

## **Análise da Qualidade do Carvão para Consumo Doméstico de Quatro Municípios do Estado do Paraná<sup>1</sup>**

Adriana Ferla Oliveira<sup>2</sup>, Aline Bavaresco<sup>3</sup>, Carlos Alexandre Alves Pessuti<sup>4</sup>, Carolina Sayury  
Miyashiro<sup>4</sup>, Juliano Frank<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Aceito para Publicação no 3º Trimestre de 2015

<sup>2</sup>Professora do Departamento de Engenharia e Exatas na Universidade Federal do Paraná- UFPR,  
adrianaferla@ufpr.br

<sup>3</sup>Mestranda em Bioenergia na Universidade Federal do Paraná- UFPR, aline.bava@gmail.com

<sup>4</sup>Graduandos em Tecnologia em Biocombustíveis pela Universidade Federal do Parana- UFPR,  
carlos\_pessuti@hotmail.com, carol.sayury@gmail.com, julianofrank\_@hotmail.com

### **Resumo**

Neste trabalho, objetivou-se verificar a origem, o teor de umidade, teor de carbono fixo, teor de materiais voláteis, teor de cinzas e o poder calorífico superior de diferentes marcas de carvões vegetais comercializadas e comparar com os padrões exigidos pelo Selo Premium – SP. As análises foram realizadas com oito amostras de carvão vegetal adquiridas em estabelecimentos comerciais nos municípios paranaenses de Palotina, Altônia, Toledo e Ouro Verde do Oeste. Quanto a origem, cinco são de carvões vegetais oriundos do Paraguai, as demais amostras têm origem no Estado do Paraná. Todas as amostras possuem registro no IBAMA e são de madeiras de reflorestamento ou exóticas. O teor de umidade determinado foi de 4,02 – 7,77%, o teor de carbono fixo de 53,94 - 81,06%, o teor de materiais voláteis de 14,53 – 40,70% e o teor de cinzas de 2,96 - 18,11% e o poder calorífico superior de 22584,0 J/g - 31166,5 J/g. Os valores

determinados são condizentes com aqueles encontrados na literatura no entanto, nenhuma marca cumpriria as exigências do Selo Premium totalmente.

**Palavras-chave:** biomassa, carvão, energia.

## CHARCOAL QUALITY ANALYSIS FOR DOMESTIC CONSUMPTION OF FOUR MUNICIPALITIES IN THE STATE OF PARANÁ

### **Abstract**

In this work, aimed to verify the source, moisture content, fixed carbon content, volatile materials content, ashes content and the calorific value of different brands of charcoals marketed and compare with the standards required by the Premium Seal - SP. The analyses were carried out with eight charcoal samples purchased at merchants in the municipalities of Paraná of Palotina, Altônia, Toledo and Ouro Verde do Oeste. As the source, five are charcoals from Paraguay, the remaining samples originate in the State of Paraná. All samples have registration in IBAMA and are reforestation wood or exotic. The moisture content determined was 4,02 to 7,77%, fixed carbon content 53,94 to 81,06%, volatile materials 14,53 to 40,70% and ashes 2,96 to 18,11% and higher heat capacity power 22584,0 J/g to 31166,5 J/g. Certain values are consistent with those found in the literature, however, no brand would fulfill the requirements of the Premium Seal completely.

Keywords: biomass, charcoal, energy.

### **Introdução**

O Brasil destaca-se mundialmente como maior produtor e consumidor de carvão vegetal, sendo o único país do mundo no qual este insumo tem uma aplicação industrial em grande escala, como destino principal, a produção de ferro gusa e aço e ainda de ferro ligas (CALAIS, 2009, MME, 2015a).

A madeira utilizada para a produção de carvão tem duas origens básicas: florestas plantadas que, no Brasil, em sua grande maioria, são espécies do gênero *Eucalyptus* e florestas nativas, das quais as espécies florestais são abatidas (BRITO; BARRICHELO, 2006).

No ano de 2012 verificou-se um aumento de 23,5% na produção de carvão vegetal a partir de florestas plantadas (5.097.809 t) em comparação ao ano de 2011, sendo o estado de Minas Gerais o maior produtor (4.335.499 t) respondendo por 85,0% da produção nacional. No mesmo ano, a produção nacional de carvão vegetal de florestas nativas foi de 1.159.695 t; 14,2% a menos que em 2011. Os estados do Maranhão e Mato Grosso do Sul concentraram 52,2% da produção, com 346.277 t e 259.616 t, respectivamente (IBGE, 2013). No Brasil existe um déficit de florestas plantadas para produção de carvão de 600 mil hectares, considerando-se as diferentes rotações dos povoamentos florestais e sua produtividade (CALAIS, 2009).

A carbonização da madeira consiste no seu aquecimento a temperatura entre 350°C e 500°C, na presença controlada de oxigênio, aumentando o teor de carbono a partir de modificações de seus componentes. Para a produção de carvão vegetal, a madeira deve conter maior teor de lignina e menor teor de holoceluloses, bem como maior densidade (PALUDZYSYN FILHO, 2008, VITAL et al., 2013). Fatores como impurezas, temperatura de carbonização, taxa de aquecimento e pressão afetam o rendimento e qualidade do carvão produzido (CARNEIRO et al., 2013).

Existem avanços tecnológicos na produção de carvão, no entanto, no Brasil o carvão vegetal continua sendo produzido em fornos rudimentares, 60% em fornos “rabo quente”, 10% em fornos de superfície, 20% em fornos retangulares e 10% com outras tecnologias (BRITO, 2008).

Algumas propriedades do carvão como teor de carbono fixo, densidade e resistência são essenciais para o uso siderúrgico, o maior consumidor (SANTOS, 2008). Entretanto, a qualidade do carvão vegetal para o uso doméstico é duvidosa, pois o controle da carbonização é difícil na maioria dos fornos utilizados (COUTINHO; FERRAZ, 1988). Para uso doméstico, o carvão vegetal de boa qualidade deve apresentar alta densidade relativa aparente, alto teor de carbono fixo, alto poder calorífico, baixa umidade, baixo teor de materiais voláteis e baixo teor de cinzas (RIBEIRO; VALE, 2006).

No Brasil, até o ano de 2008, uma significativa quantidade legal de carvão vegetal provinha da importação de países como Paraguai e Bolívia. Em 2003 foram importadas 24.780 toneladas, sendo a maior parte (72%) proveniente do Paraguai (FONTES; SILVA, 2004), das quais 92,84% foram destinadas para o Estado do Paraná e 6,40% para o Mato Grosso do Sul. Em 2008, a maior parte da exportação de carvão vegetal do Paraguai (76,6%) foi destinada para o Brasil, contudo, em função do baixo valor agregado na operação, em 2009 este valor caiu para 41,0%, sendo a maior parte distribuída para países como Espanha, Itália, Bélgica e Alemanha, que passaram a oferecer melhores preços (PARAGUAI, 2010).

O relatório do Balanço Energético Nacional (BEN) de 2014, com base de dados de 2013, mostra a quantidade de carvão vegetal produzida, importada e exportada desde o ano de 2004 (TABELA 1). Observa-se que a partir de 2008, o valor das importações decaiu chegando a zero no período de 2011 a 2013 (MME, 2015b).

**Tabela 1** – Carvão vegetal (dados em 10<sup>3</sup> toneladas).

<b>Fluxo</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>
<b>Produção</b>	10.085	9.893	9.559	9.958	9.892	6.343	7.379	7.636	7.310	6.615
<b>Importação</b>	52	90	158	15	1	1	1	0	0	0
<b>Exportação</b>	-28	-15	-13	0	0	0	0	0	0	0

**Fonte:** Adaptado do BEN, 2014 (MME, 2015b).

No Paraná, foram detectadas fraudes para esquentamento de carvão vegetal de origem ilegal, vindo do Paraguai em diversas empresas fiscalizadas. As fraudes são na ordem de 40 mil metros de carvão (310 caminhões bi-trem carregados) em saldos virtuais, tendo sido aplicados R\$ 13,4 milhões em multas. Nos locais onde deveriam funcionar empresas que comercializam carvão e haver grandes estoques, foram encontradas residências, igrejas e outros estabelecimentos (IBAMA, 2010).

A legislação encontrada, tanto no Brasil como no Paraguai, estão direcionadas para as políticas florestais (GONZÁLES; BACHA, 2007). Contudo, não definem os padrões de qualidade do carvão vegetal.

Como não existe uma norma nacional estabelecida para determinar a qualidade do carvão vegetal, o Estado de São Paulo criou em 2003 o Selo Premium atribuído para Carvão Vegetal Premium que é aquele oriundo de madeira de florestas plantadas, submetida ao processo de carbonização em fornos especialmente construídos para este fim. O objetivo deste selo é padronizar características de qualidade para o carvão vegetal, como teores de carbono fixo, materiais voláteis e cinzas, práticas de processamento, faixa de tolerância para tamanho das peças de carvão embalado (SÃO PAULO, 2003).

Diante da falta de normas que padronizem a qualidade do carvão comercializado, este trabalho teve como objetivos verificar a origem, o teor de umidade, teor de carbono fixo, teor de materiais voláteis, teor de cinzas e poder calorífico superior de diferentes marcas de carvões vegetais comercializadas e comparar com os padrões estabelecidos pelo Selo Premium.

## **Materiais e métodos**

As análises foram realizadas com oito amostras de carvão vegetal adquiridas em estabelecimentos comerciais nos municípios paranaenses de Palotina, Altônia, Toledo e Ouro Verde do Oeste. As amostras foram analisadas no Laboratório de Química Orgânica e no Laboratório de Controle de Qualidade e Análise Instrumental da Universidade Federal do Paraná Setor – Palotina.

A análise química imediata foi realizada segundo a norma ASTM (D-3.172 até D-3.175) (SÁNCHEZ, 2010). O poder calorífico superior foi determinado em Bomba Calorimétrica IKA WORKS C-200 conforme o procedimento descrito na norma NBR 8633 (ABNT, 1984).

## **Resultados e discussão**

As amostras coletadas nos municípios de Palotina, Toledo, Altônia e Ouro Verde do Oeste foram identificadas de 1 a 8. As amostras 1, 2 e 3 de municípios diferentes correspondem a mesma marca, já o restante das amostras, 4 a 8 são de marcas diferentes (TABELA 2). Quanto a origem, as amostras 1, 2, 3, 7 e 8 são carvões vegetais oriundos do Paraguai, as demais amostras têm origem no Estado do Paraná. Não constam nas embalagens informações quanto as espécies

utilizadas na produção dos carvões, no entanto é informado que são madeiras de reflorestamento ou exóticas. Todas as marcas analisadas possuem registro no IBAMA. O preço pago por kg de carvão variou de R\$ 2,83 - 3,60.

**Tabela 2** – Identificação das amostras coletadas.

Município	Amostra	Peso da Embalagem	Origem do carvão	Preço por kg (R\$)
Palotina	1	4kg	Paraguai	2,83
Altônia	2	3kg	Paraguai	2,97
Toledo	3	4kg	Paraguai	3,50
	4	4kg	Paraná-Brasil	3,25
	5	4kg	Paraná-Brasil	3,25
	6	4kg	Paraná-Brasil	3,16
	7	4kg	Paraguai	3,33
Ouro Verde do Oeste	8	5kg	Paraguai	3,60

Na Tabela 3, são apresentados os valores médios para a análise química imediata e poder calorífico para as amostras analisadas.

**Tabela 3** – Análise química imediata e poder calorífico para as amostras de carvão vegetal.

Amostra	U (%)	TCF (%)	TMV (%)	TCz (%)	PCS (J/g)
1	4,86	71,38	24,90	3,72	28953,5
2	5,70	72,81	21,95	5,24	30117,0
3	7,77	81,06	14,53	4,42	28244,0
4	4,02	57,06	40,70	2,24	26284,5
5	6,26	62,09	31,85	6,06	26057,5
6	6,30	53,94	27,95	18,11	22584,0
7	5,26	66,55	26,07	7,37	29952,5
8	4,64	80,79	16,24	2,96	31166,5

Umidade (U), Teor de Carbono Fixo (TCF), Teor de Materiais Voláteis (TMV), Teor de Cinzas (TCz) e Poder Calorífico Superio (PCS).

O Selo Premium, promulgado pela Resolução nº 10 SAA, de 11 de julho de 2003, no estado de São Paulo, determina que a umidade do carvão vegetal deve estar abaixo de 5%, o teor de carbono fixo deve ser maior que 75% e que o teor de materiais voláteis e o teor de cinzas devem ser menores que 23,5% e 1,5%, respectivamente (SÃO PAULO, 2003). Desta forma, em relação as amostras avaliadas nenhuma cumpriria as exigências do Selo Premium totalmente.

Visualmente verificou-se grande heterogeneidade nos carvões amostrados, existindo madeira carbonizada e semi carbonizada. Segundo Damasio et al. (2015) quando não é feito o controle adequado da temperatura interna do forno a qualidade do carvão é prejudicado, sendo produzido também o aticho, madeira semi carbonizada. Esse fato pode ser verificado nos resultados das amostras analisadas onde a umidade determinada foi de 4,02 – 7,77%, TCF de 53,94 - 81,06%, TMV de 14,53 – 40,70% e TCz de 2,96 - 18,11%. Rosa et al. (2012) determinaram para amostras de carvão vegetal para uso doméstico em quatro cidades no Estado do Espírito Santo umidade de 4,05 – 5,99%, TCF de 69,45 - 84,21%, TMV de 13,59 – 29,45% e TCz de 0,63 - 4,93% (TABELA 3).

Em condições controladas as propriedades do carvão vegetal são semelhantes. Santos et al. (2011) determinaram para carvão de eucalipto de 7 anos, TCF de 85,33 - 87,52%, TMV de 11,74 – 14,27% e TCz de 0,39 – 0,76% (taxa de aquecimento de 1,07 °C/min. durante 7h e temperatura máxima de 450°C). Trugilho et al. (2005) determinou TCF de 67,97 - 70,70%, TMV de 29,19 – 31,77% e TCz de 0,24 – 0,42% para eucalipto também de 7 anos (taxa de aquecimento de 1,67 °C/min. durante 4h e temperatura máxima de 450°C).

O poder calorífico é a quantidade de calor liberada na combustão completa de uma unidade de massa de carvão vegetal, o valor é superior a 29260 J/g e tem uma relação direta com o seu teor de carbono e hidrogênio (SANTOS, 2011, CARNEIRO et al., 2013). Verifica-se para a amostra 8 um maior PCS (31166,5 J/g) e para a amostra 6 o menor valor (22584,0 J/g) (TABELA 3). Rosa et al. (2012) determinaram para amostras de carvão vegetal para uso doméstico valores de PCS entre 30200,1 – 32946,8 J/g.

Para as amostras analisadas os maiores valores de PCS foram observados para aquelas amostras com maiores teores de carbono fixo. O teor de carbono fixo está diretamente ligado ao poder calorífico sendo desta forma considerado uma característica de qualificação do carvão visando produção de energia (NONES et al., 2015).

## Conclusões

Das 8 amostras analisadas 5 tem origem no país vizinho Paraguai e as demais do Estado do Paraná - Brasil. Os resultados obtidos na análise imediata (teor de umidade, teor de carbono fixo, teor de materiais voláteis, teor de cinzas) e poder calorífico superior são condizentes com os encontrados na literatura. No entanto, nenhuma das amostras avaliadas cumpriria as exigências do Selo Premium totalmente.

## Referências

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8633 – Carvão Vegetal: Determinação do poder calorífico – Método de ensaio**. Rio de Janeiro, 1984.

CALAIS, D. 2009. **Florestas Energéticas no Brasil: demanda e disponibilidade**. Belo Horizonte, 2009. 23p. Disponível em: <[http://silviminas.com.br/wp-content/uploads/2012/12/publicacao\\_585.pdf](http://silviminas.com.br/wp-content/uploads/2012/12/publicacao_585.pdf)>. Acesso em: 24 jun. 2015.

BRITO, J. O.; BARRICHELO, L. E. G. **Comportamento isolados da lignina e da celulose da madeira frente à carbonização**, Piracicaba: ESALQ. n. 28, p. 1-4, 1977. Circular Técnica.

BRITO, J. O. Desafios e perspectivas da produção e comercialização de carvão vegetal. In: **Fórum nacional sobre carvão vegetal**. Belo Horizonte-MG. 2008. Disponível em: <[http://www.ciflorestas.com.br/arquivos/doc\\_oportunidades\\_vegetal\\_31686.pdf](http://www.ciflorestas.com.br/arquivos/doc_oportunidades_vegetal_31686.pdf)>. Acesso em: 24 jun. 2015.

CARNEIRO, A. C. O., VITAL, B. R., OLIVEIRA, A. C., PEREIRA, B. L. C. Pirólise lenta da madeira para produção de carvão vegetal. In: SANTOS, F.; COLODETTE, J.; QUEIROZ, J. H. **Bioenergia & Biorrefinaria: Cana-de-Açúcar & Espécies Florestais**. Viçosa, MG: Os Editores, 2013. p. 429-457.

COUTINHO, A. dos R.; FERRAZ, E. S. B. Determinação da friabilidade do carvão vegetal em função do diâmetro das árvores e temperatura de carbonização. **Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais**, Piracicaba, n. 38, p. 33-37, 1988.



DAMÁSIO, R. A. P.; OLIVEIRA, A. C.; CARNEIRO, A.C. O.; BARCELOS, D. C.; PEREIRA, B. L. C.; MAGALHAES, M. A. SILVA, C. M. S. Perfil térmico e controle da carbonização em forno circular por meio da temperatura interna. **Ciencia da Madeira (Brazilian Journal of Wood Science)**, v. 6, n. 1, p. 11-22, 2015.

FONTES, A.A.; SILVA, M.L. **O carvão vegetal na economia nacional**. Viçosa: UFV, 2004. 90p. Disponível em:  
<[http://www.ciflorestas.com.br/arquivos/doc\\_importancia\\_brasileira\\_27040.pdf](http://www.ciflorestas.com.br/arquivos/doc_importancia_brasileira_27040.pdf)> Acesso em: 27 jun. 2015.

GONZÁLEZ M. V.; BACHA, C. J. C. As Políticas Florestais do Brasil e Paraguai. **Teoria e Evidência Econômica**, Passo Fundo, v. 14 n. 28 p. 37-56, maio 2007. Disponível em:  
<<http://bibliotecaflorestal.ufv.br/handle/123456789/13133>>. Acesso em: 23 jun. 2015.

IBAMA, 2010. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/publicadas/operacao-corcel-negro-descobre-esquema-de-esquentamento%E2%80%9D-de-carvao-vegetal-no-parana>>. Acesso em: 28 mai. 2015.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2013. Disponível em:  
<<http://saladeimprensa.ibge.gov.br/noticias?view=noticia&id=1&busca=1&idnoticia=2533>>. Acesso em: 28 mai. 2015.

MME - Ministério de Minas e Energias, 2015. **Balanco Energético Nacional – BEN 2015**, ano base 2013. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br>>. Acesso em: 25 jun. 2015a.

MME - Ministério de Minas e Energias, 2015. **Balanco Energético Nacional – BEN 2014**, ano base 2013. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br>>. Acesso em: 25 jun. 2015b.

NONES, D. L.; BRAND, M. A.; CUNHA, A. B.; CARVALHO, A. F.; WEISE, S. M. K. Determinação das propriedades energéticas da madeira e do carvão vegetal produzido a partir de *Eucalyptus benthamii*. **FLORESTA**, v. 45, n. 1, p. 57-64, jan./mar. 2015.

PALUDZYSYN FILHO, E., Melhoramento do eucalipto para a produção de energia. **Revista Opiniões**, Ribeirão Preto, n. 15, jun./ago. 2008.

PARAGUAI. Ministério de Indústria e Comercio. REDIEX – Red de Inversiones y Exportaciones – **Carbón vegetal**. 2010. Disponível em: <[www.rediex.gov.py](http://www.rediex.gov.py)>. Acesso em 27 jun. 2015.

RIBEIRO, P. G.; VALE, A. T., Qualidade do carvão vegetal de resíduos de serraria para o uso doméstico. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, Florianópolis, 2006. **Anais...** Belém: Universidade Federal do Paraná.

ROSA, R.A.; ARANTES, M. D. C.; PAES, J. B.; ANDRADE, W. S. P.; MOULIN, J. C. Qualidade do carvão vegetal para o consumo doméstico. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, Gurupi, v. 3, n. 2, p. 41-48, 2012.

SÁNCHEZ, C. G. **Tecnologia da gaseificação de biomassa**. Campinas: Átomo, 2010. 430p.

SANTOS, R. C., CARNEIRO, A. C. O., CASTRO, A. F. M., CASTRO, R. V. O., BIANCHE, J. J., SOUZA, M. M., CARDOSO, M. T. Correlação entre os parâmetros de qualidade da madeira e do carvão vegetal de clones de eucalipto. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, v. 39, n. 90, p.221-230, jun. 2011.

SÃO PAULO. Resolução nº 10 SAA, de 11 de julho de 2003. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**, São Paulo, SP, 11 jul. 2003. Disponível em:  
<[http://www.codeagro.sp.gov.br/arquivos/selo/saa\\_1031a0ff69a85454e1cde89c327ac490f5.pdf](http://www.codeagro.sp.gov.br/arquivos/selo/saa_1031a0ff69a85454e1cde89c327ac490f5.pdf)>. Acesso em: 27 mai. 2015.

SANTOS, M. A. S. Parâmetros de qualidade do carvão vegetal para uso em alto-forno. In: FÓRUM NACIONAL SOBRE CARVÃO VEGETAL, 1., 2008, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: UFMG, 2008. 1 CD-ROM.

TRUGILHO, P. F.; SILVA, J. R. M.; MORI, F. A.; LIMA, J. T.; MENDES, L. M.; MENDES, L. F. B. Rendimentos e características do carvão vegetal em função da posição radial da amostragem em clones de *Eucalyptus*. **Cerne**, Lavras, v. 11, n. 2, p. 178-186, jan./jun. 2005.

VITAL, B.R.; CARNEIRO, A. DE C. O.; PEREIRA, B. L. C., Qualidade da madeira para fins energéticos. In: SANTOS, F.; COLODETTE, J.; QUEIROZ, J. H. **Bioenergia & Biorrefinaria: Cana-de-Açúcar & Espécies Florestais**. Viçosa, MG: Os Editores, 2013. p. 321-354.