
**AVALIAÇÃO DO CARVÃO DAS CINCO ESPÉCIES
FLORESTAIS DE MAIOR OCORRÊNCIA NATURAL
ÀS MARGENS DA REPRESA DE FURNAS**

AZARIAS MACHADO DE ANDRADE
Dr., Prof. Adjunto, DPF-IF-UFRRJ
PEDRO ÉLCIO A. RAGOZZINI
Eng. Florestal, Cia Siderúrgica Barra Mansa - Itapetininga-SP
FRANCISCO PEREIRA F. NETO
Eng. Florestal, Universidade de Alfenas - UNIFENAS

RESUMO

Este trabalho teve por objetivo a avaliação das potencialidades energéticas das cinco espécies florestais de maior ocorrência natural às margens da Represa de Furnas, no Estado de Minas Gerais. Após destilações secas do material lenhoso proveniente das espécies estudadas e da testemunha (*Eucalyptus grandis*), observou-se que o maior rendimento em carvão é obtido a partir da Amoreira (*Chlorophora tinctoria*), que também apresentou altos teores de cinza no carvão. Do ponto de vista energético, a Casca de Arroz (*Miconia cinamomifolia*) e o Óleo de Copaíba (*Copaifera Langsdorffii*) foram as espécies florestais que produziram o carvão vegetal com as melhores propriedades físicas e químicas.

ABSTRACT

**Evaluation of Wood Charcoal from Five Species with Highest
Natural Occurrence on the Furnas Lake Margin**

This work evaluated the energetics potentialities of five species with highest natural occurrence on the Furnas Lake margin, in the Minas Gerais State. After dries distillations, charcoal yield and quality were measured. Amoreira (*Chlorophora tinctoria*) presents highest charcoal yield and ash concentrations. In relation to energetics factors, the Casca de Arroz (*Miconia cinamomifolia*) and the óleo de Copaíba (*Copaifera langsdorffii*) were the species which produced charcoal with better physics and chemistries properties.

INTRODUÇÃO

A madeira e os seus derivados são utilizados pelo homem desde épocas bastante remotas. Essa utilização, que no início se restringia ao consumo de pequenas quantidades, a exemplo do uso da lenha para o aquecimento das cavernas, atualmente é efetuada em larga escala, principalmente pelo setor industrial das nações desenvolvidas e daquelas em desenvolvimento. Um dos derivados da madeira, o carvão vegetal, foi o primeiro combustível utilizado em um alto-forno siderúrgico e o seu uso tem persistido em países onde algumas condições básicas são satisfeitas. Por se tratar de uma das poucas fontes de carbono capaz de regeneração, a sua importância como termo-redutor é cada vez maior. A indústria siderúrgica brasileira, baseada a carvão vegetal, data de 1888, quando ocorreu o acendimento do primeiro alto-forno da Usina Esperança, no Estado de Minas Gerais (ASSIS et alii, 1982).

O carvão vegetal, por ser um insumo de grande importância para o País, principalmente para o Estado de Minas Gerais, que consumiu 78,41% de todo o carvão utilizado durante o ano de 1989, passou a ser abordado com maior frequência em estudos quali-quantitativos, sobretudo a partir da década de setenta. A partir de então, foram desenvolvidos trabalhos buscando o aumento da produtividade dos povoamentos energéticos, a melhoria da

qualidade da biomassa florestal, os melhores métodos de carvoejamento, os fornos mais eficientes e as técnicas que possibilitassem a obtenção do carvão com as melhores características físicas e químicas.

Em relação à qualidade química do carvão vegetal, um parâmetro de grande importância é o seu teor de carbono. O elemento carbono (C) imprescindível na redução de minérios ferrosos e não-ferrosos, gerando ligas adequadas para a produção dos mais variados tipos de produtos siderúrgicos, como os aços não-planos, os aços especiais, os ferro-ligas, etc. Considerando-se que 3/4 do carvão vegetal utilizado no Brasil provém de espécies nativas, é necessário que sejam avaliadas não somente as características física e química dessa matéria-prima lenhosa, mas também a qualidade do carvão dela oriundo, com base nos rendimentos gravimétrico e em carbono fixo, bem como nos teores de matérias voláteis, de cinza e de carbono fixo (Análise Química Imediata). O presente estudo foi proposto com o intuito de se analisar o carvão de cinco espécies florestais, com ampla ocorrência natural às margens da Represa de Furnas, no sul do Estado de Minas Gerais. Adotou-se como "espécie testemunha" o *Eucalyptus grandis*, essência exótica largamente utilizada na formação dos maciços florestais energéticos e com um elevado volume de informações quali-quantitativas já disponível.

QUADRO 1 - Espécies Florestais de Maior Ocorrência Natural às Margens da Represa de Furnas, no Sul do Estado de Minas Gerais, por Ordem Decrescente de Frequência

Nome Vulgar	Família	Nome Científico
Casca de Arroz*	Melastomataceae	<i>Miconia cinamomifolia</i>
Vermelhão*	Vochysiaceae	<i>Qualea</i> sp
Caneleira*	Lauraceae	<i>Ocotea</i> sp
Amoreira*	Moraceae	<i>Chlorophora tinctoria</i>
Óleo de Copaiba*	Leguminosae	<i>Copaifera langsdorffii</i>
Eucalipto	Myrtaceae	<i>Eucalyptus grandis</i>

*Fonte: CAMPOS e LANDGRAF, 1990.

MATERIAL E MÉTODOS

O material lenhoso utilizado neste estudo foi coletado às margens da Represa de Furnas, no sul do Estado de Minas Gerais, nas proximidades dos Municípios de Alfenas, de Fama, de Campos Gerais, de Campo do Meio, de Boa Esperança e de Areado. Foram selecionadas para o trabalho as cinco espécies florestais de maior incidência natural na área, de acordo com estudos realizados anteriormente por CAMPOS e LANDGRAF (1990). O Quadro 1 apresenta as cinco espécies florestais estudadas, bem como a espécie testemunha (*Eucalyptus grandis*).

Após o abate de cinco árvores de cada espécie, os materiais lenhosos foram devidamente identificados e conduzidos ao Laboratório de Análises Físico-Químicas de Carvão Vegetal, da Universidade de Alfenas - UNIFENAS, onde foram submetidos às necessárias transformações pré-análises.

De cada árvore foram extraídos seis discos de madeira com casca, com aproximadamente quatro centímetros de espessura, para serem cavaqueados e transformados em carvão no interior de retortas elétricas. Os pontos de retirada dos discos foram os seguintes: a 0,3 m do solo, a 1,3 m do solo e, a 25, 50, 75 e 100% da altura do fuste. Os discos de madeira foram cavaqueados manualmente, para se evitar a geração de quantidades elevadas de finos. A densidade básica média do lenho foi determinada através do método da imersão em água, proposto por VITAL (1984).

O material lenhoso foi submetido à destilação simples, empregando-se balões de destilação de fundo redondo, com capacidade para 500 ml, assentados sobre mantas aquecedoras elétricas. Na região superior do balão foi acoplado um termômetro com base esmerilhada, graduado até 250 °C, cuja extremidade inferior foi posicionada na altura da saída dos gases para um condensador reto. A temperatura corrente de destilação foi acompanhada, com leituras realizadas em intervalos regulares de cinco minutos, com vistas ao posterior entendimento dos mecanismos da destilação seca.

A madeira foi secada em estufa regulada a 105 ± 3 °C, por um período de 48 horas. Foram acondicionados 100 gramas de material

lenhoso absolutamente seco no interior do balão para a carbonização, para a coleta e quantificação dos condensados (GC) e para a quantificação dos gases não-condensáveis (GNC). Foram efetuadas duas destilações secas para cada essência florestal. Ao final de cada uma das corridas foram coletados os pesos de carvão absolutamente seco, ainda no interior do balão de destilação, utilizando-se a seguinte fórmula: $\text{Peso do Carvão a.s.} = (\text{Peso do balão} + \text{Carvão}) - \text{Peso do balão}$. Também foram coletados os pesos do líquido condensado, coletado em beckeres de 250 ml, utilizando-se a seguinte fórmula: $\text{Peso do Líquido Condensado} = (\text{Peso do Becker} + \text{Peso do Líquido Condensado}) - \text{Peso do Becker}$. O peso do gás não-condensável, queimado durante a destilação seca, foi conhecido por diferença, da seguinte maneira: $\text{Peso do Gás Não-Condensável} = \text{Peso da Lenha a.s. Destilada} - (\text{Peso do Carvão a.s.} + \text{Peso do Líquido Condensado})$. Com os respectivos pesos, foram calculados os rendimentos correspondentes às três frações supracitadas, quais sejam: rendimento gravimétrico em carvão (RG-%), rendimento em gases condensáveis (GC-%) e rendimento em gases não-condensáveis (GNC-%), em relação ao peso da madeira absolutamente seca utilizada nas destilações. A alta eficiência e a boa precisão do processo de destilação seca adotado neste estudo foram devidamente comprovadas por RAGOZZINI (1990).

O carvão vegetal foi macerado e, posteriormente, peneirado. Utilizou-se nas análises químicas a fração que atravessou a peneira de 40 mesh e ficou retida na peneira de 60 mesh. Foram determinados os teores de matérias voláteis (TMV), de cinza (TCZ) e de carbono no carvão vegetal (TCF), conforme descreve a norma ASTM D-1764-64 ("Chemical Analysis of Wood Charcoal"), adaptada por GOMES e OLIVEIRA (1980). Também foram calculados os rendimentos em carbono fixo (RCF), após cada corrida, multiplicando-se o rendimento gravimétrico em carvão pelo respectivo teor de carbono fixo.

Os dados foram analisados por comparações entre as médias através do teste de Tukey (5% de significância).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Quadro 2 apresenta as Densidades Básicas Médias do Lenho das espécies estudadas, expressas em g/cm^3 .

É interessante notar (Quadro 2) que todas as espécies nativas estudadas apresentaram densidade básica média superior àquela exibida pela testemunha. Porém, como poderá ser visto no decorrer do estudo, esta característica física da madeira no interferiu de forma significativa nas propriedades físicas e químicas do carvão vegetal das espécies estudadas.

Os rendimentos gravimétricos em carvão (RG-%), em gases condensáveis (GC-%) e em gases não-condensáveis (GNC-%), das espécies florestais estudadas, são apresentados no Quadro 3.

Os resultados apresentados no Quadro 3 referem-se aspectos quantitativos, resultantes da destilação seca das espécies estudadas. Neste caso, notou-se a superioridade da Amoreira (*Chlorophora tinctoria*) no que se refere produção de carvão vegetal (RG-%), sendo que as demais espécies apresentaram rendimentos gravimétricos em carvão significativamente abaixo daquele apresentado pela mesma. O maior rendimento em carvão apresentado pela Amoreira parece estar vinculado sua maior concentração de cinza no carvão, em comparação s demais espécies (Quadro 4) e, possivelmente, a outros fatores no abordados no presente trabalho, tais como: maiores teores de lignina e de extrativos como a lignana e o tanino, todos componentes de

elevada resistência térmica.

Como os rendimentos em gases condensáveis (GC-%) e em gases não-condensáveis (GNC-%) são inversamente proporcionais ao rendimento em carvão, j era esperado que os valores observados para os referidos parâmetros, no caso da Amoreira, fossem menores que aqueles apresentados pelas demais espécies estudadas.

O Quadro 4 apresenta os resultados obtidos a partir da Análise Química Imediata do carvão vegetal das espécies florestais.

Em relação aos valores apresentados no Quadro 4, vale mencionar a ocorrência de teores de cinza (TCZ-%) significativamente superiores no carvão vegetal das espécies estudadas, em comparação testemunha. A Amoreira, por exemplo, apresentou o carvão com um teor médio de cinza to elevado que o contra-indicaria para a maioria dos usos desse insumo vegetal (10,50%).

Altos teores de matérias voláteis (TMV-%) e de cinza (TCZ-%) no carvão, indicam baixos teores de carbono fixo e vice-versa. No caso da Amoreira, o menor teor de carbono fixo proveio do seu elevado teor de cinza. Todavia, os teores de carbono fixo apresentados pelas espécies estudadas encontram-se dentro de limites normais, equiparando-se, na maioria dos casos, ao valor médio exibido pela testemunha. Em função do alto rendimento em carvão apresentado pela Amoreira, o seu rendimento em carbono fixo (Quadro 5) também equiparou-se àquele apresentado pela testemunha.

QUADRO 2 - Densidades Básicas Médias do Lenho das Espécies*

Nome Vulgar	Família	Nome Científico	Db Média (g/cm^3)
Casca de Arroz*	Melastomataceae	<i>Miconia cinamomifolia</i>	0,70 ^b
Vermelhão*	Vochysiaceae	<i>Qualea</i> sp.	0,82 ^d
Caneleira*	Lauraceae	<i>Ocotea</i> sp.	0,84 ^a
Amoreira*	Moraceae	<i>Chlorophora tinctoria</i>	0,80 ^a
Óleo de Copaíba*	Leguminosae	<i>Copaifera langsdorffii</i>	0,70 ^b
Eucalipto	Myrtaceae	<i>Eucalyptus grandis</i>	0,52 ^c

*As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra, não diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5% de significância, pelo teste de Tukey.

QUADRO 3 - Rendimentos Gravimétrico em Carvão (RG), em Gases Condensáveis (GC) e em Gases Não-Condensáveis (GNC), das Espécies Florestais Estudadas*

Espécies	RENDIMENTOS (%)					
	RG	Média	GC	Média	GNC	Média
Casca de Arroz	33,40	32,74 ^{bc}	43,78	43,84 ^a	22,82	23,42 ^b
	32,04		43,90		24,03	
	29,98		43,97		26,05	
Vermelhão	30,15	30,06 ^c	43,26	43,62 ^a	26,59	26,32 ^a
	31,20		39,47		29,33	
Caneleira	33,63	32,42 ^{bc}	40,62	40,04 ^a	25,75	27,54 ^a
	46,40		34,02		19,58	
Amoreira	44,45	45,42 ^a	32,35	33,18 ^b	23,20	21,39 ^b
	34,02		39,19		26,79	
Óleo de Copaíba	34,48	34,25 ^b	40,13	39,66 ^a	25,39	26,09 ^a
	35,01		41,90		23,09	
Eucalipto	35,41	35,21 ^b	41,07	41,48 ^a	23,52	23,30 ^d

*As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra em cada coluna, não diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5% de significância, pelo teste de Tukey.

O Quadro 5 mostra os Rendimentos em Carbono Fixo (RCF-%) apresentados pelo carvão vegetal das espécies florestais estudadas.

CONCLUSÃO

Dentre as espécies estudadas, se considerarmos apenas o rendimento em carvão vegetal, a que mais se destacou foi a Amoreira (*Chlorophora tinctoria*). Porém, deve-se atentar para o fato de que essa superioridade decorreu, em parte, do elevado teor de cinza presente na constituição do carvão da mesma. Desta forma, apesar do rendimento gravimétrico em carvão da Amoreira estar acima daqueles apresentados pelas demais espécies florestais estudadas, o teor de cinza no carvão da mesma pode contra-indicá-la para a produção desse insumo energético. Considerando-se que para a escolha da melhor espécie deve-se analisar, de forma simultânea, os aspectos qualitativos e

quantitativos do carvão vegetal, parece que das espécies nativas estudadas a melhor a Casca de Arroz (*Miconia cinamomifolia*), seguida de perto pelo Óleo de Copaíba (*Copaifera langsdorffii*).

Além das considerações anteriores, os resultados observados podem ser utilizados para expressar a superioridade da espécie adotada como testemunha (*Eucalyptus grandis*), em relação às principais essências florestais nativas da região enfocada. Como naquela área se produz carvão vegetal, principalmente, para fins siderúrgicos e para uso doméstico, foi recomendado aos produtores autônomos que implantassem pequenos e médios povoamentos energéticos artificiais com eucalipto, mantendo no local as espécies nativas, fornecendo abrigo e alimentos fauna local, bem como evitando o assoreamento do grande lago artificial de Furnas.

QUADRO 4 - Teores de Matérias Voláteis (TMV), de Cinza (TCZ) e de Carbono Fixo, no Carvão Vegetal das Espécies Estudadas*

Espécies	RENDIMENTOS (%)					
	TMV-%	Média	TCZ-%	Média	TCF-%	Média
Casca de Arroz	13,00	14,00 ^c	7,00	7,00 ^b	80,00	79,00 ^a
	15,00		7,00		78,00	
	19,00		4,00		77,00	
Vermelhão	18,00	18,50 ^b	7,00	5,50 ^b	75,00	76,00 ^b
	20,00		7,00		73,00	
Caneleira	22,00	21,00 ^a	7,00	7,00 ^b	71,00	72,00 ^b
	20,00		11,00		69,00	
Amoreira	19,00	19,50 ^{ab}	10,00	10,50 ^a	71,00	70,00 ^b
	21,00		3,00		76,00	
	23,00		5,00		72,00	
Óleo de Copaiba	22,00	22,00 ^a	1,00	4,00 ^{bc}	77,00	74,00 ^{ab}
	22,00		1,00		77,00	
Eucalipto	18,00	20,00 ^a	1,00	1,00 ^c	81,00	79,00 ^a
	18,00		1,00		81,00	

*As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra em cada coluna, não diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

QUADRO 5 - Rendimentos em Carbono Fixo (RCF) do Carvão Vegetal das Espécies Estudadas*

Nome Vulgar	Família	Nome Científico	RCF-%	Média
Casca de Arroz*	Melastomataceae	<i>Miconia cinamomifolia</i>	26,72	27,17 ^o
			27,62	
Vermelhão*	Vochysiaceae	<i>Qualea</i> sp	23,08	22,84 ⁿ
			22,61	
Caneleira*	Lauraceae	<i>Ocotea</i> sp	22,78	23,33 ^c
			23,88	
Amoreira*	Moraceae	<i>Chlorophora tinctoria</i>	32,02	31,79 ^a
			31,56	
Óleo de Copaiba*	Leguminosae	<i>Copaifera langsdorffii</i>	25,86	25,34 ^{bc}
			24,83	
Eucalipto	Myrtaceae	<i>Eucalyptus grandis</i>	26,96	27,82 ^{ab}
			28,68	

*As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra em cada coluna, não diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5% de significância, pelo teste de Tukey.

BIBLIOGRAFIA

- ABRACAVE-Associação Brasileira de Carvão Vegetal. *Anuário Estatístico/90*. Belo Horizonte-MG, 1990. 12p.
- ADLER, E. Lignin chemistry - past, present and future. *Wood Science and Technology*, 11: 169-218, 1977.
- ANDRADE, A.M.de. Influência da casca de *Eucalyptus grandis* W.Hill ex Maiden no rendimento e qualidade de carvão vegetal. Viçosa-MG, Universidade Federal de Viçosa, 1989. 86p. (Tese M.S.)
- ASSIS, P.S.; MARINHO, L.Z.A. & PORTO, F.M. Utilização do carvão vegetal na siderurgia. In: PENEDO, W.R. *Produção e utilização de carvão vegetal*. Belo Horizonte-MG, CETEC-Centro Tecnológico de Minas Gerais, p.279-318, 1982.
- ASTM-American Society for Testing and Materials. *Standard method for chemical analyses of wood charcol*. Phyladelphia, 1977. 1042p.
- BEALL, F.C. Introduction to thermal analysis in the combustion of wood. *Wood Science*, 5 (2):102-108, 1972.
- BRITO, J.O. & BARRICHELO, L.E.G. Características do eucalipto como combustível: análise química imediata da madeira e da casca. Piracicaba-SP, IPEF (16):63-70, Jun./1978.
- BRITO, J.O. & BARRICHELO, L.E.G. Comportamento de madeiras naturais do Maranhão, frente ao processo de destilação seca. *BRASIL FLORESTAL*, 11 (45) 47-56, Mar./1981.
- BRITO, J.O. & BARRICHELO, L.E.G. Correlações entre características físicas e químicas da madeira e a produção de carvão vegetal: I- Densidade e teor de lignina da madeira de eucalipto. Piracicaba-SP, IPEF, (14): 9-20, Jul./1977.
- BRITO, J.O. & BARRICHELO, L.E.G. Correlações entre características físicas e químicas da madeira e a produção de carvão vegetal: II- Densidade da madeira X densidade do carvão. Piracicaba-SP, IPEF, (20): 121-6, Jun./1980.
- BRITO, J.O.; BARRICHELO, L.E.G.; MIGLIORINI, A.J.; SEIXAS, F. & MURAMOTO, M.C. Análise da produção energética e de carvão vegetal de nove espécies de eucalipto. In: Congresso Florestal Brasileiro, 4, Belo Horizonte-MG, 1982. *Silvicultura, Anais*, São Paulo-SP, SBS, p.742-, 1983.
- BRITO, J.O. & NUCCI, O. Estudo tecnológico da madeira de *Pinus* spp para a produção de carvão vegetal e briquetagem. Piracicaba-SP, IPEF (26):25-30, 1984.
- BROWN, H.P.; PANSHIN, A.J. & FORSAITH, C.C. *Textbook of Wood Technology*. New York, McGraw-Hill Book Company, 1949. 652p.
- BROWNING, B.L. *The chemistry of wood*. Huntington, New York, 1975. 689p.
- CAMPOS, J.C.de & LANDGRAF, P.R.C. *Informação Prestada*. Alfenas - MG, Universidade de Alfenas-UNIFENAS, 1990. (Pesquisa/CNPq)
- COLLET, F. Estudo comparativo, em escala de laboratório, de diversas madeiras utilizadas na fabricação de carvão vegetal. *Boletim da Associação Brasileira de Metais*, 42 (12): 5-14, 1955.
- COUTINHO, A.R. & FERRAZ, E.S.B. Determinação da friabilidade do carvão vegetal em função do diâmetro das árvores e temperatura de carbonização. Piracicaba-SP, IPEF (38) 33-37, abril/1988.
- GOMES, P.A. & OLIVEIRA, J.B.de. Teoria da carbonização da madeira. In: PENEDO, W.R. *Uso da madeira para fins energéticos*. Belo Horizonte-MG, CETEC - Centro Tecnológico de Minas Gerais, p.27-41, 1980.
- JUVILLAR, J.B. Tecnologias de transformação da madeira em carvão. In: PENEDO, W.R. *Uso da madeira para fins energéticos*. Belo Horizonte-MG, CETEC-Centro Tecnológico de Minas Gerais, p.67-82, 1980.
- KANURY, A.M. & BLACKSHEAR, P.L. Some considerations pertaining to the problem of wood burning. In: *Combustion Science and Technology*, 1, 1970.

- MARTINS, H. Madeira como fonte de energia. In: PENEDO, W.R. **Uso da madeira para fins energéticos**. Belo Horizonte-MG, CETEC- Centro Tecnológico de Minas Gerais, p.09-26, 1980.
- MATOS, M.de; ALMEIDA, M.R.de & OLIVEIRA, L.T.de. Características dos produtos da carbonização da madeira. In: PENEDO, W. R. **Gaseificação de madeira e carvão vegetal**. Belo Horizonte-MG, CETEC - Centro Tecnológico de Minas Gerais, p.111-131, 1981.
- MENDES, A.P.C.S. Fisiologia da síntese dos constituintes da madeira. In: PENEDO, W.R. **Uso da madeira para fins energéticos**. Belo Horizonte-MG, CETEC - Centro Tecnológico de Minas Gerais, p.143-158, 1980.
- OLIVEIRA, E.de. **Correlações entre parâmetros de qualidade da madeira e do carvão de *Eucalyptus grandis* (W. Hill ex Maiden)**. Viçosa-MG, Universidade Federal de Viçosa-UFV, 1988, 47p. (Tese M.S.).
- OLIVEIRA, J.B.de; VIVACQUA FILHO, A.; MENDES, M.G. & GOMES, P. A. Caracterização e otimização do processo de fabricação de carvão vegetal em fornos de alvenaria. In: PENEDO, W.R. **Carvão Vegetal**. Belo Horizonte-MG, CETEC-Centro Tecnológico de Minas Gerais, p.63-102, 1982.
- OLIVEIRA, J.B.de; GOMES, P.A. & ALMEIDA, M.R.de. Propriedades do carvão vegetal. In: **Carvão Vegetal**. Belo Horizonte-MG, CETEC-Centro Tecnológico de Minas Gerais, p.39-61, 1982.
- OLIVEIRA, J.B.de; VIVACQUA FILHO, A.; MENDES, M.G. & GOMES, P. A. Produção de carvão vegetal - aspectos técnicos. In: PENEDO, W.R. **Produção e utilização de carvão vegetal**. Belo Horizonte-MG, CETEC- Centro Tecnológico de Minas Gerais, p.59-73, 1982.
- PANSHIN, A.J. & ZEEUW, C.de. **Textbook of wood technology**. 4.ed., New York, McGraw-Hill Book Company, 1980. 722p.
- RAGOZZINI, P.E.A. **Aproveitamento dos subprodutos da carbonização da madeira em escala laboratorial**. Alfenas-MG, Universidade de Alfenas-UNIFENAS, 1990. 26p. (Pesquisa Monográfica)
- SHAFIZADEH, F. The chemistry of pyrolysis and combustion. In: ROWELL, R. **The chemistry of solid wood**. Washington D.C., American Chemical Society, p.489-529, 1984.
- SILVA, J.C.; BARRICHELO, L.E.G. & BRITO, J.O. Endocarpos de babaçu e de macaúba comparados à madeira de *Eucalyptus grandis* para a produção de carvão vegetal. Piracicaba-SP, IPEF, (34):31-34, dezembro/1986.
- SJOSTROM, E. **Wood chemistry - fundamentals and applications**. New York, Academic Press, 1981. 223p.
- SLOCUM, D.H. Charcoal yield shrinkage and density changes during carbonization of oak and hickory woods. In: **Wood Science**, 1:42-7, Jul./1978.
- VITAL, B.R.; JESUS, R.M.de & VALENTE, O.F. Efeito da constituição química e da densidade da madeira de clones de *Eucalyptus grandis* na produção de carvão vegetal. **Revista Árvore**, 10 (2):151-60, 1986.
- VITAL, B.R. Métodos de determinação da densidade da madeira. Viçosa-MG, SIF-Sociedade de Investigações Florestais, **Boletim Técnico**, 01, 1984. 21p.
- WENZL, H.F.S. **The chemical technology of wood**. New York, Ac.Press, 1970. 692p.
- WHITE, R.H. Effect of lignin content and extratives on the higher heating value of wood. In: **Wood and fiber science**. 19(4): 446-452, october/1987.
- YANTORNO, J.A. **La industria de la destilación de leña y sus derivados**. Buenos Aires, Imp. Isely & Cia., 1933. 661p.