

DETERMINAÇÃO DO MÓDULO DE ELASTICIDADE DO CARVÃO VEGETAL ATRAVÉS DO MÉTODO DE VIBRAÇÕES TRANSVERSAIS

Renato da Silva Vieira (rsvieira@uft.edu.br) - UFT; **Alfredo Napoli** (alfredo.napoli@cirad.fr) - Centre Internationale de Recherche pour le Développement - CIRAD; **José Tarcísio Lima** (jtlima@dcf.ufla.br) - UFLA; **Thaís de Sousa Selvatti** (thaisaselvatti@gmail.com) - UFLA; **Paulo Fernando Trugilho** (trugilho@dcf.ufla.br) - UFLA

RESUMO: O setor siderúrgico necessita que o carvão vegetal utilizado no processo de redução do minério de ferro possua uma resistência mecânica e suporte o peso do minério no interior do alto forno. Essa resistência impede a formação de finos no interior do forno trazendo prejuízos para a siderurgia. Uma propriedade mecânica que pode ser avaliada é o módulo de elasticidade dinâmico (E), que indica a resistência de um dado material. O objetivo deste trabalho foi determinar o E do carvão através do método de vibrações transversais Bing-Beam Identification Nondestructive Grading (BING). Foram utilizadas árvores de Eucalyptus, as amostras medindo 5 x 5 x 21cm, que foram carbonizadas em uma mufla adaptada para carbonização. As temperaturas finais utilizadas foram 500, 600 e 900 °C com a velocidade de aquecimento de 0,5 °C por minuto. A amostragem foi feita em duas posições no sentido medula-casca dos fustes das árvores estudadas. Os corpos-de-prova foram submetidos ao teste de flexão dinâmica com o aparelho BING para determinar o E. Os resultados obtidos para as temperaturas de 500, 600 e 900 °C foram respectivamente 2945 MPa, 3824 MPa e 6297 MPa. Observou-se também que amostras avaliadas na região mais externa do tronco apresentaram maior resistência em comparação com a região interna de amostragem. A resistência do carvão vegetal determinada pelo BING apresentou um aumento do E com o aumento da temperatura. A possibilidade de determinação das propriedades mecânicas com esse método traz benefícios na avaliação do carvão pela dificuldade de obtenção de informações científicas confiáveis.

Palavras-chave: BING, Eucalyptus, propriedades mecânicas

DETERMINATION OF THE ELASTICITY MODULE OF CHARCOAL BY THE METHOD OF TRANSVERSE VIBRATION

ABSTRACT: The steel industry needs the charcoal used in the process of reduction of iron ore has a mechanical strength and support the weight of the ore inside the furnace. This resistance prevents the formation of fines within the furnace causing damages to steel. A mechanical property that can be measured is the dynamic modulus of elasticity (E), which indicates the resistance of a material. The aim of this study was to determine the E of charcoal by the method of transverse vibrations Bing-Beam Nondestructive Identification Grading (BING). Eucalyptus trees were used, samples measuring 5 x 5 x 21cm, which were carbonized in a muffle adapted for carbonization. The final temperatures used were 500, 600 and 900 °C with a heating rate of 0.5 °C per minute. The sampling was done in two positions from pith to bark of stems of the trees studied. Samples were submitted to dynamic bending test with the device to determine the E of BING. The results for temperatures of 500, 600 and 900 °C were respectively 2945 MPa, 3824 MPa and 6297 MPa. It was also observed that samples evaluated in the outer trunk showed higher resistance compared to the inner region of sampling. The strength of charcoal determined by BING showed an increase of E with increasing temperature. The possibility of determining the mechanical properties with this method is beneficial in the evaluation of charcoal by the difficulty of obtaining reliable scientific information.

Keywords: BING, Eucalyptus, mechanical properties

1. Introdução

O Brasil é um dos maiores produtores de ferro gusa a carvão vegetal do mundo. Segundo Milanez (2005) o país ocupa a 11ª posição no mercado mundial na exportação de aço bruto. Atualmente existe uma política governamental no sentido de aumentar também a produção de aço no país, tanto para atender demandas domésticas como o mercado externo, em contrapartida aos grandes volumes de exportação de minério de ferro registrados pelo país (ALENCAR e SOFIA, 2009).

Os alto-fornos das siderúrgicas a carvão vegetal do Brasil apresentam capacidade limitada em relação aos alto-fornos a coque, em parte devido à baixa resistência mecânica do carvão vegetal. De acordo com Santos (2008) um alto-forno a coque pode ser de 11 a 30 vezes maiores do que um alto-forno a carvão vegetal.

Para a produção adequada de ferro gusa é necessário, além de outros fatores, minério de ferro e carvão de alta qualidade. Um dos problemas enfrentados pela indústria siderúrgica é a heterogeneidade do carvão vegetal utilizado na fabricação do aço em termos de suas características físicas, químicas e mecânicas; por exemplo: densidade, teor de carbono e resistência à compressão.

As características mecânicas do carvão vegetal representam uma variável importante no processo da fabricação do aço. A resistência ao esmagamento, por exemplo, é importante, pois o carvão deve suportar as cargas de minério no alto forno durante a sua redução, evitando-se perdas no processo. É possível que se aumentasse essa característica mecânica conseguisse-se operar alto-fornos de maior capacidade.

Tradicionalmente, a avaliação das características mecânicas de lotes de carvão é feita pelo teste de tamboramento, que mede a friabilidade e a resistência à queda simultaneamente. Esses ensaios, originalmente adaptados de avaliação das características do coque, não fornecem resultados totalmente confiáveis, uma vez que os mesmos não são perfeitamente controlados. Além disso, esses métodos não permitem a caracterização específica de uma peça carbonizada.

É conhecido que a madeira exerce influência sobre a qualidade do carvão vegetal em aspectos como porosidade, composição química, densidade, poder calorífico, entre outros (OLIVEIRA et al., 1982; VITAL et al., 1989; SANTOS, 2008). Entretanto, poucos são os estudos que verificam a influência do processo de carbonização na resistência mecânica, dentre essa escassez de trabalhos pode-se citar Vieira (2009).

A resistência mecânica do carvão vegetal, também chamada simplificada de friabilidade, é importante em toda a cadeia produtiva do aço, que vai desde a produção florestal até a utilização do produto final, passando pelo transporte e usina onde há a sobrecarga suportada pela camada de carvão dentro do alto-forno. Ainda hoje são raras as normas que abordam a avaliação mecânica do carvão, salvo alguns ensaios de friabilidade à quebra e tamboramento (MENDES et al., 1982). A única norma expedida em caráter experimental disponível é a NBR 1375-80 (ABNT, 1983).

Os testes em caráter experimental realizados pela ABNT foram considerados a partir de ensaios normalizados para o coque definidos nas normas ISO-R-556 e ISO-R-616 (ISO, 1995). Tentativas foram realizadas, de modo a adaptar esses testes para o carvão vegetal, mas sem sucesso. As razões pelas quais esses testes não foram bem sucedidos estão ligadas às variações das propriedades físicas do carvão vegetal, como, por exemplo, a granulometria e a geração de finos, pois o número de voltas no caso do teste de tambor é demasiadamente grande para este material, devido ao fato da resistência do carvão vegetal ser menor que a do coque. Sendo assim, o resultado de teste com excessivo número de evoluções não permite detectar com eficiência a diferença entre diferentes tipos de carvão vegetal (CETEC, 1976).

A maior dificuldade em testes de resistência mecânica do carvão vegetal é a obtenção de corpos-de-prova isentos de defeitos. Em experimentos realizados por Mendes et al. (1982) foi demonstrado que os corpos-de-prova devem ser os menores possíveis, tendo em vista que,