

Influência da Umidade no Poder Calorífico Superior da Madeira

*Edson Alves de Lima¹
Eros Michel Abdala²
Adalberto Aparecido Wenzel³*

A madeira é combustível vital para o preparo de alimento para um enorme número de famílias e comunidades em diversas regiões do planeta. Estima-se que, de cada seis pessoas, duas utilizam a madeira como a principal fonte de energia, particularmente para famílias de países em desenvolvimento, principalmente em processos de secagem, cozimento, fermentações e produção de eletricidade (BRITO et al., 2007).

A utilização de uma determinada madeira para fins energéticos deve basear-se, entre outros, no potencial para produção de biomassa do indivíduo (característica intrínseca da árvore, clone, espécie ou gênero) e, em relação à madeira propriamente dita, no conhecimento do seu poder calorífico, além do seu teor de umidade (quantidade de água presente na madeira expressa em percentual da massa total).

Geralmente, no momento do corte da árvore, a umidade está acima de 60 %, porém, por sua natureza higroscópica, decorrente de sua composição química – polímeros de celulose, hemicelulose e lignina (BORGES;

QUIRINO, 2004) – a madeira é capaz de absorver ou liberar água para o meio ambiente.

Existem dois tipos de água na madeira, que devem ser considerados por ocasião da secagem para fins energéticos: 1) Água de capilaridade (água livre) localizada nos vasos, meatos, canais e lúmen das células, podendo ser facilmente retirada. Quando toda a água de capilaridade é retirada da madeira, remanescendo apenas a água de adesão (por exemplo: na secagem da madeira no campo), diz-se que a madeira atinge o seu ponto de saturação das fibras (PSF). Normalmente, o PSF varia de 22 % e 30 % de umidade, dependendo da espécie. 2) Água de adesão ou higroscópica (água presa), que é ligada às fibras da madeira. A retirada da água higroscópica é mais difícil e mais lenta, sendo necessária a utilização de energia no processo de secagem.

Quando a madeira é utilizada para geração de energia, a umidade influencia negativamente na quantidade de calor liberado durante a queima, diminuindo a eficiência energética. Durante a queima da madeira,

¹Engenheiro Agrícola, Doutor, Pesquisador da *Embrapa Florestas*. edson@cnpf.embrapa.br

²Graduando em Biologia, Estagiário da *Embrapa Florestas*.

³Graduando em Engenharia Florestal, Estagiário da *Embrapa Florestas*.

parte da energia liberada é utilizada para evaporar a água relativa ao teor de umidade, diminuindo o poder calorífico superior. Por definição, poder calorífico superior (PCS) é a quantidade de calor liberado pela queima, de modo que a água proveniente da queima esteja em estado líquido (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1984).

O objetivo desse trabalho foi avaliar a variação do poder calorífico superior em função da umidade na madeira.

Para execução deste trabalho, foram amostrados discos coletados no diâmetro à altura do peito (DAP) em plantio de *Eucalyptus benthamii* de sete anos no Município de Guarapuava, PR. Os discos foram moídos e transformados em serragem utilizando-se moinho de facas. A serragem foi acondicionada em estufa com circulação de ar forçada a 105 °C por 72 horas para obtenção do peso seco. Com a serragem seca, foram separadas seis amostras de 100 g, às quais foram acrescidas água destilada até obter pesos proporcionais a 10 %, 20 %, 30 %, 40 %, 50 % e 60 % de umidade em base úmida, mais a testemunha com 0 % de umidade (Tabela 1). Para o cálculo da umidade desejada, utilizou-se a seguinte expressão [(peso úmido - peso seco)/peso úmido] x 100.

Tabela 1. Peso seco inicial da amostra de madeira de *E. benthamii* (g), quantidade de água adicionada à amostra (g) e umidade final desejada (%).

Peso da amostra seca (g)	Água adicionada (g)	Umidade final em base úmida (%)
100,00	-	0
100,00	11,11	10
100,00	25,00	20
100,00	42,85	30
100,00	66,67	40
100,00	100,00	50
100,00	150,00	60

Em seguida, as amostras foram acondicionadas em recipientes hermeticamente fechados e levadas para uma câmara de germinação permanecendo por 14 dias a 20 °C. Após este período, foi realizada a

determinação do poder calorífico superior, utilizando-se um calorímetro (IKA, modelo 5.000), conforme a norma NBR 8633/1984 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1984).

Os dados foram analisados conforme delineamento inteiramente casualizado através do programa estatístico SAEG (SAEG, 2007), com cinco repetições para cada tratamento (umidade).

Pela análise estatística, houve efeito significativo da umidade no poder calorífico superior da madeira ($p < 0,05$). A variação dos valores de PCS em função do conteúdo de umidade foi determinada por meio da análise de regressão linear, na qual observa-se que o poder calorífico é inversamente proporcional à umidade da madeira (Fig. 1). Isso ocorre porque, durante a combustão, parte da energia liberada durante a queima é utilizada para mudança do estado físico da água (referente à umidade), de líquido para gasoso (vaporização).

Para cada unidade de umidade que aumenta, diminui-se 0,1858 kJ kg⁻¹ no poder calorífico da madeira de *E. benthamii*. Em termos práticos, cada tonelada de madeira queimada com 30 % de umidade (madeira seca ao ar livre – no campo) equivale a 1,37 tonelada de madeira queimada com 50 % de umidade. Esses resultados evidenciam a importância da secagem da madeira para o melhor aproveitamento da energia, que em muitos casos é negligenciada, levando à baixa eficiência energética.

A madeira com 0 % de umidade apresentou poder calorífico de 19.264 kJ.kg⁻¹ enquanto que, com 50 % de umidade, o poder calorífico caiu para 10.078 kJ.kg⁻¹ (Fig. 1). Isto significa que, do ponto de vista de eficiência energética, se a queima for realizada com 50 % de umidade, teremos somente 52 % de toda energia aproveitada. No entanto, na prática, dificilmente teremos madeiras com 0 % de umidade, já que a umidade de equilíbrio da madeira fica próxima ao ponto de saturação das fibras (22 % a 30 %), e nesta faixa o poder calorífico variou de 15.549 kJ.kg⁻¹ a 14.063 kJ.kg⁻¹. Neste caso, teremos a eficiência energética variando de 73 % a 79 %.

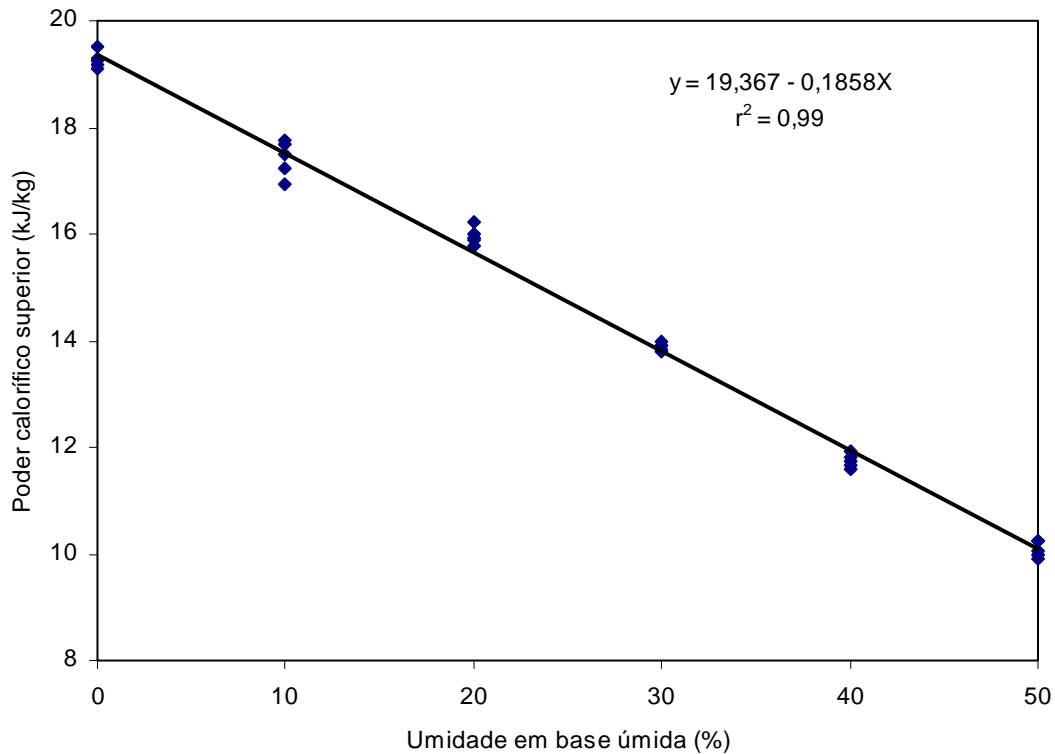


Fig. 1. Poder calorífico superior em função da umidade da madeira de *E. benthamii*.

Conclusões

O poder calorífico da madeira é inversamente proporcional ao seu teor de umidade no momento da queima.

Quando se utiliza a secagem da madeira no campo, o poder calorífico do *E. benthamii* varia de 14.063 kJ.kg⁻¹ a 15.549 kJ.kg⁻¹.

A partir de 60 % de umidade, não ocorre combustão da madeira devido à elevada quantidade de água presente.

A secagem da madeira aumenta a quantidade de energia aproveitável durante a queima.

Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8633**: carvão vegetal: determinação do poder calorífico: método de ensaio. Rio de Janeiro, 1984. 13 p.
- BORGES, L. M.; QUIRINO, W. F. Higroscopicidade da madeira de *Pinus caribaea* var. hondurensis tratado termicamente. **Revista Biomassa & Energia**, v. 1, n. 2, p. 173-182, abr./jun. 2004.
- BRITO, J. O.; SILVA, H. D. da; SILVA JÚNIOR, F. G.; MAGALHÃES, W. L. E. Florestas energéticas. In: ALBUQUERQUE, A. C. S.; SILVA, A. G. da (Ed.). **Agricultura tropical: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. v. 1, p. 735-751.
- SAEG: sistema para análises estatísticas: versão 9.1. Viçosa, MG: Fundação Arthur Bernardes, 2007. Disponível em: <<http://www.ufv.br/saeg/>>. Acesso em: 10 dez. 2008.

Comunicado Técnico, 220

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:
Embrapa Florestas
Endereço: Estrada da Ribeira Km 111, CP 319
Fone / Fax: (0**) 41 3675-5600
E-mail: sac@cnpf.embrapa.br

1ª edição

1ª impressão (2008): conforme demanda

Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento



Comitê de Publicações

Presidente: Patrícia Póvoa de Mattos
Secretária-Executiva: Elisabete Marques Oaida
Membros: Álvaro Figueredo dos Santos, Dalva Luiz de Queiroz, Edilson Batista de Oliveira, Elenice Fritzsos, Jorge Ribaski, José Alfredo Sturion, Maria Augusta Doetzer Rosot, Sérgio Ahrens

Expediente

Supervisão editorial: Patrícia Póvoa de Mattos
Revisão de texto: Mauro Marcelo Berté
Normalização bibliográfica:
Editoração eletrônica: Mauro Marcelo Berté