

# ZÉ PACEL FALA SOBRE ENERGIA...



**Pergunta enviada pelo leitor:** Qual a importância do poder calorífico nos processos de cogeração de energia?

Por Ligia A. A. Alves de Souza e Pâmela Coelho Tambani (lcl@ipt.br) – Laboratório de Combustíveis e Lubrificantes do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT)

O poder calorífico de um material corresponde à quantidade de energia liberada na forma de calor durante a combustão completa de uma unidade de massa. Desta forma, o poder calorífico é um parâmetro chave na avaliação da qualidade e viabilidade de diferentes combustíveis para a geração de energia térmica, influenciando também no design do sistema de combustão. O conteúdo energético determina também o preço do combustível, sendo importante nas operações de compra e venda.

O conceito de poder calorífico pode ser expresso de duas formas:

- Poder Calorífico Superior (PCS): refere-se ao calor liberado pela combustão completa de uma unidade de massa do combustível, no qual a água presente ou formada durante a reação

de combustão é condensada e o calor que é derivado desta condensação é recuperado. Desta forma, a energia total liberada é mensurada.

- Poder Calorífico Inferior (PCI): corresponde à energia efetivamente disponível por unidade de massa de combustível, pois é subtraído do PCS o calor associado à condensação do vapor de água formado na combustão.

Em aplicações industriais, como a água gerada na combustão não se condensa, ou seja, o vapor de água é perdido para o meio ambiente, deve-se determinar o poder calorífico inferior, pois é ele que representa melhor as condições da combustão em aquecedores ou caldeiras industriais. Como a biomassa é utilizada conforme recebida,

Todo conteúdo da versão impressa também na versão on-line



é necessária também a correção do poder calorífico inferior em função da umidade apresentada pelo combustível, sendo esta propriedade conhecida na indústria como Poder Calorífico Útil (PCU).

Os métodos usuais para a determinação do PCS de combustíveis sólidos são os descritos nas normas ASTM D5865 "Standard Test Method for Gross Calorific Value of Coal and Coke" e BS EN ISO 18125 "Solid biofuels. Determination of calorific value". A determinação consiste em queimar uma pequena quantidade de material na presença de oxigênio dentro de uma câmara fechada e o calor liberado da combustão é mensurado. O poder calorífico é expresso normalmente em kcal/kg ou MJ/kg, sendo que 1MJ/kg equivale à 238,8 kcal/kg.

Já o PCI do material seco é obtido através do seguinte cálculo envolvendo os valores de PCS e do teor de hidrogênio (H), sendo este último determinado usualmente pelos métodos descritos nas normas ASTM D5373-16 "Standard Test Methods for Determination of Carbon, Hydrogen and Nitrogen in Analysis Samples of Coal and Carbon in Analysis Samples of Coal and Coke" ou DIN EN ISO 16948 "Solid Biofuels – Determination of total content of carbon, hydrogen e nitrogen".

$$PCI = PCS - (0,2155 \times H)$$

Biomassas derivadas da madeira apresentam uma variação de poder calorífico entre as espécies e também dentro da própria espécie, dependendo da sua constituição química. O valor típico de poder calorífico superior em base seca destas biomassas está em torno de 20 MJ/kg, sendo geralmente mais elevado que o das biomassas herbáceas. Outro resíduo da indústria de celulose que também é utilizado na cogeração de energia é o licor negro. Este produto apresenta poder calorífico superior em base seca em torno de 12,6 MJ/kg a 14,1 MJ/kg, que varia em função das variáveis do processo no qual é obtido (tempo, temperatura e concentração de álcalis). ■

## Referências

1. Cai, J; He, Y; Yu, X. et al. Review of physicochemical properties and analytical characterization of lignocellulosic biomass. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 76(2017) 309-322
2. Dal Farra, F. C. P. Análise Econômico-Energética de Utilização de Resíduo Industrial Florestal para Geração de Energia Térmica: Um Estudo de Caso. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", 2004.
3. Telmo, C.A; Lousada B. J; Moreira N. B. Proximate analysis, backwards stepwise regression between gross calorific value, ultimate and chemical analysis of wood. *Bioresource Technology* 101 (2010) 3808–3815
4. Dymond, C.C; Kamp, A. Fibre use, net calorific value, and consumption of forest-derived bioenergy in British Columbia, Canada. *Biomass and Bioenergy* 70(2014) 217-224.
5. Feria, M. J; García, J. C; Díaz, M. J; Garrote, G; López, F. Optimization the soda-AQ process for cellulose pulp production and energy content of black liquor from *L. leucocephala* K360. *Bioresource Technology* 120 (2012) 173–179.
6. Prediction of Calorific Value of Biomass from Proximate Analysis 3rd International Conference on Energy and Environment Research, ICEER 2016, 7-11 September.
7. Özyuguran, A; Yaman, S. *Energy Procedia*. Volume 107, February 2017, Pages 130-136.
8. Ozveren, U. An artificial intelligence approach to predict gross heating value of lignocellulosic fuels. *Journal of the Energy Institute* 90 (2017) 397- 407.
9. EMBRAPA. Poder Calorífico do Capim-Elefante para a Geração de Energia Térmica.

## Mande a sua pergunta para o Zé Pacel!

A revista *O Papel* lançou a coluna Pergunte ao Zé Pacel para que você possa enviar suas dúvidas técnicas sobre procedimentos de ensaios relacionados ao setor de celulose e papel, normalizados ou não; procedimentos elaborados pelas Comissões Técnicas da ABTCP, que se tornaram normas ABNT; normas correlatas da ABNT; aplicação de determinadas normas ou metodologias; expressão de resultados de parâmetros; transformação de unidades e definição de termos da área de celulose e papel. Mesmo que suas dúvidas sejam sobre outros assuntos, é importante lembrar que este espaço não presta consultoria técnica, mas destina-se apenas a esclarecer dúvidas relativas ao setor de base florestal. Participe! O Zé Pacel está aguardando sua pergunta! **Escreva-nos pelo e-mail [tecnica@abtcp.org.br](mailto:tecnica@abtcp.org.br)**.

**Coordenadoras da coluna:** Maria Luiza Otero D'Almeida ([malu@ipt.br](mailto:malu@ipt.br)), pesquisadora do Laboratório de Papel e Celulose do IPT, superintendente do ABNT/CB29 – Comitê Brasileiro de Celulose e Papel e coordenadora das Comissões de Estudo de Normalização de Papéis e Cartões Dielétricos e de Papéis e Cartões de Segurança. Viviane Nunes ([viviane@abtcp.org.br](mailto:viviane@abtcp.org.br)), coordenadora técnica da ABTCP.