, 1993. p.280-282.
- CINTRA, T.C. Avaliações Energéticas de Espécies Florestais Nativas Plantadas na Região do Médio Paranapanema, SP, 2009.
- COSTA, V S; SANTOS, H; VARGAS, M A M. VENTOS DE (IN) SUSTENTABILIDADE: UMA ANÁLISE DO POTENCIAL EÓLICO DO MUNICÍPIO DE BARRA DOS COQUEIROS-SE. I Seminário Nacional de Geologia e Planejamento Territorial, Sergipe, 11-13 abr. 2012.
- COUTO, Laércio; MÜLLER, Marcelo Dias; Florestas energéticas no Brasil. In: CORTEZ, Luís Augusto Barbosa et al; **Biomassa para energia**. Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2008. p. 93-110.
- DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG. DIN 51731: Testing of solid fuels – Compressed untreated wood, **Requirements and testing**. Berlin, 1996.
- GAY, C.F; MOON, S; BROWN, H. Momentum at Last: Perspectives on the U.S. Renewable Energy Industry. Energy Sources, p. 97-102. 1998.
- GIRARDI, G. Energia renovável pode crescer 47% no Brasil até 2050. **Exame**, São Paulo, n. , p.2-2, 28 ago. 2013. Mensal.
- GOLDEMBERG, J; LUCON, O. Energia e meio ambiente no Brasil. **Estudos avançados**, Rio de Janeiro. 2007.
- OSTREICHES NORMUNGS INSTITUT. ONORM M 7135. Compressed wood or compressed bark in natural state – pellets and briquettes, **Requirements and test specifications**, Vienna, 2000.
- PALMA, H A L. Propriedades técnicas e utilização da madeira da seringueira. In: VII Ciclo de palestras sobre a heveicultura paulista. 2010, São José do Rio Preto.
- PEREIRA, J.C.D et al. Característica da madeira de algumas espécies de eucalipto plantadas no Brasil. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**. Pará, 2000.
- PINHEIRO, C et al. Matrizes energéticas e energia nuclear. Disponível em: <<http://matriz-e-energia.blogspot.com.br/p/matrizes-energeticas.html>>. Acesso em: 19 set. 2013.
- PROTÁSIO, T P et al. Relação entre o poder calorífico superior e os componentes elementares e minerais da biomassa vegetal. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 31, n. 66, p.113-122, abr. 2011. Trimestral.
- QUIRINO, W F et al. PODER CALORÍFICO DA MADEIRA E DE RESÍDUOS LIGNOCELULÓSICOS. **Biomassa & Energia**, v. 1, n. 2, p.173-182. 2004.

TRUGILHO, P F. ENERGIA DA BIOMASSA FLORESTAL. 2012. Palestra. Disponível em: <<http://malinovski.com.br/CongressoFlorestal/Palestras/Palestra-05.pdf>>. Acesso em: 20 out. 2014.

VALE, A T et al. Produção de energia do fuste de *Eucalyptus grandis* hill ex- maiden e *Acacia mangium* willd em diferentes níveis de adubação. **Cerne**, Lavras, v. 6, n. 1, p.83-88, 2000.