

ANÁLISE QUALITATIVA DOS CARVÕES DE *Apuleia leiocarpa* E *Hymenaea courbaril* PRODUZIDOS NUMA CARVOARIA DE MATUPÁ, NO ESTADO DE MATO GROSSO

ELIZABETH CRISTINA SCHONINGER¹ e MARLIZE REFFATTI ZINELLI²

Recebido em 08.07.2011 e aceito em 07.08.2012

¹Estudante de Graduação de Engenharia Florestal pela Universidade Estadual de Mato Grosso – Av. Perimetral Rogério Silva, s/n-Jardim Flamboyant, Campus Universitário – Alta Floresta, MT - 78580-000 - E-mail: elizabeth_florestal@hotmail.com

²Engenheira Florestal, Professora do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Estadual de Mato Grosso - Av. Perimetral Rogério Silva, s/n-Jardim Flamboyant, Campus Universitário – Alta Floresta, MT - 78580-000 - E-mail: lize.z@hotmail.com

RESUMO: O carvão vegetal é uma oportunidade de renda para pequenos e grandes proprietários, podendo ser produzido em fornos mais simples do tipo rabo quente até aos fornos mais sofisticados. O carvão vegetal está em crescente valorização no Brasil como insumo energético. Para realização desse estudo utilizou-se forno tipo rabo-quente com carbonizações das espécies de *Apuleia leiocarpa* e *Hymenaea courbaril*. E sendo avaliados os resultados da análise química imediata com os seguintes parâmetros: umidade (U) do carvão vegetal, teor de materiais voláteis (TMV), teor de cinzas (TCZ) e teor de carbono fixo (TCF), portanto esse estudo demonstrou que a espécie de *Apuleia leiocarpa* obteve teores de cinza de (15,31%) e a *Hymenaea courbaril* (19,85%) apresentando um alto (TCZ), e um baixo (TCF) para *Apuleia leiocarpa* (61,23%) e a *Hymenaea courbaril* (57,9%) e quando analisado a (U), verificou-se um valor (6,17%) *Apuleia leiocarpa* e (6,46%) *Hymenaea courbaril* e o (TMV), (23,45%) *Apuleia leiocarpa* e (22,25%) *Hymenaea courbaril* mantendo-se numa faixa semelhante ao recomendado pela literatura. Porém o estudo revelou que o uso do carvão vegetal das espécies *Apuleia leiocarpa* e *Hymenaea courbaril* é viável, para uso energético e não para fins siderúrgicos devido ao alto teor de cinzas e baixo teor de carbono fixo.

Termos para indexação: carbonização, espécies nativas, fornos de alvenaria.

QUALITATIVE ANALYSIS OF CHARCOAL VEGETABLE OF *Apuleia leiocarpa* AND *Hymenaea courbaril* PRODUCED IN A COAL IN THE MATUPÁ, THE STATE OF MATO GROSSO

ABSTRACT: Charcoal is an income opportunity for small and large landholders and can be produced in ovens simplest type as rabo quente ovens up to more sophisticated ones. The charcoal is in a growing appreciation in Brazil as energy input. To perform this study we used the rabo quente oven type with hot carbonizations of the species *Apuleia leiocarpa* and *Hymenaea courbaril*. And being evaluated the results of the immediate chemical analysis with the following parameters: humidity (U) of the charcoal, content of volatile materials (TMV), ash content (TCZ) and fixed carbon content (TCF), so this study showed that ash content the species of *Apuleia leiocarpa* was of (15.31%) and *Hymenaea courbaril* (19.85%) presenting a high (TCZ) and low (TCF) for *Apuleia leiocarpa* (61.23%) and *Hymenaea courbaril* (57.9%) and when viewed (U), there was a value (6.17%) and *Apuleia leiocarpa* (6.46%) and *Hymenaea courbaril* (TMV), (23.45%) and *Apuleia leiocarpa* (22.25%) *Hymenaea courbaril* maintaining in a zone similar to that recommended in the literature. But the study revealed that the use of charcoal of species *Apuleia leiocarpa* and *Hymenaea courbaril* is feasible for energetic use and not for purpose steel due to the high ash content and low fixed carbon content.

Index terms: carbonization, native species, furnaces of masonry.

INTRODUÇÃO

Atualmente o Brasil é um dos maiores produtores e exportadores de carvão vegetal sendo que a produção de energia é uma necessidade incontestável tanto para o meio urbano, rural. “O uso do carvão assume preponderância no cenário nacional no ano de 1972, ocasião em que a madeira representava a primeira fonte de energia do Brasil. A partir de 1973 é que a sua liderança foi perdida para a energia derivada do petróleo, e somente em 1978 é que ela foi suplantada pela hidroeletricidade” (Filgueiras et al., 2008).

“As propriedades do carvão vegetal estão intimamente ligadas aos parâmetros do processo de produção e da matéria-prima que lhe deu origem. Existem várias pesquisas realizadas sobre o processo de produção de carvão vegetal, porém apenas em níveis laboratoriais e com espécies exóticas, principalmente *Eucalyptus* sp (eucalipto) e *Pinus caribaea* (pinus). Há, portanto, a necessidade de se buscar conhecimentos sobre o comportamento na carbonização de resíduos de espécies nativas da região amazônica, assim como sobre os métodos de controle de qualidade, em campo, permitindo assim caracterizar as propriedades do carvão vegetal, oriundo de resíduos de exploração florestal e resíduo de indústrias madeireiras, considerando o grande desperdício dos mesmos” (Silva et al., 2007).

Na região norte de Mato Grosso a indústria madeireira é uma das atividades que fomenta a economia do estado, gerando emprego e renda para a região. A indústria apresenta uma grande geração de resíduos segundo Silva (2002) “os resíduos das serrarias podem ser queimados em caldeiras, gerando energia”. E embora já estejam sendo realizados estudos sobre a viabilidade do carvão vegetal produzido de espécies nativas da região, ainda há poucos estudos sobre a utilização da *Apuleia leiocarpa* e *Hymenaea courbaril* na utilização para o carvão vegetal.

***Apuleia leiocarpa* – Garapeira – Caesalpinaceae:** Nomes comerciais: muirajuba, muiratauá, amarelinho, gema-de-ovo, grápia, jataí-amarelo, garapa-amarela, cumarurana e barapibo. Sua madeira é moderadamente pesada (densidade 0.83 g cm⁻³), dura, fácil de trabalhar, de longa durabilidade, Sua secagem é moderadamente difícil ao ar, com tendência a rachaduras e empenamentos (Remade, 2009).

***Hymenaea courbaril* – Jatobá-Fabaceae:** A espécie é também denominada, popularmente, como, jataí, jataí-amarelo, jataí-

peba, jitaí, farinheira, imbiúva. A madeira de jatobá é densa (0,90 a 1,10 g.cm³), a 15% de umidade. Possui alburno espesso, branco ligeiramente amarelado. A superfície é pouco lustrosa e ligeiramente áspera; textura média e uniforme; grã de regular a irregular, normalmente reversa. Cheiro imperceptível (Carvalho, 2004).

Este estudo tem como objetivo avaliar a qualidade dos carvões de *Apuleia leiocarpa* e *Hymenaea courbaril*, produzidos em forno tipo rabo- quente, sendo analisados os seguintes parâmetros: umidade do carvão, teores de cinza, materiais voláteis e carbono fixo.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de Estudo

Matupá está localizada no extremo norte de Mato Grosso, as coordenadas geográficas de longitude 54°55'58" oeste e latitude 10°03'27" sul. O município tem uma área de 5.152 Km² de área geográfica, com altitude aproximada de 300 metros. A sede do município de Matupá está localizada a 700 Km da Capital do Estado de Mato Grosso, Cuiabá. O acesso à cidade de Matupá se dá por via terrestre pelas rodovias BR-163 e MT 322. Possuindo um solo Latossolo amarelo e vermelho, profundo, propício para culturas perenes, em alguns pontos apresenta fertilidade natural de médio a baixo, com algumas manchas de ótima fertilidade e acidez moderada. A cobertura na área é a floresta Tropical Omobrófila, com sua classe bem definida: floresta Tropical densa e floresta Tropical aberta. De acordo com a classificação de Strahler apud Souza (2006), o clima é tropical chuvoso com nítida estação seca entre os meses de abril e setembro e a temperatura anual está entre 20 °C e 30 °C, com média de 26 °C.

Para a realização do estudo foi utilizado um forno de carbonização do tipo rabo- quente, localizado na Carvoaria Matupá, no município de Matupá, no Estado de Mato Grosso.

Acompanhou-se e descreveram-se todos os procedimentos utilizados pelos carvoeiros, e analisando as espécies e os tipos de resíduos da madeira e a caracterização de suas dimensões e densidades da mesma, por meio de literatura. Os dados coletados foram no período de estiagem e chuvoso.

Foram coletadas amostras dos resíduos de madeira de cada espécie aleatoriamente, e

para determinar a umidade básica utilizou-se a secagem em estufa. Pesou-se a madeira em balança de precisão de 0,01% e conduziu para estufa regulada a $105 \text{ }^\circ\text{C} \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$ para a secagem durante 24 horas.

A umidade básica foi calculada pela Equação 1:

$$U = \frac{Mu - Ms}{Ms} \times 100$$

U = Umidade básica;

Mu = Somatório dos pesos dos discos úmidos, em g;

Ms = Somatório dos pesos dos discos secos, em g.

Os procedimentos utilizados para a análise química imediata basearam-se nas normas ASTM D-1762-64 e na ABNT NBR 8112/83. Na aplicação da última foram adotadas como normas complementares a NBR 5734/83 e NBR 6923/81.

Para a determinação do teor de umidade o carvão foi amostrado representando o lote em questão (ABNT NBR- 6923/81) e reduzido a pequenas partículas que foram peneiradas. Utilizou-se para o cálculo da umidade o material que passou pela peneira de 40 mesh e ficou retido na peneira de 60 mesh. Pesou-se cerca 1,0 g do carvão amostrado em balança de precisão de 0,01 %, dentro de um cadinho de porcelana seco e tarado. O cadinho com carvão foi conduzido para uma estufa previamente aquecida a $105 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$, por um período de 2 horas, sendo retirado após este período e encaminhado para um dessecador para resfriar.

O teor de umidade do carvão vegetal em base seca calculado de acordo com a Equação 2.

$$U = \frac{Mu - Ms}{Ms} \times 100$$

U = Teor de umidade em base seca, em %;

Mu = Peso da amostra antes da secagem em estufa, em g;

Ms = Peso da amostra após secagem em estufa, em g;

Para a determinação do teor de materiais voláteis no carvão o material (particulado e seco na determinação da umidade) foi levado a uma mufla previamente aquecida a $950 \pm 10 \text{ }^\circ\text{C}$. Primeiro cadinho tampado com o material no seu

interior sobre a porta da mufla deixando-o por 3 minutos e meio. Em seguida, o cadinho foi acondicionado no interior da mufla com a porta fechada, onde permaneceu por 8 minutos. amostra um dessecador e, em seguida, efetuou-se a pesagem. O teor de matérias voláteis do carvão vegetal foi calculado pela Equação 3:

$$MV = \frac{Ms - Mv}{Ms} \times 100$$

MV = Teor de matérias voláteis, em %;

Ms = Massa inicial da amostra seca em estufa, em g;

Mv = Massa final da amostra, em g.

Para a determinação do teor de cinza o material (particulado e seco na determinação da umidade e na determinação dos voláteis) também foi levado a uma mufla previamente aquecida a $600 \text{ }^\circ\text{C} \pm 10 \text{ }^\circ\text{C}$, onde permaneceu por um período de 6 horas até a sua completa calcinação. Após esse tempo retirou e deixou a amostra no dessecador para esfriar e, posteriormente, foi realizada a pesagem. O teor de cinza do carvão vegetal foi obtido pela Equação 4:

$$CZ = (Mr/Ms) \times 100$$

CZ = Teor de cinzas no carvão, em %;

Mr = Massa do resíduo (cinza), em g;

Ms = Massa da amostra seca em estufa, em g.

O teor de carbono fixo é uma medida indireta e foi calculado pela equação 5:

$$CF = 100 - (CZ + MV)$$

CF = Teor de carbono fixo, em %;

CZ = Teor de cinza no carvão, em %;

MV = Teor de matérias voláteis, em %.

Foram realizadas seis carbonizações para cada espécie, totalizando 24 amostras analisadas em laboratório e aplicado a ANOVA e realizado o teste de t a 1%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores obtidos nas carbonizações estão apresentados nas Tabelas 1 e 2. As umidades médias dos resíduos madeireiros

utilizados nas carbonizações foram de 8,0% para *Apuleia leiocarpa* e de 11,27% para o *Hymenaea courbaril*. Tendo por base as afirmativas de Valente (1986) citado por Cotta (1996), que aconselha a carbonização de madeira com umidade, base seca, entre 20 e 30%, para se evitar a produção de um carvão friável e quebradiço, provocando a elevação de teor de finos durante o manuseio e transporte, é possível perceber que as matérias-primas se encontravam com teores de umidade no estado seco.

Tabela 1. Média dos resultados encontrados nos parâmetros estudados na carbonização da *Apuleia leiocarpa*.

Carbo-nização	U%da madeira	U% do carvão	MV%	CZ%	CF%
A	7,7	6,46	24,68	6,22	69,09
B	8	5,5	20,2	11,64	68,14
C	8,1	4,7	19,08	13,59	67,31
D	3,5	4,1	30,63	16,51	52,86
E	6,7	5,54	24,33	28,99	46,67
F	14	10,72	21,77	14,91	63,31
Média	8	6,17	23,45	15,31	61,23

Teores de umidade (U) da madeira, teores de umidade (TU), de matérias voláteis (TMV), de cinza (TC) e de carbono fixo (TCF).

Fontes (1989) encontrou para carvões de espécies nativas da Amazônia, um teor médio de umidade de 6,7%. o estudo foram observados valores médios compatíveis com a referida literatura, de 6,17% e 6,46%, de *Apuleia leiocarpa* e de *Hymenaea courbaril*, respectivamente. P A umidade do carvão vegetal é um parâmetro importante, uma vez que pode refletir no rendimento dos processos onde o mesmo será empregado.

A média do teor de materiais voláteis encontrado para *Apuleia leiocarpa* foi de 23,45% enquanto para o *Hymenaea courbaril* encontrou-se 22,26%. CETEC/ACESITA (1982) recomenda que as matérias voláteis estejam numa faixa de, no mínimo, 19,6% e, no máximo, 23,5%. Portanto o presente estudo verificou que o resultado encontrado situa-se dentro do intervalo recomendado. Porém Gonçalves et al. (1999) ao realizarem estudos com a *Mimosa caesalpiniaefolia* (Sabiá) encontraram 19% de materiais voláteis valor este um pouco abaixo do verificado neste estudo realizado com espécies oriundas de mata nativa e características semelhantes. Esta variação pode ser explicada por Carmo (1988) que afirma que os fatores que influenciam os materiais voláteis no carvão são a temperatura da carbonização, taxa de

aquecimento e composição química da madeira. No presente estudo tais parâmetros não foram analisados pois o processo de carbonização dentro das carvoarias que utilizam fornos do tipo rabo-quente são conduzidos por conhecimentos empíricos por parte dos carvoeiros. Carmo (1988) também afirma que quanto maior o teor de matérias voláteis, maior será a expansão gasosa durante a descida do carvão no alto forno, gerando mais trincas e maior porosidade, o que pode comprometer a qualidade e o rendimento do produto final.

Tabela 2. Média dos resultados encontrados nos parâmetros estudados na carbonização da *Hymenaea courbaril*.

Carbo-nização	U%da madeira	U% do carvão	MV%	CZ%	CF%
A	8,33	5,78	32,12	21,31	46,57
B	15,74	6,27	19,70	8,34	71,96
C	13,51	6,41	27,42	8,18	64,39
D	15,52	6,62	20,4	26,83	52,78
E	8,5	7,59	12,13	25,75	62,11
F	6,04	6,08	21,76	28,66	49,57
Média	11,27	6,46	22,25	19,85	57,9

Teores de umidade (U) da madeira, teores de umidade (TU), de matérias voláteis (TMV), de cinza (TC) e de carbono fixo (TCF).

Para a *Apuleia leiocarpa* a média do teor de cinza encontrado foi de 15,31% enquanto que a *Hymenaea courbaril* apresentou um valor superior, de 19,85% sendo que esse alto valor encontrado pode ser explicado por talvez uma possível contaminação com o solo. Em estudos realizados por Oliveira & Almeida (1980) foram observados teores elevados de cinza no carvão vegetal (20,9% a 24,9%) e, segundo Amodei (2008), não é aconselhável o uso de carvão com altos teores de cinza, pois sugere que o combustível apresenta elevados níveis de minerais, o que é prejudicial ao metal que será produzido, que poderá apresentar uma qualidade inferior.

A porcentagem mais adequada para um carvão bom é de 1 a 3%. Portanto percebe-se que neste estudo apresentaram-se elevado teores de cinza, bem acima do desejado. Tal resultado pode estar vinculado ao fato de que procedentes de matas nativas de áreas desconhecidas e com solos de diferentes características físico-química. Como isto não pode ser controlado, poderá haver o

comprometimento da qualidade do carvão produzido à partir de resíduo florestal de mata nativa para fins siderúrgicos.

Segundo Barroso (2007) é adequado afirmar que a elevação do teor de cinza nada mais é do que uma maior quantidade de impurezas presentes no carvão. São exemplos alguns casos de contaminação do carvão vegetal com poeira durante o transporte em estradas não pavimentadas; contaminação da madeira durante o corte, secagem e transporte até os fornos; terra do piso dos fornos de carbonização; contaminação do carvão vegetal nas pilhas de estocagem e/ou silos de abastecimento dos altos-fornos, etc.

E em relação ao teores de carbono fixo, as médias encontradas foram de 61,23% e 57,90%, para os carvões de *Apuleia leiocarpa* e *Hymenaea courbaril*, respectivamente. Segundo a CETEC/ACESITA (1982) o mínimo do carbono fixo deverá ser 74,8% e máximo 78,1%. Então, as porcentagens médias de carbono fixo nos carvões desse estudo se apresentaram abaixo do recomendado pela referida literatura. Tal fato pode ser parcialmente explicado pelo alto teor de alburno presente na espécie de *Hymenaea courbaril*, e como a madeira carbonizada é proveniente de resíduo madeireiro (aparas e costaneiras) apresenta uma grande porcentagem do alburno. O teor de carbono fixo refere-se à porcentagem de carbono que permanece relativamente intacta quando se efetua o aquecimento do carvão vegetal (Meira, 2002 apud Amodei, 2008). Para Juvillar (1980) apud Amodei (2008), um carvão quimicamente desejável deve apresentar alta taxa de carbono fixo e baixa porcentagem de cinza.

CONCLUSÃO

Este estudo concluiu que produzir carvão de *Apuleia leiocarpa* e *Hymenaea courbaril* é viável. Porém, os usos dos carvões ficam restritos à geração de energia térmica, uma vez que são inviáveis para fins siderúrgicos, devido ao altos teores de cinza e baixos teores de carbono fixo.

Os teores de umidade e de materiais voláteis no carvão, embora elevados, estão dentro dos limites aceitáveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 6923/81, NBR 5734/83, NBR 8112/83**. Rio de Janeiro.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM, D1762-64**. Philadelphia, PA: American Society for Testing and Materials.

AMODEI J.B. **Avaliação do processo de carbonização da Empresa Saint Gobain Ltda**. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Florestas. Seropédica, RJ. 2008. 14p.

BARROSO, R.C. **Redução do teor de cinzas dos finos de carvão vegetal por concentração gravítica a seco**. 2007. 111 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Metalúrgica e de Minas) - Escola de Engenharia da UFMG, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

CARMO, J.O. Propriedades física e químicas do carvão vegetal destinado à siderurgia e metalurgia. 1988. 40f. Viçosa. Minas Gerais, Brasil.

CARVALHO, P. E.; REVISTA DA MADEIRA. **Espécies Arbóreas Brasileiras**. Edição nº 86. Dezembro de 2004. Disponível em: <http://www.remade.com.br/revistadamadeira_materia.php?num=664&subject=Madeira%20%E2%80%93%20Jatob%C3%A1&title=Esp%C3%A9cie%20adequada%20para%20constru%C3%A7%C3%A3o%20e%20m%C3%B3veis> Acesso: 29 abr. 2011.

CETEC – Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais. **Produção e utilização de carvão vegetal**. Séries Técnicas CETEC, Belo Horizonte, 1982. 393p.

COTTA, A.M.G. **Qualidade do Carvão Vegetal para Siderurgia**. 1996. 35f. Monografia. Viçosa, Minas Gerais.

FILGUEIRAS, G.C.; SANTOS, J.N.A. dos.; L, M.L.B.; SANTOS, M.A.S. dos.; 2008. Estudo exploratório da cadeia reprodutiva do carvão vegetal no estado do Pará. **SOBER**. Belém, Pará. 19p. Disponível em: <http://www.sober.org.br/palestra/9/916.pdf>. Acesso em 01 abr. 2011.

FONTES, P.J.P. **Aspectos Técnicos da Briquetagem do Carvão Vegetal no Brasil.** Laboratório de Produtos Florestais – LPF/IBAMA. Brasília, 1989. 14p.

GONÇALVES, C. A.; FERNANDES, M. M.; ANDRADE, A. M. de. Celulose e carvão vegetal de *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth (sabiá). **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v.6, n.1, p.51-58, 1999.

OLIVEIRA, L. T.; ALMEIDA, M. R. **Controle de Qualidade de Carvão Vegetal.** Curso de Carvão e Coque Aplicados à Metalurgia da ABM, v.1, p.167-208, 1980.

REMADE, 2009. **Portal Remade** - O universo da madeira em suas mãos. madeiras espécies madeiras brasileiras e exóticas. Disponível em: http://www.remade.com.br/br/madeira_especies.php?num=168&title=&especie=Garapeira. Acesso em: 29 abr. 2011.

SILVA, C.A.P. Linha Redonda – um exemplo de uso racional da madeira. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE PESQUISA EM DESIGN, 1., 2002, Brasília. **Anais...** Brasília: UNB, 1CD.

SILVA, M.G. da.; NUMAZAWA, S.; ARAUJO, M.M.; NAGAISHI, T.Y.R.; GALVÃO, G.R. Carvão de resíduos de indústria madeireira de três espécies florestais exploradas no município de Paragominas, PA. **Acta Amazônica**, Manaus, v.37, n.1, p.37-41, 2007.

