**NBR 8112 CARACTERIZAÇÃO QUALITATIVA DO CARVÃO VEGETAL PROVENIENTE DO MUNICÍPIO ACARÁ – PA**

Brenda Souza de Souza**1**; Sueo Numazawa **2**; Ingryd Aranda Maciel da Silva**2**; Adson Jordan Moreira Correa**2**; Valéria de Jesus Pereira**2**; Hiallel Hanna Carneiro dos Santos**2**; Antônio Cirilo da Silva**2**

**1** Acadêmica Concluinte do Curso de Engenharia Florestal da UFRA- e-mail: brendasouza3083@gmail.com; **2**Acadêmicos Concluintes do Curso de Engenharia Florestal da UFRA

**2** Sueo Numazawa, Professor Titular, Dr., da Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA

**RESUMO**

O carvão vegetal é amplamente utilizado na geração de energia, destacando-se como uma alternativa renovável e menos poluente em comparação aos combustíveis fósseis. A avaliação da qualidade do carvão é crucial para garantir sua eficiência energética e otimizar o uso em diversas aplicações. Nesse contexto, este trabalho teve como objetivo realizar a caracterização qualitativa, abrangendo as análises das propriedades físicas, químicas, energética e mecânica do carvão produzido no Município de Acará, Estado do Pará. Para aumentar a confiabilidade dos resultados, as amostras foram adquiridas de forma aleatória e as análises foram realizadas no Laboratório de Tecnologia de Produtos Florestais – LTPF da Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA/Campus Belém. Neste estudo, foram realizadas análises físicas abrangendo teor de umidade, densidade básica e densidade a granel; análises químicas para determinação dos teores de materiais voláteis, cinzas e carbono fixo (base seca); análise energética referente a poder calorífico superior e análise mecânica para determinar a friabilidade através do teste de tamboramento do carvão. Os resultados revelaram para as análises físicas, baixo teor de umidade de 3,1%; elevada densidade básica com média de 0,551 g/cm³ e densidade a granel de 168,6 kg/mdc. As análises químicas, referentes a teores de Materiais Voláteis; Cinzas e Carbono Fixo (base seca), indicaram, respetivamente, médias de 28,3%; de 0,99% e de 70,7%. Na questão energética, o carvão apresentou poder calorífico superior de 7.027,5 kcal/kg e, finalmente, o teste de tamboramento para determinação de friabilidade do carvão apontou média de 19,8%, valor considerado medianamente friabilidade. O carvão apresentou baixa higroscopicidade, bem apropriado para fins doméstico e industrial e boas características químicas e energética. A resistência mecânica à formação de partículas indicou que carvão tem média fragmentação. Assim, concluindo-se que, o carvão tem boas características físicas, química, energética e mecânica, podendo ser destinado para uso doméstico e industrial que exige essas qualidades apontadas neste trabalho.

**Palavras-chave**: Madeira. Carvão. Propriedades.

**Área de Interesse do Simpósio:** Bioenergia e Biocombustíveis.

1. **INTRODUÇÃO**

O carvão vegetal há muito tempo vem sendo utilizado para a geração de energia, sendo responsável pelo surgimento das indústrias siderúrgicas no Brasil (Brito, 1990). O Brasil é responsável por cerca de 1/3 da produção e utilização de carvão vegetal no mundo, destinado principalmente para as indústrias siderúrgicas na fabricação de ferro gusa e ligas metálicas (Barcellos, 2007), visto que é um insumo renovável e menos poluente ao se comparar com combustíveis fósseis (Arruda, 2005). A produção de carvão vegetal brasileira é extremamente expressiva no cenário mundial, sendo o Brasil o maior produtor e o segundo maior consumidor.

A indústria siderúrgica brasileira produziu, em média, nos períodos de 2003 a 2012, cerca de 32,5 milhões de toneladas anuais de ferro-gusa, sendo destes, 9,5 milhões obtidos a partir do carvão vegetal como insumo energético (Ccge, 2015). A produção de carvão vegetal é feita através da carbonização da madeira, realizadas em carvoarias pelo processo conhecido como carvoejamento, que podem ter tecnologias que proporcionam um maior rendimento e menor impacto ambiental ou podem ser relativamente primitivas, gerando uma baixa produtividade e sem controle sobre os impactos ao meio ambiente (Mota, 2013). Nesse contexto, o presente trabalho objetivou a caracterização física, química e mecânica de carvão vegetal proveniente do município Acará, estado do Pará, e assim avaliar a qualidade do carvão.

1. **MATERIAL E MÉTODOS**

Para a caracterização qualitativa das propriedades do carvão, foram coletadas amostras de carvão (3 sacas de 60 litros), no Município de Acará, Estado do Pará. As análises foram realizadas no Laboratório de Tecnologia de Produtos Florestais (LTPF) do Instituto de Ciências Agrárias – ICA da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Campus Belém.

As caraterísticas qualitativas abrangeram as análises físicas (Teor de Umidade e Densidades Básicas e a Granel); químicas (teores de materiais voláteis, cinzas e carbono fixo); energética (poder calorífico superior) e mecânica (friabilidade) do carvão.

* 1. **Propriedades físicas do carvão.**
		1. Teor de umidade (TU).

Para determinar o teor de umidade, o carvão foi moído e peneirado para classificação granulométrica de acordo com a norma NBR 8112 da ABNT. Em seguida, as amostras de carvão moído e úmido (P(u)), foram colocadas em cinco placas de petri e submetidas à secagem em estufa a 103 ± 2 ºC, para obtenção de peso do carvão seco (P(0)), verificado em três pesagens consecutivas. O teor de umidade foi determinado com base na equação 1.

$$TU=\frac{P\_{(U)}-P\_{(0)}}{P\_{(0)}} x 100$$

Equação 1

.

TU – teor de umidade;

P(u)- peso do carvão úmido, g;

P(0) - peso do carvão seco (0%), g.

* + 1. Densidade Básica (DBás.).

A determinação de densidade básica foi feita de acordo com a Norma NBR 11941 da ABNT. Os corpos de prova foram submetidos à saturação em uma bomba a vácuo para obtenção de volume saturado e, em seguida, submetidos à secagem em estufa à 103 $\pm $2 ºC, até atingir o peso constante. A densidade básica do carvão foi calculada, utilizando-se a equação 2.

$$DB=\frac{P\_{0\%}}{V\_{Sat}} $$

Equação 2

 DB - densidade básica do carvão, g/cm³;

 P0% - peso do carvão absolutamente seco, em gramas;

 VSat - volume do carvão saturado, em cm³.

* + 1. Densidade do carvão a granel (DCG).

A densidade do carvão a granel é definida pela relação entre o peso do carvão contido em um recipiente de volume interno conhecido. A determinação de DCG foi realizada, colocando-se carvão no recipiente de forma aleatória até o preenchimento completo e posterior pesagem, calculando-se a densidade com base na equação 3.

$$ DCG=\frac{P\_{(c)}}{V\_{(Rec.)}} $$

Equação 3

 DCG - densidade do carvão a granel, em kg/m³ ou kg/mdc;

 P - peso do carvão, kg;

 V(Rec.) - volume do recipiente em m³ ou volume de carvão tratado como metro de carvão (mdc).

* 1. **Propriedades químicas do carvão.**

As propriedades químicas do carvão corresponderam às análises químicas imediatas, determinadas com base na ASTM D3172 (American Society for Testing and Material).

* + 1. Teor de Materiais Voláteis (TMV).

O teor de materiais voláteis contidos no carvão foi determinado, utilizando-se cadinhos com tampa, nos quais foram colocados o carvão seco, classificado granulometricamente, conforme prescrita na Norma. Em seguida, os cadinhos foram introduzidos na mufla para calcinação do carvão à 950ºC por seis minutos. Após esse período, os cadinhos foram retirados para esfriamento e posterior pesagem para obtenção do carvão calcinado (PCalc.). O teor de materiais voláteis foi calculado através da equação 4.

$$TMV=\frac{P\_{0}-P\_{Calc.}}{P\_{0}} x 100$$

Equação 4

 TMV - teor de materiais voláteis, %;

 P0 - peso do carvão seco (0%), g;

 PCalc. - peso do carvão calcinado à 950º C, g.

* + 1. Teor de Cinzas (TCz).

Para determinação do teor de cinzas, utilizou-se igualmente carvão seco (P0), moído e classificado. Os cadinhos sem tampas foram introduzidos para incineração na mufla à 750 ºC por seis horas e, em seguida, retirados e pesados para obtenção do peso de cinzas. O teor de cinzas foi calculado através da equação 5.

$$TCZ=\frac{P\_{Cz}}{P\_{0}} x 100$$

Equação 5

 TCz - teor de cinzas no carvão, %;

 P0 - peso do carvão seco (0%), g;

 PCz. - peso de cinzas contidas no carvão, g.

* + 1. Teor de Carbono Fixo (TCF).

O teor de carbono fixo foi determinado à base seca, através da equação 6.

$$TCF=100-(TMV+TCz)$$

Equação 6

 TCF - teor de carbono fixo no carvão, em %;

 TMV - teor de materiais voláteis, em %;

 TCz - teor de cinzas no carvão, em %;

* 1. **Propriedade Energética do carvão.**

A propriedade energética, referiu-se a poder calorífico superior com base na formulação proposta por Parikl et al. (2005), através da equação 7.

PCS = (84,5104 x TCF + 37,2601 x TMV - 1,8642 x TCz)

Equação 7

 PCS - poder calorífico superior, em kcal/kg;

 TCF – teor de carbono fixo, base seca, contido no carvão, %;

 TMV – teor de materiais voláteis contidos no carvão, %;

 TCz – teor de cinzas contidas no carvão, %.

* 1. **Propriedade Mecânica (friabilidade) do carvão.**

A friabilidade consiste na resistência que o carvão possui de ser ou não transformado em partículas, devido à ação de atritos e choques provocados durante o manuseio e transporte. A determinação dessa propriedade foi feita através do teste de tamboramento com base na Norma MB 1375/80 da ABNT, sendo a friabilidade calculada através da equação 8.

$$F=\left(\frac{PC\_{i}-PC\_{r}}{PC\_{i}}\right) x 100$$

Equação 8

 F - friabilidade do carvão, %;

 PCi - peso do carvão inicial (± 500 g);

 PCr - peso do carvão remanescente, após o tamboramento, g.

1. **RESULTADOS E DISCUSSÃO**
	1. **Propriedades físicas do carvão: Teor de umidade e Densidades do carvão.**

Na Tabela 1, encontram-se os resultados estatísticos das análises das propriedades físicas do carvão, concernentes a Teor de Umidade (TU); Densidade Básica (DBás.) e Densidade do carvão a granel (DCG).

Tabela 1. Resultados estatísticos das propriedades físicas do carvão procedente de Município do Acará-PA.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Propriedade | Média (%) | VAR | DP | CV (%) | Mínimo | Máximo |
| TU (%) | 3,1 | 0,01897 | 0,1377 | 4,5 | 2,93 | 3,20 |
| DBás. (g/cm³) | 0,551 | 0,00229 | 0,0478 | 8,7 | 0,500 | 0,610 |
| DCG (kg/mdc) | 168,6 | 334,248 | 18,2824 | 10,8 | 151,67 | 199,49 |

 Fonte: Autores (2024).

A média de teor de umidade do carvão foi de 3,1%, registrando-se o coeficiente de variação de 4,5%, indicando baixa dispersão de dados desta variável.

Guimarães (2019) e Numazawa et al. (2022) encontraram médias de 7,9% e 8,1%, respectivamente, com carvões produzidos com resíduos de exploração florestal e Santos (2022) ao carbonizar madeiras de floresta secundária encontrou média de 8,3%.

A higroscopicidade está relacionada a fatores influentes como porosidade do carvão e tempo e condição climática do meio em que fica exposto. Isso demonstra que as diferenças encontradas por esses autores são resultantes dessas variáveis.

O carvão estudado apresentou média de densidade básica de 0,551 g/cm³, registrando-se o coeficiente de variação de 8,7%, indicando moderada dispersão de dados. Numazawa et al. (2022), obtiveram média de 0,510 g/cm³, valor muito próximo ao que foi encontrado neste trabalho. Guimarães (2019) e Santos (2022) registraram médias de 0,462 g/cm³ e 0,289 g/cm³, respectivamente. Carvalho (2003) mencniona que carvões produzidos com madeira da espécie *Piptadenia gonoacantha* (pau jacaré) variaram entre 0,540 g/cm³ e 0,580 g/cm³, enquanto que Silva (2020) ao carbonizar dois grupos de resíduos de exploração florestal encontrou grande dispersão de densidade básica variando entre 0,380 g/cm³ e 0,720 g/cm³. Esses dados de densidade básica demonstram claramente que a densidade do carvão tem relação direta com a densidade da madeira, onde madeira pesada resulta em carvão pesado e vice-versa.

Quanto a densidade a granel do carvão, a média encontrado foi de 168 kg/m³, valor abaixo do que foi observado por Silva et al (2007), que analisou carvão de três espécies nativas da amazônica, obtendo médias de 178,51 a 231,14 kg/m³. SILVA (2020) ao carbonizar dois grupos de resíduos de exploração florestal, encontrou variação de densidade a granel entre 265,33kg/m³ e 326,15 kg/m³ e Numazawa et al. (2022), obtiveram valor médio de 237,74 kg/mdc para carvão produzido de mistura de resíduos de exploração florestal. Variações que podem ser explicadas pelo fato de densidade a granel expressar a relação entre o peso do carvão a granel contido em um recipiente de 1 m3 de volume. É imprescindível ressaltar que essa propriedade está relacionada com a granulometria e os espaços vazios que se formam entre os pedaços de carvão no recipiente. O baixo valor de densidade a granel encontrado neste estudo, certamente, foi afetado pela segunda variável, ou seja, quantidade importante de espaços vazios, resultando em pouco peso carvão no recipiente.

* 1. **Propriedades químicas: Teores de Materiais Voláteis, Cinzas e Carbono Fixo.**

Na Tabela 2, encontram-se os resultados estatísticos das análises das propriedades químicas do carvão, referentes a teores de materiais voláteis, cinzas e carbono fixo.

Tabela 2. Resultados estatísticos das propriedades químicas, energética e mecânica do carvão procedente de Município do Acará-PA.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Componente químico | Média (%) | VAR | DP | CV (%) | Mínimo | Máximo |
| TMV (%) | 28,3 | 8,419 | 2,902 | 10,3 | 24,31 | 32,39 |
| TCz (%) | 0,99 | 0,352 | 0,123 | 35,2 | 0,66 | 1,40 |
| TCF (%) | 70,7 | 8,673 | 2,945 | 4,2 | 64,2 | 74,3 |

Fonte: Autores (2024).

A composição química imediata do carvão vegetal, que corresponde a teores de materiais voláteis, cinzas e carbono fixo, à base seca, foi determinada de acordo com a norma ASTM D3172. O valor médio de teor de materiais voláteis contidos no carvão foi de 28,3%, com registro de coeficiente de variação de 10,3%, indicando moderada dispersão dos dados.

Em relação à análise química imediata, o carvão vegetal apresentou um teor de materiais voláteis igual a 28,3% e coeficiente de variação de 10,3%, considerando-se moderada dispersão dos dados. A média do teor de cinza foi de 0,99% e coeficiente de variação de 35,2%, indicando enorme dispersão dos dados. E, finalmente, o teor de carbono fixo apresentou média de 70,7% e coeficiente de variação de 4,2%, indicando pequena dispersão dados.

Vale destacar que apesar de grande variação de teor de cinzas (0,66 a 1,40%) obtida neste estudo, esses valores ainda se encontram dentro do limite de carvões produzidos com madeiras tropicais. Aquino (2003) e Numazawa (1986) apresentaram valores variando de 0,43 a 1,76 %. Quanto a teor de carbono fixo, Carneiro et al. (2013) mencionam que o teor ideal de carbono fixo no carvão para uso siderúrgico deve estar compreendido entre 75 e 80%, visto que, o carbono é o elemento químico termo-redutor utilizado na indústria siderúrgica. Considerando esses aspectos qualitativos, o carvão estudado pode ser indicado para siderurgia.

* 1. **Propriedade energética do carvão.**

Na Tabela 3, encontram-es os resultados estatíticos de análise energética, referente a poder calorífico superior do carvão procedente de Município do Acará-PA.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Poder calorífico superior (kcal/kg) | Médias | VAR | DP | CV (%) | Mínimo | Máximo |
| 7.027,5 | 16.877,4 | 142,31 | 2,03 | 6.802,6 | 7.182,4 |

Fonte: Autores (2024).

A média de poder calorífico superior foi de 7.027,5 kcal/kg e coeficiente de variação de 2,03%, indicando pequena dispersão de dados.

Oliveira *et al*. (1982), Satonaka (1982), Petroff & Doat (1978) e Earl (1974), citam que essa propriedade varia de acordo com a composição química do carvão (teores de materiais voláteis, carbono fixo e cinzas). Aquino (2003) obteve valores variando entre 6867,1 a 7654,3 kcal/kg e Numazawa (1986) de 7.122,1 a 8.333,6 kcal/kg. Logo, o resultado de poder calorífico superior encontrado neste trabalho é compatível aos valores apresentados por esses autores. Segundo Brito e Barrichelo (1978) e Brand, 2010, o poder calorífico do carvão é uma das mais importantes propriedades energéticas de um combustível.

* 1. **Friabilidade**

Na Tabela 4, encontram-se os resultados estatísticos de friabilidade que corresponde a resistência do carvão à formação de partículas, devido atrito e choques que o carvão sofre durante o manuseio e transporte.

Tabela 4. Resultados estatísticos de friabilidade do carvão procedente de Município do Acará-PA.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Friabilidade (%) | Média | VAR | DP | CV (%) | Mínimo | Máximo |
| 19,8 | 25,037 | 5,481 | 27,7 | 10,9 | 24,3 |

Fonte: Autores (2024).

A friabilidade média obtida foi de 19,8% e coeficiente de variação de 27,7%, indicando grande dispersão de dados. É importante ressaltar que esta propriedade mecânica depende de maior ou menor presença de fissuras/rachaduras nas amostras testadas. Em geral, quanto maior a quantidade de fissuras, menor a resistência, consequentemente, maior formação de partículas.

Silva et al (2007) ao estudarem carvão de resíduos de indústria madeireira obtiveram valores de friabilidade entre 12 e 32,6% de três espécies nativas da Amazônia e Numazawa et al. (2022) com carvão de resíduos de exploração florestal obteve variação entre 19,3 e 28,8%.

Segundo a classificação de friabilidade instituída pelo Centre Technique Forestier Tropical - CTFT (1972), o carvão se apresenta como medianamente friável, com boa resistência à formação de partículas e considerado compatível aos valores apresentados pelos autores citados.

1. **CONCLUSÃO**

A baixa higroscopicidade torna o carvão apropriado para fins doméstico e industrial, em face de pouca energia a ser consumida para evaporação da água, podendo ser potencialmente indicado como fonte de energia.

A elevada densidade básica (kg/m³) revela uma relação expressiva de unidade de massa por unidade de volume, traduzindo-se em importante quantidade de energia (kcal/kg) que pode ser liberada na combustão do carvão. A baixa densidade do carvão a granel (kg/mdc) tem relação com granulometria e espaços vazios produzidos pelos pedaços de carvão, refletindo-se em menor quantidade de massa por unidade volumétrica do recipiente.

A qualidade química e poder calorífico superior do carvão fornecem bons indicativos como fonte energética e como termo-redutor. No entanto, deve-se aprimorar a carbonização para aumentar o teor de carbono fixo e, por consequência, elevar o poder calorífico do carvão, variáveis que influenciam na performance do processo de oxi-redução nas indústrias siderúrgicas.

O carvão submetido a esforços de atrito e choques, no teste de tamboramento, classifica o carvão como medianamente friável, com boa resistência à fragmentação.

Destarte, o carvão estudado tem boas características para ser utilizado como fonte de energia e aplicações em indústrias que exigem essas qualidades físicas, químicas e energéticas, apontadas neste trabalho.

**REFERÊNCIAS**

AQUINO, J. N. 2003. **Caracterização do carvão de resíduos de processamento primário da madeira e sua potencialidade energética.** Universidade Federal Rural da Amazônia. Belém, PA. 81pp.

ARRUDA, T. P. M. **Avaliação de duas rotinas de carbonização em fornos retangulares.** 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8112: **Carvão vegetal: análise imediata.** Rio de Janeiro, 1986. 8 p.

BARCELLOS, D. C. **Caracterização do carvão vegetal através do uso de espectroscopia no infravermelho próximo.** Tese (Doutorado em Ciência Florestal), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007, 129 p.

BRAND, M. A. **Energia de biomassa florestal.** Rio de Janeiro: Interciência, 131 p. 2010.

BRITO, J. O. **Carvão vegetal no Brasil: gestões econômicas e ambientais.** Estudos avançados, v. 4, n. 9, p. 221-227, 1990.

BRITO, J. O.; BARRICHELO, L. E. G. **Características do eucalipto como combustível: análise química imediata da madeira e da casca.** Boletim Informativo IPEF, v.16, p. 63-70, 1978.

CARNEIRO, A. C. O.; VITAL, B. R.; OLIVEIRA, A. C.; PEREIRA, B. L. C. **Pirólise lenta da madeira para produção de carvão vegetal.** In: Bioenergia & Biorrefinaria – Cana-de-Açúcar & Espécies Florestais. Santos, F.; Collodette, J.; Queiroz, J. H. (Ed.). Viçosa: Os editores, 2013. p. 429-458.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies Arbóreas Brasileiras.** Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Embrapa Florestas, Colombo. 2003.

CCGE – Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. **Modernização da produção de carvão vegetal: subsídios para revisão do Plano Siderurgia.** Brasília, DF, 150 p., 2015.

CTFT – Centre Technique Forestier Tropical. 1972. **Resultados de 20 estudos dos produtos da destilação das madeiras amazônicas**. CTFT. 32pp.

EARL, D. E. **Charcoal.** Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma. 97pp. 1974.

GALVÃO, P. A. M. **Estimativas da umidade de equilíbrio da madeira em diferentes cidades do Brasil.** IPEF, n.11, p.53-65, 1975.

GUIMARÃES, L.K. **Carbonização de mix de resíduos de exploração de plano de manejo florestal e análises qualitativas do carvão.** Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Florestal) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2021, 60p.

MOTA, F. C. M. **Análise da cadeia produtiva do carvão vegetal oriundo de Eucalyptus sp. no Brasil.** Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), Universidade de Brasília, Brasília, DF. 2013, 169 p.

NASA. **Long-Term Warming Trend Continued in 2017: NASA, NOAA.**

NUMAZAWA, S. 1986. **Aproveitamento de resíduos de exploração florestal em Curuá-Una/Pa, para produção de carvão vegetal.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.

OLIVEIRA, J. B.; VIVACQUA FILHO, A.; MENDES, M. G.; GOMES, P. A. **Produção de carvão vegetal – aspectos técnicos.** In: CETEC. Produção e Utilização de Carvão Vegetal. Belo Horizonte. P.59-72 (SPT-008). 1982.

PEREIRA, B. L. C.; OLIVEIRA, A. C.; CARVALHO, A. M. M. L.; CARNEIRO, A. C. O.; SANTOS, L. C.; VITAL, B. R. **Quality of wood and charcoal from Eucalyptus clones for ironmaster use.** International Journal of Forestry Research, v. 2012, p. 1-8, 2012.

PETROFF, G.; DOAT, J. **Pirolyse des bois tropicaux – Influence de la composition chimique de bois sur les produits de distillation.** Revue Bois et Forêt des Tropiques. Nojent sur Marne/France. Centre Technique Forestier Tropical – CTFT. 177:51-64. 1978.

PIMENTA, A. S.; BARCELLOS, D. C. **Curso de atualização e carvão vegetal.** Centro de Produções técnicas – CPT, 2000. 76p. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

SATONAKA, S. **Carbonization and Gaseification of Wood.** Energy from forest biomass. Ed. By W. Ramsay Smith College of Forests resources. University of Washington, Seattle. XVIIIUFRO World Congress Energy Group Proceeding. Academic Press. P.147-154. 1982.

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 Amazonica, 37(1), 61–70. 2007.