

**CARBONIZAÇÃO DE RESÍDUOS DO PROCESSAMENTO MECÂNICO DA MADEIRA DE EUCALIPTO**

## CARBONIZATION OF MECHANICAL PROCESSING RESIDUES OF EUCALYPT WOOD

Anderson Ribeiro Santiago<sup>1</sup> Azarias Machado de Andrade<sup>2</sup>**RESUMO**

Madeira de *Eucalyptus urophylla* e três resíduos do processamento mecânico da madeira de *Eucalyptus* spp (lascas, cascas e maravalhas) foram carbonizados às temperaturas máximas de 400 °C e de 600 °C visando à determinação dos rendimentos gravimétricos em carvão e em carbono, além dos teores de gases condensáveis, gases não-condensáveis, materiais voláteis, cinza e carbono fixo. As lascas, quando submetidas à pirólise à temperatura máxima de 600°C, resultaram nas melhores propriedades energéticas, em comparação aos outros resíduos do processamento mecânico da madeira de *Eucalyptus* spp e lenho de *Eucalyptus urophylla*.

**Palavras-chave:** resíduos de madeira; carbonização; carvão vegetal.

**ABSTRACT**

*Eucalyptus urophylla* wood and three residues of the mechanical processing of *Eucalyptus* spp wood (chips, peels and shaving wood) were carbonized under maximum temperatures of 400 °C and 600 °C. The yield in charcoal and carbon, besides the content of condensed gases, non-condensed gases, volatile materials, ash and fixed carbon were estimated. The chips, when submitted to the pyrolysis in the maximum temperature of 600 °C, resulted in the best energetic properties, in comparison to the other residues of the mechanical processing of the eucalypt wood (*Eucalyptus* spp) and *Eucalyptus urophylla* log.

**Key-words:** wood residues; carbonization; charcoal.

**INTRODUÇÃO**

A madeira é um insumo importante que se vem valorizando ao longo das últimas décadas, em função da ampliação dos seus usos e escassez nas regiões tradicionalmente consumidoras. A despeito desses fatores, a utilização integral da madeira ainda não é uma realidade. Em alguns setores, o desperdício da madeira pode chegar a 70% da massa original disponível, como é o caso da sua utilização para fins energéticos por causa da utilização de equipamentos de queima maldimensionados (fornalhas, fogões, fornos, dentre outros), ao despreparo dos operadores ou, ainda, à inexistência de meios eficazes que possibilitem o aproveitamento integral do material lenhoso.

De acordo com Nogueira *et al.* (2000) e INFOTEC/PRÓ-CARVÃO (2001), a utilização da energia da biomassa representa a “fotossíntese inversa”, pois se busca resgatar a energia solar armazenada no vegetal, consumindo o oxigênio atmosférico e restituindo ao ar o dióxido de carbono. Na produção de carvão vegetal, Thibau (2000) afirma que o processo consiste na concentração do elemento carbono existente na madeira que libera os seus demais elementos químicos pela ação da energia térmica. Brito (1990); Andrade (1993) e Andrade e Carvalho (1998) salientam que, durante a conversão da madeira a carvão vegetal, ocorre, além da concentração de carbono, uma série de fenômenos físicos e químicos, que resultam num resíduo sólido carbonoso (carvão) e numa fração gasosa. Uma parte dessa fração gasosa pode ser condensada, permitindo a obtenção do chamado líquido pirolenhoso, e a outra parte resulta em gases não-condensáveis em parte inflamáveis, a exemplo do CO, H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, dentre outros. O líquido pirolenhoso é constituído por água e por compostos químicos como os ácidos acético e fórmico, o éter, os alcóois metílico e etílico, a acetona, o alcatrão, dentre outros. De acordo com pesquisas desenvolvidas pelo projeto INFOTEC/PRÓ-CARVÃO (2000), quando diluído em água e/ou urina bovina, o líquido pirolenhoso encontra uma vasta aplicação no

1. Engenheiro Florestal, MSc., Doutorando em Produção Vegetal pela Universidade Estadual do Norte Fluminense, Rua Albino Gomes, 4, 2º andar, Bairro Fazenda Caxias, CEP 23835-302, Seropédica (RJ). andersantiago@ibest.com.br

2. Engenheiro Florestal, PhD., Professor Adjunto do Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rodovia BR 465, km 7, CEP 23890-000, Seropédica (RJ). azarias@ufrj.br

campo das culturas orgânica e convencional. O alcatrão, em virtude da sua composição, constituída basicamente por compostos fenólicos, creosoto e piche, pode ser utilizado como combustível, preservativo de madeira ou, ainda, como uma importante matéria-prima nas indústrias química e farmacêutica.

Em 1999, o Brasil consumiu cerca de 32 milhões de metros cúbicos de carvão vegetal, confirmando a posição de maior produtor mundial desse insumo energético. Mais de dois terços dessa produção se destinou às indústrias siderúrgica e metalúrgica, sobretudo no estado de Minas Gerais. Nos demais estados, o carvão vegetal é utilizado para inúmeros fins, destacando-se o seu uso na cocção de alimentos, em churrasqueiras, dentre outros (ABRACAVE, 2000; INFOTEC/PRÓ-CARVÃO, 2000).

Nas serrarias e nas marcenarias, após o processamento mecânico da madeira, é comum o descarte de grandes volumes de materiais como a serragem, o pó-de-serra, as maravalhas, as cascas, os pequenos fragmentos, as costaneiras, as lascas e os topos. Andrade (1989) verificou que a inclusão da casca no material a ser carbonizado, proporciona aumentos significativos nos rendimentos gravimétricos em carvão e em carbono fixo, apesar da substancial elevação do teor de cinza no carvão vegetal.

O aproveitamento integral da madeira, nativa ou oriunda de plantios comerciais, é plenamente possível, desde que os pesquisadores das áreas silvicultural e tecnológica se unam, num esforço comum para, seqüencialmente, produzirem madeira de boa qualidade destinada à geração de um ou de vários produtos. Para a produção de carvão vegetal e de subprodutos da destilação da lenha, parece interessante a utilização dos resíduos gerados no desdobro de madeiras de *Eucalyptus* spp.

O objetivo deste trabalho foi a avaliação do potencial energético de três resíduos gerados no decorrer do processamento mecânico da madeira de eucalipto (lascas, cascas e maravalhas) e a caracterização físico-química, do carvão vegetal, dos condensados pirolenhosos e dos gases não-condensáveis, gerados na pirólise dos resíduos.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Matéria-prima vegetal**

Os resíduos do processamento mecânico da madeira de eucalipto (*Eucalyptus* spp) proveniente de povoamento florestal com 45 anos de idade foram obtidos em serraria do Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, vinculada ao Departamento de Produtos Florestais. Como parâmetro de referência, foram considerados os valores médios da carbonização do lenho de fustes de eucalipto (*Eucalyptus urophylla*) de árvores obtidas em povoamento plantado, para fins energéticos, com 7 anos de idade. Ambos os povoamentos florestais estão localizados no município de Seropédica, no estado do Rio de Janeiro.

Os materiais lenhosos analisados no processo de pirólise lenta eram porções representativas de lascas, cascas e maravalhas, resíduos do processamento mecânico da madeira de eucalipto (*Eucalyptus* spp). As matérias-primas analisadas estão relacionadas na Tabela 1.

TABELA 1: Lenho de *Eucalyptus urophylla*, lascas, cascas e maravalhas de *Eucalyptus* spp analisadas no decorrer da pesquisa.

TABLE 1: *Eucalyptus urophylla* log, chips, peels and shaving wood of the *Eucalyptus* spp analyzed materials during the research.

Tratamento	Especificação	Granulometria Média Largura/Comprimento/Espessura
1	Lenho de <i>Eucalyptus urophylla</i> , carbonizado até 400 °C	2,5 cm X 3,5 cm X 2 a 5 mm
2	Lenho de <i>Eucalyptus urophylla</i> , carbonizado até 600 °C	
3	Lascas de <i>Eucalyptus</i> spp, carbonizadas até 400 °C	1,0 cm X 10,0 cm X 2 a 5 mm
4	Lascas de <i>Eucalyptus</i> spp, carbonizadas até 600 °C	
5	Cascas de <i>Eucalyptus</i> spp, carbonizadas até 400 °C	2,0 cm X 9,0 cm X 2 a 5 mm
6	Cascas de <i>Eucalyptus</i> spp, carbonizadas até 600 °C	
7	Maravalhas de <i>Eucalyptus</i> spp, carbonizadas até 400 °C	Material que atravessou uma peneira com malha de 20,0 mm e retido numa peneira com malha de 5,0 mm
8	Maravalhas de <i>Eucalyptus</i> spp, carbonizadas até 600 °C	

### Carbonização das matérias-primas

As carbonizações foram conduzidas até as temperaturas máximas de 400 °C e de 600 °C, utilizando-se amostras de, aproximadamente, 200 g de resíduos de serraria ou de cavacos de *Eucalyptus urophylla*, secos em estufa à temperatura de  $105 \pm 3$  °C, durante 48 horas. As amostras foram acondicionadas num cadinho metálico (Figura 1), adaptado para liberar os gases e os vapores gerados durante o processo de pirólise. O cadinho metálico foi colocado no interior de uma mufla elétrica, para a efetivação da carbonização (Figura 1).



FIGURA 1: Cadinho metálico, usado para a carbonização do material vegetal.

FIGURE 1: Metallic recipient used during the carbonization of all materials.

Foram determinados os rendimentos gravimétricos em carvão e em carbono, e os rendimentos em gases condensáveis e incondensáveis, relacionando-se a massa do respectivo produto com a massa de resíduo absolutamente seco (a.s.). O rendimento em gases não-condensáveis foi obtido subtraindo-se de 100% o somatório dos rendimentos gravimétricos em carvão e em gases condensáveis.

As massas específicas aparentes (a granel) dos materiais vegetais, em  $\text{g cm}^{-3}$ , foram estimadas, antes da carbonização, relacionando-se a massa a.s. do material efetivamente carbonizado com o volume útil do cadinho metálico utilizado (Vital, 1984).

A análise química imediata do carvão foi efetuada com base na norma ASTM D-1762-64, adaptada para carvão vegetal por Oliveira *et al.* (1982), determinando-se os teores de cinza, de matérias voláteis e, por diferença, os respectivos teores de carbono fixo no carvão.

Para a análise dos dados, foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado, com 8 tratamentos e 5 repetições, disposto em esquema fatorial 4 x 2, sendo quatro matérias-primas vegetais e duas temperaturas máximas de pirólise. Adotaram-se 5% como limite de significação estatística.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios dos rendimentos gravimétricos em carvão, em gases condensáveis e em gases não condensáveis, com base nas massas dos respectivos materiais vegetais a.s., carbonizados às temperaturas máximas de 400 °C e de 600 °C, estão apresentados na Tabela 2.

TABELA 2: Valores médios dos rendimentos gravimétricos em carvão (RGR), em gases condensáveis (RGC) e em gases não-condensáveis (GNC), obtidos da carbonização do lenho de *Eucalyptus urophylla* e dos resíduos de serraria, às temperaturas máximas de 400 °C e de 600 °C.

TABLE 2: Average yield of charcoal (RGR), condensed gases (RGC) and non-condensed gases (GNC), obtained from carbonization of *Eucalyptus urophylla* log and sawmill residues, at maximum temperatures of 400 °C and 600 °C.

Material Carbonizado	Rendimento (%) 400 °C			Rendimento (%) 600 °C		
	RGR	RGC	GNC	RGR	RGC	GNC
Lenho de <i>Eucalyptus urophylla</i>	26,91 c	47,37 a	25,72 a	24,30 c	46,41 a	28,29 b
Lascas de <i>Eucalyptus</i> spp	33,85 a	41,11 c	25,05 a	30,32 a	40,76 c	28,92 b
Cascas de <i>Eucalyptus</i> spp	29,89 b	43,53 b	26,58 a	26,58 b	43,62 b	29,80 b
Maravalhas de <i>Eucalyptus</i> spp	30,06 b	43,09 bc	26,85 a	26,03 b	41,55 bc	32,42 a

Em que: Médias seguidas por letras iguais, em cada coluna, na mesma temperatura, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (5 %).

Para as duas temperaturas máximas de carbonização (Tabela 2), o rendimento gravimétrico médio em carvão do lenho de *Eucalyptus urophylla* diferiu estatisticamente e foi inferior àqueles apresentados pelos resíduos do processamento mecânico da madeira de *Eucalyptus* spp. Houve, para todos os materiais, decréscimo dos respectivos rendimentos gravimétricos em carvão com aumento da temperatura de carbonização apesar dessa análise não ter sido realizada. Diversos autores relataram haver uma relação negativa significativa entre o rendimento gravimétrico em carvão e a temperatura máxima de carbonização (Brito, 1990; Andrade, 1993; Nogueira *et al.*, 2000). Dentro de certos limites técnicos e para uma mesma espécie vegetal, quanto maior a temperatura máxima de carbonização menor o rendimento gravimétrico em carvão, resultado da maior emissão de gases nas maiores temperaturas de pirólise, em razão do maior tempo de exposição aos efeitos degradantes da energia térmica. Andrade e Carvalho (1998) ressaltaram que, com o aumento da temperatura máxima de carbonização, se intensifica o processo de extração dos compostos volatilizáveis presentes na madeira quando esta é submetida à ação da energia térmica.

Em cada uma das temperaturas máximas de carbonização, os menores rendimentos em carvão corresponderam aos maiores rendimentos em gases condensáveis. Podendo-se inferir, dentro de certos limites que, para uma mesma matéria-prima, aos maiores teores de voláteis correspondem os menores rendimentos gravimétricos em carvão. Isso pode ter ocorrido em consequência da permanência, na constituição do carvão vegetal, de certos componentes químicos que resultariam em voláteis que estariam presentes na fumaça. Segundo Andrade (1989), considerando-se que esses constituintes ainda permaneceram na composição do carvão, ocasionando a elevação da sua massa, o rendimento gravimétrico em carvão apresenta, em contrapartida, um correspondente acréscimo.

Não foi possível relacionar os rendimentos em gases não-condensáveis e as demais variáveis, dentro de uma mesma temperatura máxima de carbonização. Mas, quando os valores absolutos das duas temperaturas máximas foram comparados, os maiores teores de gases não-condensáveis foram detectados a 600 °C, caracterizando a existência de relação positiva entre a temperatura máxima de destilação e o rendimento em gases incondensáveis. No intervalo de 400 °C a 600 °C, significativas massas de materiais, que ainda se encontravam no interior do carvão, foram forçadas a sair pela ação da energia térmica, elevando o rendimento em gases, o que confirma a afirmação de Andrade e Carvalho (1998), de que, dentro de certos

limites e para uma mesma espécie vegetal, quanto maior a temperatura máxima de destilação maior o rendimento em gases não-condensáveis.

Na Tabela 3, estão os valores médios das massas específicas aparentes do lenho de *Eucalyptus urophylla* e dos resíduos do processamento da madeira em serraria, em  $\text{g cm}^{-3}$ .

TABELA 3: Valores médios das massas específicas aparentes do lenho de *Eucalyptus urophylla* e dos resíduos de *Eucalyptus* spp.

TABLE 3: Average values of specific gravity of *Eucalyptus urophylla* log and residues of *Eucalyptus* spp.

Matérias-primas	Massa específica aparente a granel ( $\text{g cm}^{-3}$ )
Lenho de <i>Eucalyptus urophylla</i>	0,28 a
Lascas de <i>Eucalyptus</i> spp	0,19 b
Cascas de <i>Eucalyptus</i> spp	0,19 b
Maravalhas de <i>Eucalyptus</i> spp	0,13 b

Em que: Médias seguidas por letras iguais, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (5 %).

Pode-se inferir, pelos valores da Tabela 3, que as variações nos rendimentos gravimétricos em carvão são oriundos da significativa diferença entre as massas específicas aparentes dos materiais carbonizados. O lenho do *Eucalyptus urophylla* apresentou massa específica aparente a granel significativamente superior às registradas em lasca, casca e maravalha, o que pode ter alterado o comportamento das respectivas matérias-primas lenhosas frente à carbonização, sobretudo, em relação ao tempo necessário para a entrada na fase exotérmica do processo. No caso do lenho de *Eucalyptus urophylla*, esta fase pode ter ocorrido antes, em função das características granulométricas e das condições de compactação do material no cadinho de carbonização que proporcionou maior facilidade para a difusão da energia calorífica no interior do mesmo, em conformidade com o encontrado por Andrade e Carvalho (1998), na pirólise, de oito espécies florestais do Estado do Rio de Janeiro.

Na Tabela 4 estão os valores médios das taxas de aquecimento ( $^{\circ}\text{C min}^{-1}$ ) durante a carbonização do lenho de *Eucalyptus urophylla* e dos resíduos de serraria, às temperaturas máximas de 400  $^{\circ}\text{C}$  e de 600  $^{\circ}\text{C}$ .

TABELA 4: Valores médios das taxas de aquecimento, durante a carbonização do lenho de *Eucalyptus urophylla* e dos resíduos de serraria, às temperaturas máximas de 400  $^{\circ}\text{C}$  e de 600  $^{\circ}\text{C}$ .

TABLE 4: Average values of heating rates, during the carbonization of *Eucalyptus urophylla* log and sawmill residues, at maximum temperatures of 400  $^{\circ}\text{C}$  and 600  $^{\circ}\text{C}$ .

Material carbonizado	Taxas de aquecimento ( $^{\circ}\text{C min}^{-1}$ )	
	400 $^{\circ}\text{C}$	600 $^{\circ}\text{C}$
Lenho de <i>Eucalyptus urophylla</i>	11,98 a	11,87 a
Lascas de <i>Eucalyptus</i> spp	9,59 b	9,39 b
Cascas de <i>Eucalyptus</i> spp	10,14 ab	9,11 b
Maravalhas de <i>Eucalyptus</i> spp	8,93 b	7,92 b

Em que: Médias seguidas por letras iguais, na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (5 %).

Para o lenho de *Eucalyptus urophylla* a carbonização processou-se mais rapidamente, formando a camada de carvão num menor espaço de tempo, quando comparada com a carbonização dos resíduos. No caso dos resíduos de serraria, as menores taxas de aquecimento, observadas durante a carbonização (Tabela 4), podem ter contribuído para o aumento dos respectivos rendimentos gravimétricos em carvão (Tabela 3).

Os valores médios dos teores de materiais voláteis, de cinza, de carbono fixo e dos rendimentos em carbono fixo, para o carvão do lenho de *Eucalyptus urophylla* e dos resíduos do processamento da madeira de eucalipto em serraria estão na Tabela 5.

Constata-se na Tabela 5 que, para todos os materiais vegetais, os maiores teores de materiais voláteis no carvão foram apresentados pela temperatura de 400  $^{\circ}\text{C}$ , provavelmente, pelo menor tempo de exposição dos respectivos materiais vegetais aos efeitos da energia térmica durante o processo de destilação, o que favoreceu a manutenção de maiores teores de voláteis na constituição dos carvões.

Entre as matérias-primas, houve um certo equilíbrio no comportamento dos teores de matérias voláteis no carvão, à exceção do carvão do lenho de *Eucalyptus urophylla* que, à temperatura máxima de 400 °C, apresentou teor de voláteis estatisticamente inferior aos demais tratamentos na mesma temperatura de destilação. A maior taxa de aquecimento verificada neste tratamento (Tabela 4), facilitou a liberação de maiores quantidades de materiais voláteis pelo carvão, conforme discutido anteriormente e verificado por Andrade e Carvalho (1998).

TABELA 5: Valores médios dos teores de matérias voláteis, de cinza, de carbono fixo e do rendimento em carbono fixo, para os carvões do lenho de *Eucalyptus urophylla* e dos resíduos do processamento da madeira de eucalipto (*Eucalyptus* spp) em serraria.

TABLE 5: Average values of volatiles, ash, fixed carbon content and fixed carbon yield, for charcoals of *Eucalyptus urophylla* log and sawmill residues of eucalypt wood (*Eucalyptus* spp).

Material carbonizado	Materiais voláteis (%)		Cinza (%)		Carbono fixo (%)		Rendimento em carbono fixo (%)	
	400 °C	600 °C	400 °C	600 °C	400 °C	600 °C	400 °C	600 °C
Lenho	19,0 A b	8,6 B a	1,7 A a	1,9 A a	79,4 B a	89,5 A a	21,4 A b	21,8 A b
Lascas	28,3 A a	10,5 B a	1,2 A a	1,6 A a	70,5 B b	87,4 A a	23,9 B a	26,7 A a
Cascas	27,4 A a	10,4 B a	2,0 A a	2,1 A a	70,6 B b	88,0 A a	21,1 B b	23,2 A b
Maravalhas	27,4 A a	9,2 B a	1,6 A a	1,9 A a	71,0 B b	88,9 A a	21,3 B b	23,1 A b

Em que: Para a mesma característica, médias seguidas por letras iguais maiúsculas, na linha, e minúsculas, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey (5%).

O teor de cinza não apresentou grandes oscilações dentro do mesmo gênero (Andrade, 1989) o que levou a não-obtenção de diferenças significativas entre os tratamentos. Nota-se, entretanto, uma tendência de aumento com a elevação da temperatura de carbonização para todas as matérias-primas (Tabela 5).

Os maiores teores de carbono fixo ocorreram nos carvões obtidos a 600 °C justamente nos tratamentos com menores teores de matérias voláteis. Estes, provavelmente, liberaram, no processo de carbonização propriamente dito, maiores quantidades de componentes volatilizáveis.

O maior rendimento em carbono fixo foi o do carvão de lascas de eucalipto, carbonizadas até a temperatura máxima de carbonização de 600 °C. Esse comportamento foi ocasionado pelos maiores valores obtidos, simultaneamente para o rendimento gravimétrico em carvão e para o teor de carbono fixo.

## CONCLUSÕES

Com base nos resultados observados, pode-se concluir que:

Os resíduos do processamento mecânico da madeira de eucalipto (*Eucalyptus* spp) podem ser utilizados para a produção de carvão vegetal e de subprodutos da destilação seca;

As lascas carbonizadas à temperatura máxima de 600 °C foram o resíduo com maior rendimento em carbono fixo.

## AGRADECIMENTOS

Ao CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pela concessão da bolsa de iniciação científica ao discente do Curso de Engenharia Florestal por meio do PIBIC - CNPq / UFRRJ, durante o desenvolvimento da pesquisa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRACAVE – Associação Brasileira de Carvão Vegetal. **Anuário Estatístico/1999**. Belo Horizonte, MG, 2000. 12 p.
- ANDRADE, A.M.de. **Efeitos da fertilização mineral e da calagem na produção e na qualidade da madeira e do carvão de eucalipto**. 1993. 105 p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1993.
- ANDRADE, A.M.de. **Influência da casca de *Eucalyptus grandis* W.Hill ex Maiden no rendimento e qualidade de**

**carvão vegetal.** 1989. 86 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1989.

ANDRADE, A.M. de; CARVALHO, L.M. de. Potencialidades energéticas de oito espécies florestais do estado do Rio de Janeiro. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 5, n. 1, p. 24-42, 1998.

BRITO, J.O. Princípios de produção e utilização de carvão vegetal de madeira. Piracicaba, SP, **Documentos Florestais**, v. 9, p. 1-19, maio 1990.

INFOTEC/PRÓ-CARVÃO. Carbonização da madeira e produtos obtidos. **Informativo Técnico do Programa de Qualificação da Cadeia Produtiva do Carvão Vegetal do Estado de São Paulo**, Piracicaba, SP, ano 1, n. 1, 2000. Não paginado.

INFOTEC/PRÓ-CARVÃO – Carvão vegetal de eucalipto. **Informativo Técnico do Programa de Qualificação da Cadeia Produtiva do Carvão Vegetal do Estado de São Paulo**, Piracicaba, SP, ano 2, n. 4, 2001. Não paginado

NOGUEIRA, L.A.H.; LORA, E.E.S.; TROSSERO, M.A.; FRISK, T. **Dendroenergia: fundamentos e aplicações**. Brasília, DF, 2000. 144 p.

OLIVEIRA, J.B.de; GOMES, P.A.; ALMEIDA, M.R.de. **Carvão vegetal - destilação, carvoejamento, propriedades e controle de qualidade**. Belo Horizonte, MG, CETEC : Centro Tecnológico de Minas Gerais, 1982. 173 p. (SPT 6)

THIBAU, C.E. **Produção sustentada em florestas**. Belo Horizonte, MG, 2000. 511 p.

VITAL, B.R. **Métodos de determinação da densidade da madeira**. Viçosa: Sociedade de Investigações Florestais, 1984. 21 p. (Boletim técnico 1).