

Dimas Agostinho da Silva (\*\*)

José Otávio Brito (\*\*\*)

## RESUMO

Produziu-se carvão com madeiras provenientes da área de inundação da Hidrelétrica de Balbina no Amazonas. As madeiras possuíam teor de umidade situado entre 25 a 35%, diâmetro inferior a 0,18 m, bitolas de 2,00 m de comprimento e densidade básica inferior a 0,75 ton/m<sup>3</sup>. Fizeram-se vinte e três carbonizações utilizando forno de alvenaria. No carvão vegetal determinou-se a friabilidade, a densidade aparente, a densidade verdadeira, a porosidade, o poder calorífico e os teores de umidade, matérias voláteis, cinzas e carbono fixo. No geral obteve-se um carvão de boas qualidades e sem nenhum parâmetro que pudesse comprometer a aplicação do produto em usos convencionais.

## INTRODUÇÃO

Tendo em vista o projeto de instalação da Hidrelétrica de Balbina, visando fornecer energia elétrica para a cidade de Manaus, foi realizado um estudo de aproveitamento da flora existente na área de formação do reservatório, através de convênio entre INPA e ELETRONORTE.

A Hidrelétrica situa-se no rio Uatumã, distante 188 km de Manaus.

A floresta presente na área de inundação do reservatório caracteriza-se por uma formação vegetal, própria de região de clima quente e úmido e com elevada precipitação pluviométrica.

A idéia do aproveitamento da floresta então existente vai de encontro com o que se denomina de "selvage logging", ou seja, o desmatamento de floresta visando atender as necessidades para a implantação de projetos agropecuários, eixos rodoviários, projetos de colonização e de hidrelétricas. São desmatamentos quase que imprescindíveis em alguns casos, e o aproveitamento da madeira resultante é algo imediatamente lógico.

Na situação atual da Amazônia, quase todas as madeiras provenientes de áreas desmatadas para projetos desse tipo são simplesmente queimadas. A consequência desta prática, que é indesejável, do ponto de vista econômico e ecológico, já está sendo sentida.

---

(\*) Trabalho financiado em parte pela ELETRONORTE.

(\*\*) Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA, Manaus - AM.

(\*\*\*) ESALQ/USP, Piracicaba - SP.

É por esta razão que em todas as fases de definição e planejamento dos vários projetos regionais, o setor florestal deve estar envolvido obrigatoriamente, a fim de evitar a continuação do desperdício de recursos valiosos e disponíveis (Reis, 1978). O uso desses recursos florestais para abastecer indústrias madeireiras, para produzir energia alternativa, para produção de carvão vegetal assim como outros produtos, deve ser considerado.

Das formas de aproveitamento do material lenhoso, o carvoejamento merece destaque especial pelo fato do nosso País ser o maior produtor e consumidor mundial do produto.

Diante desse quadro foi proposto a realização do presente estudo que teve por objetivo a qualificação do carvão vegetal oriundo da área do reservatório de Balbina. Foi uma contribuição técnica auxiliar para a fórmula evidente de aproveitamento madeireiro da área do lago formado na construção de tal Hidrelétrica.

## MATERIAL E MÉTODOS

Utilizou-se madeiras provenientes da área de inundação da Hidrelétrica de Balbina (ELETRONORTE). O teor de umidade das peças situava-se entre 25,0 e 35,0% e a bitola das mesmas era de 2,00 m de comprimento e diâmetro inferior a 0,18 m. Foram usadas somente as madeiras que possuíam densidade básica inferior a 0,75 ton/m<sup>3</sup>.

Para as carbonizações foram usados 5 fornos de alvenaria "tipo Colmeia", com 3,20m de diâmetro e uma chaminé lateral com tiragem central de gases. As carbonizações, num total de 23, foram conduzidas segundo padrão normalmente usado e amplamente difundido para os fornos desse tipo.

Para cada carbonização foi retirada uma amostra composta por diversos incrementos obtidos do total do carvão produzido. O resultado foi a obtenção de um lote de 23 amostras de carvão vegetal, cada qual correspondendo a um volume de 10 litros.

Em cada amostra de carvão foram realizados os seguintes ensaios:

- **friabilidade**: através do teste de tamboramento, segundo o método citado por Oliveira et al. (1982);

- **densidade aparente**: segundo o método proposto por Oliveira et al. (1982);

- **densidade verdadeira**: obtida utilizando-se o método do picnômetro;

- **porosidade**: estimada a partir da densidade aparente e da densidade verdadeira. A fórmula empregada foi

$$\text{Porosidade (\%)} = \left(1 - \frac{\text{densidade aparente}}{\text{densidade verdadeira}}\right) \times 100$$

- **composição química**: através da análise imediata foram obtidos os teores de umidade, de matérias voláteis, de carbono fixo e de cinzas segundo a norma NBR 8112 da As-

sociação Brasileira de Normas Técnicas;

- **poder calorífico superior:** foi determinado pelo método da bomba calorimétrica segundo a norma NBR 8633 da Associação Brasileira de Normas Técnicas.

## RESULTADOS

O Quadro I apresenta os resultados individuais e médias dos ensaios sobre o carvão de cada carbonização.

## DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

A análise dos resultados de cada parâmetro estudado indica:

a) **Friabilidade** - a quantidade média de finos gerados menor que 13 mm através do Teste de Tamboramento foi de 14,60%. Silva (1988) analisando a mesma característica do carvão vegetal de misturas de madeiras amazônicas obteve a média de 15,57% de finos gerados. Os valores demonstram a relativa pouca geração de finos para o carvão vegetal oriundo de madeiras amazônicas;

b) **Densidade** - não havendo prejuízo para outras propriedades, a densidade do carvão vegetal deve ser sempre elevada. Assim sendo, denota-se que o carvão vegetal de Balbina é superior em relação por exemplo ao carvão de **Eucalyptus**, que citado por Oliveira et al. (1982) apresentam valores de 0,38 g/cm<sup>3</sup> e 1,34 g/cm<sup>3</sup> para as densidades aparente e verdadeira, respectivamente;

É conhecido que a densidade do carvão é influenciada pela densidade da madeira que lhe deu origem. Como utilizou-se madeira com densidade relativamente alta, obteve-se um carvão de densidade também elevada;

c) **Porosidade** - a medida que aumenta a densidade do carvão vegetal, obviamente diminui sua porosidade. Para madeiras mais leves a tendência é produzir carvão mais poroso. Consequentemente, no presente trabalho, a porosidade comportou-se de maneira inversa em relação a densidade. Obteve-se um menor percentual de poros em se comparando com carvão vegetal normalmente obtido à partir da madeira de **Eucalyptus** que em geral se situa acima de 75%. O material lenhoso carbonizado em Balbina forneceu um carvão vegetal com porosidade média de 69,55%;

d) **Análise Imediata** - através da análise imediata determinou-se a umidade, matérias voláteis, cinzas e carbono fixo;

O carvão é relativamente higroscópico e sua umidade vai depender quase exclusivamente da umidade do ambiente no qual ele está exposto. Como o carvão de Balbina, ao ser desenfornado foi colocado em saco plástico para não absorver a umidade do ar, o seu teor de umidade foi inferior em relação a carvão mantido estocado em ambiente natural. O teor

de umidade foi de 5,55%.

A matéria volátil residual do carvão vegetal é composta, basicamente, de hidrocarbonetos, monóxidos e dióxido de carbono e hidrogênio. No carvão analisado, o teor de matérias voláteis médio foi de 17,11%.

Após a combustão completa do carvão, o resíduo oxidado obtido é reportado como teor de cinzas que é formado de óxidos minerais. Via de regra, o percentual de cinzas no carvão é baixo.

O carbono é o elemento que se encontra em maior percentual no carvão vegetal. Uma fração sai com o material volátil e outra é responsável pela formação da massa amorfa, permanecendo relativamente estável quando sob aquecimento. O teor de carbono fixo é um dos parâmetros de maior interesse ao caracterizar-se um carvão vegetal, haja vista que em geral quanto maior seu teor, melhor o produto. O carbono fixo médio do carvão oriundo de Balbina foi 80,92%.

Brito *et al.* (1982), trabalhando com carvão vegetal obtido de nove espécies de *Eucalyptus* de 10 anos de idade, encontraram 26,7%, 0,65% e 72,9%, respectivamente para matérias voláteis, cinzas e carbono fixo. Contrapondo este resultado em relação ao carvão produzido em Balbina, verifica-se que este foi superior nos teores carbono fixo e cinzas e inferior no teor de matérias voláteis;

e) **Poder Calorífico** - as 23 amostras de carvão vegetal analisadas apresentaram um poder calorífico superior médio de 7.139 Kcal/kg. Doat e Petroff (1975) encontraram em carvão vegetal obtido de madeiras tropicais um poder calorífico situado entre 7000 e 7500 Kcal/kg. O poder calorífico do carvão estudado presentemente situou-se nesta faixa.

Desta forma denota-se que o carvão vegetal obtido com madeiras amazônicas em Balbina é de boa qualidade, destacando-se por ser um produto que apresenta as seguintes características:

- não é muito friável, ou seja, resulta em pouca geração de finos;
- tem boa densidade, tanto aparente como verdadeira;
- tem porosidade não elevada;
- na composição química, destaca-se o elevado teor de carbono fixo;
- tem poder calorífico superior, relativamente bom.

## SUMMARY

*Twenty three wood samples from the forest of the area of installation of the Hydroelectric of Balbina, Amazonas were carbonized in brick Kilns. The density of the wood samples was 0,75 ton/m<sup>3</sup> and humidity was ranging between 25 and 35%. The analysis of the charcoal included friability, density, porosity, heat value, humidity, volatiles, ash and fixed carbon. It was concluded to be possible to obtain a charcoal of good qualities from the wood of the Hydroelectric.*

**Quadro I.** Resultado dos ensaios de friabilidade, densidade aparente, densidade verdadeira, porosidade, densidade verdadeira, porosidade, análise imediata (umidade, matérias voláteis, carbono fixo e cinzas) e poder calorífico do carvão.

Amostras	Friabilidade (% de Finos Gerados 13 mm)	Densidade Aparente (g/cm <sup>3</sup> )	Densidade verdadeira (g/cm <sup>3</sup> )	Porosidade (%)	Umidade (%)	Matérias voláteis (%)	Carbono Fixo (%)	Cinzas (%)	Poder Calorífico Superior (Kcal/kg)
01	12,05	0,34	1,41	78,89	4,74	18,02	80,22	1,76	6725
02	8,11	0,44	1,42	69,01	4,56	26,80	69,57	3,63	7038
03	19,86	0,35	1,24	71,77	4,38	21,13	77,03	1,84	6636
04	10,16	0,47	1,45	67,59	3,84	25,70	72,76	1,54	6541
05	12,13	0,36	1,16	68,97	4,83	20,34	76,94	2,72	6472
06	15,18	0,35	1,45	75,89	4,57	14,05	84,15	1,80	6973
07	16,09	0,39	1,45	73,10	4,06	21,71	75,96	2,33	7189
08	22,99	0,41	1,51	72,85	6,57	11,63	86,00	2,37	7424
09	15,22	0,43	1,51	71,52	5,40	17,66	79,80	2,54	7032
10	15,30	0,29	1,41	79,43	5,04	16,81	81,56	1,63	8042
11	12,80	0,42	1,49	71,81	6,34	13,82	84,54	1,64	7409
12	11,71	0,44	1,57	71,97	-	13,67	84,60	1,73	7121
13	17,87	0,58	1,52	61,84	6,78	9,98	87,60	2,42	7442
14	11,09	0,49	1,48	66,89	5,72	16,99	82,16	0,85	6997
15	19,10	0,39	1,55	74,84	8,47	11,71	87,07	1,22	7032
16	14,14	0,42	1,50	72,00	6,59	13,61	84,71	1,68	7279
17	15,84	0,54	1,45	62,76	4,53	20,98	76,65	2,37	7327
18	26,39	0,58	1,53	62,09	7,50	11,65	86,55	1,80	7189
19	16,08	0,51	1,53	66,67	6,22	11,29	86,57	2,14	7075
20	12,26	0,48	1,46	67,12	6,92	11,20	87,11	1,69	7309
21	10,42	0,47	1,42	66,90	5,20	18,12	79,86	2,02	7615
22	10,02	0,48	1,41	65,96	4,63	21,03	76,75	2,22	7413
23	10,90	0,52	1,40	62,86	5,25	25,54	72,90	1,56	6912
<b>Média</b>	14,60	0,44	1,45	69,55	5,55	17,11	80,92	1,89	7.139
<b>Desvio Padrão</b>	4,43	0,08	0,09	4,80	1,21	5,09	5,30	0,57	3,38

## Referências bibliográficas

- Brito, J. O.; Barrichelo, L. E. G.; Migliorini, A. J.; Seixas, F.; Moramoto, M.C. - 1982. Análise da produção energética e de carvão vegetal de nove espécies de Eucalipto. **Silvicultura**, 8 (28):742-744.
- Doat, J. & Petroff, G. - 1975. La carbonization des bois tropicaux. **Revue et Forêts des Tropiques**, Nogent-sur-Marne, 159:55-72.
- Oliveira, J. B.; Gomes, P. A.; Almeida, M. R. - 1982. Estudos preliminares de normalização de testes de controle de qualidade do carvão vegetal IN: **Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais - CETEC Destilação, carvoejamento, propriedades e controle de qualidade**. Belo Horizonte. p. 7-38 (Série de Publicações Técnicas).
- Reis, M. S. - 1978. Uma definição técnico-política para aproveitamento racional dos recursos florestais da Amazônia Brasileira. IN: **Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal**. Manaus.
- Silva, D. A. - 1988. Qualidade do carvão vegetal produzido com madeiras da região de Manaus em fornos de alvenaria. **Acta Amazonica**, Manaus, 18(1-2):163-178.

(Aceito para publicação em 06.09.1989)