

EFEITO DE SÍTIO E DE DIFERENTES CLONES DE EUCALIPTO NO RENDIMENTO E QUALIDADE DO CARVÃO VEGETAL

Lucas F. FIALHO¹; Clarissa G. FIGUEIRÓ¹; Wagner D. CANAL¹; Danilo B. DONATO¹; Laura V. L. LIMA¹; Angelica de Cassia O. CARNEIRO; Benedito R. VITAL¹; Ana Márcia L. CARVALHO¹

1 - Laboratório de Paineis e Energia da Madeira, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, Brasil

Resumo: O carvão vegetal é um dos redutores energéticos mais importantes da indústria siderúrgica brasileira. Em 2014, o consumo de carvão vegetal no Brasil alcançou 5,30 milhões de toneladas, com 81% de participação de madeira oriunda de árvores plantadas. No Brasil, existem cerca de 125 indústrias que utilizam carvão vegetal no processo de produção de ferro-gusa, ferro-ligas e aço, considerando-se que alguns dos produtores de ferro-gusa e ferro-liga à base de carvão vegetal não estão operando no momento, mas podem voltar a operar. O Estado de Minas Gerais concentra 80% dessas indústrias. O presente estudo teve como objetivo principal avaliar o efeito do sítio e de diferentes clones de eucalipto no rendimento e qualidade do carvão vegetal. Foram avaliados clones de *Eucalyptus grandis* e de híbridos de *Eucalyptus grandis* com *Eucalyptus urophylla*, que correspondem aos materiais genéticos mais plantados no Brasil para diferentes usos. Avaliou-se a superioridade do material genético para a produção de carvão vegetal em três regiões com condições edafoclimáticas distintas, buscando reduzir os efeitos da interação com o ambiente na expressão das características de cada material genético. De modo geral, os clones D e E, híbridos de *Eucalyptus grandis* com *Eucalyptus urophylla* apresentaram o melhor potencial para a produção de carvão, com propriedades adequadas para uso siderúrgico e a menor influência do ambiente na expressão de suas características.

Palavras-chave: qualidade da madeira, fertilidade, qualidade do carvão.

Abstract: Charcoal is one of the most important energy reducing the Brazilian steel industry. In 2014, the charcoal consumption in Brazil reached 5.30 million tons, with 81% wood participation from planted trees. In Brazil there are about 125 industries that use charcoal in the pig iron production process, ferroalloys and steel, considering that some of pig iron and ferroalloy producers to charcoal base are not operating at the time, but may again operate. The State of Minas Gerais concentrates 80% of these industries. This study aimed to evaluate the effect of the site and of different eucalyptus clones in yield and quality of charcoal. Were evaluated *Eucalyptus grandis* clones and hybrids of *Eucalyptus grandis* *Eucalyptus urophylla*, which correspond to genetic materials most planted in Brazil for different uses. He evaluated the superiority of genetic material for charcoal production in three regions with different soil and climatic conditions, seeking to reduce the effects of interaction with the environment in the expression of the characteristics of each genetic material. Overall, the D and E clones, *Eucalyptus grandis* hybrids with *Eucalyptus urophylla* showed the best potential for coal production, with properties suitable for steelmaking application and the least influence of the environment on the expression of its features.

Keywords: wood quality, fertility, wood charcoal quality

1. INTRODUÇÃO

O carvão vegetal é um dos redutores energéticos mais importantes da indústria siderúrgica brasileira. Em 2014, o consumo de carvão vegetal no Brasil alcançou 5,30 milhões de toneladas, com 81% de participação de madeira oriunda de árvores plantadas. (IBÁ, 2015)

No Brasil, existem cerca de 125 indústrias que utilizam carvão vegetal no processo de produção de ferro-gusa, ferro-ligas e aço, considerando-se que alguns dos produtores de ferro-gusa e ferro-liga à base de carvão vegetal não estão operando no momento, mas podem voltar a operar. O Estado de Minas Gerais concentra 80% dessas indústrias. (IBÁ, 2015)

Atualmente, devido à maior competitividade do mercado é importante que as empresas florestais realizem uma busca permanente por materiais genéticos que forneçam madeira com as propriedades adequadas para uma determinada finalidade, aliada a uma elevada produtividade, em um menor tempo possível. Existem, hoje, vários materiais genéticos que já foram melhorados buscando aprimorar as características da madeira que resultem na produção de carvão vegetal de melhor qualidade, mas ainda é preciso investir em novas pesquisas para obter clones cada vez mais adequados à produção de carvão. (CASTRO, 2011)

As propriedades da madeira são de extrema importância quando o objetivo é a produção de carvão vegetal com alto rendimento, baixo custo e elevada qualidade. A densidade básica e a constituição química estão entre os principais critérios de seleção da madeira para essa atividade.

Na indústria siderúrgica, os fatores mais importantes ligados às propriedades da madeira, que afetam a qualidade do carvão como termorreduzidor, são a densidade e o teor de lignina da madeira. A quantidade de carbono por metro cúbico é maior em madeiras de densidade mais alta. Esse fato tem reflexos importantes no processo de redução, visto que os altos-fornos terão maior produtividade com o uso de carvão vegetal de maior densidade.

De forma a contribuir com informações adicionais sobre espécies florestais usadas em reflorestamentos destinados à produção de carvão vegetal, o presente estudo tem como objetivo principal a avaliação do rendimento e das propriedades físicas e químicas do carvão vegetal.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foi utilizado, neste trabalho, a madeira de cinco clones de eucaliptos sendo um híbrido natural de *Eucalyptus grandis* (clone A) e quatro híbridos de *Eucalyptus grandis* com *Eucalyptus urophylla* (clones B, C, D e E) provenientes de plantios comerciais, localizados no Estado de Minas Gerais, nos municípios de Santa Bárbara, Guanhães e Ipaba. Os plantios tinham 3 anos de idade e foram implantados no espaçamento de 3,0 x 3,3 m. Foram colhidas cinco árvores-amostra, por clone e local, totalizando 75 amostras. As árvores-amostra foram selecionadas com o diâmetro médio (\pm desvio-padrão), em parcelas de cem árvores.

Foram retiradas das árvores toretes de 1 m na base, a 25, 50, 75 e 100% da altura comercial do tronco, considerada até um diâmetro mínimo de 7 cm. Os toretes foram transformados em cavacos num picador do tipo industrial, formando as amostras compostas de cada árvore.

2.1. Caracterização dos sítios

Tabela 1 - Características dos locais

Local	Clone	Pluviosidade (mm)	Déficit hídrico (mm)	Solos	Relevo
Guanhães	A	1100-1200	150-160	Baixa fertilidade	Ondulado
	B				
	C				
	D				
	E				
Rio Doce- Ipaba	A	1000-1200	200-250	Alta fertilidade	Ondulado
	B				
	C				
	D				
	E				
Santa Bárbara	A	1400-1600	50-100	Baixa fertilidade	Ondulado
	B				
	C				
	D				
	E				

Fonte : ROCHA & CAMPOS, 1994. Adaptado.

2.2. Preparo de Amostras

Foram retiradas das árvores coletadas, toretes de 1 m na base, a 25%, 50%, 75% e 100% da altura comercial do tronco, considerada até um diâmetro mínimo de 7 cm. Os toretes foram transformados em cavacos num picador do tipo industrial, formando as amostras compostas de cada árvore selecionada.

2.3. Carbonização da madeira e propriedades do carvão vegetal

As amostras de cavacos foram classificadas em peneiras, utilizando-se a fração retida na peneira de 25 mm. As amostras selecionadas foram então secas em estufa a $103 \pm 2^\circ\text{C}$, por 24 horas. As carbonizações foram conduzidas com os cavacos absolutamente secos.

As carbonizações foram realizadas utilizando-se cerca de 200 g de cavacos inseridos em um cadinho metálico com capacidade para cerca de 200 g de cavacos. Para a recuperação dos gases condensáveis, adaptou-se na saída dos gases um condensador tubular. A marcha empregada nas carbonizações está descrita no Quadro 1.

**Quadro 1** - Marcha da carbonização empregada.

Tempo	Temperatura
Meia hora	150°C
1 hora	200°C
1 hora	300°C
1 hora	350°C
Meia hora	400°C
Meia hora	450°C

Conforme descrito no Quadro 1, o tempo de carbonização foi de 4,5 horas com uma taxa de aquecimento de $1,67 \text{ }^\circ\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$. Após as carbonizações, determinaram-se os rendimentos gravimétricos em carvão.

A composição química imediata do carvão vegetal foi obtida de acordo com a norma ABNT NBR 8112 (1986), com determinação de materiais voláteis, teor de cinzas e teor de carbono fixo, em base seca.

A densidade aparente do carvão também foi determinada de acordo com o método proposto por Vital (1984) e pela ABNT NBR 11941 (2003).

O poder calorífico superior do carvão e da madeira foi determinado conforme metodologia descrita pela norma da ABNT NBR 8633 (1984), utilizando-se uma bomba calorimétrica adiabática.

2.4. Análise estatística dos dados

Para avaliar o efeito de diferentes regiões e dos clones nas propriedades físicas e químicas do carvão vegetal, foi instalado um experimento considerando um fatorial completo, com três regiões e cinco clones, em cinco repetições, totalizando 15 tratamentos, com 75 observações. Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e, quando estabelecidas diferenças significativas, os tratamentos foram comparados entre si por meio do teste de Tukey a 95% de probabilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios das propriedades do carvão e dos rendimentos gravimétricos das carbonizações em função dos clones e das regiões são apresentados nas Tabelas 2 e 3.



Tabela 2 – Valores médios do rendimento gravimétrico em carvão (RCV), materiais voláteis (MV), cinzas (CZ) e carbono fixo (CF) do carvão vegetal, da densidade aparente (DA) e do poder calorífico superior do carvão vegetal (PCCV), por clone e por região

Clone	Região	RCV (%)	MV (%)	CZ (%)	CF (%)	DA (g/cm ³)	PCCV (kcal.kg ⁻¹)
A	Santa Bárbara	29,78 a	18,65 ab	0,73 bc	80,62 c	0,28	8274 b
B		29,22 a	19,15 a	0,72 bc	80,13 c	0,28	8154 c
C		29,19 a	17,50 c	0,65 c	81,85 a	0,321	8335 a
D		29,65 a	17,44 c	1,05 a	81,51 ab	0,307	8149 c
E		29,67 a	18,22 bc	0,90 ab	80,88 bc	0,29	8175 c
Média		29,50	18,19	0,81	81,00	0,296	8217
A	Guanhães	28,36 c	16,29 b	0,99 b	82,72 a	0,309	8345 b
B		28,75 c	17,76 a	0,67 c	81,57 b	0,306	8325 b
C		28,88 c	17,18 a	0,61 c	82,21 ab	0,326	8346 b
D		31,60 a	16,99 ab	1,18 a	81,84 b	0,311	8129 c
E		30,02 b	16,39 b	0,78 bc	82,82 a	0,302	8389 a
Média		29,52	16,92	0,846	82,23	0,311	8307
A	Ipaba	29,61 ab	15,01 c	1,26 a	83,74 a	0,296	8326 a
B		29,62 a	16,42 b	0,59 c	82,99 ab	0,268	8284 b
C		28,68 b	16,90 b	0,78 b	82,32 b	0,322	8239 c
D		29,58 ab	18,60 a	0,62 bc	80,79 c	0,281	8139 d
E		29,49 ab	16,84 b	0,67 bc	82,48 b	0,305	8221 c
Média		29,40	16,75	0,784	82,46	0,294	8242

Médias seguidas de uma mesma letra ao longo das colunas dentro da mesma região não diferiram significativamente entre si pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade.

Tabela 3 – Valores médios do rendimento gravimétrico em carvão (RCV), materiais voláteis (MV), cinzas (CZ) e carbono fixo (CF) do carvão vegetal, da densidade aparente (DA) e do poder calorífico superior do carvão vegetal (PCCV), por região e por clone

Região	Clone	RCV (%)	MV (%)	CZ (%)	CF (%)	DA (%)	PCCV (kcal.kg ⁻¹)
Santa Bárbara	A	29,78 a	18,65 a	0,73 c	80,62 c	0,28	8274 b
Guanhães		28,36 b	16,29 b	0,99 b	82,72 b	0,309	8345 a
Ipaba		29,61 a	15,01 c	1,26 a	83,74 a	0,296	8326 a
Média		29,25	16,65	0,99	82,36	0,295	8315
Santa Bárbara	B	29,22 a	19,15 a	0,72 a	80,13 c	0,28	8154 b
Guanhães		28,75 a	17,76 b	0,67 a	81,57 b	0,306	8325 a
Ipaba		29,62 a	16,42 c	0,59 a	82,99 a	0,268	8284 a
Média		29,20	17,78	0,66	81,56	0,285	8254
Santa Bárbara	C	29,19 a	17,50 a	0,65 a	81,85 a	0,321	8335 a
Guanhães		28,88 a	17,18 a	0,61 a	82,21 a	0,326	8346 a
Ipaba		28,68 a	16,90 a	0,78 a	82,32 a	0,322	8239 b
Média		28,92	17,19	0,68	82,13	0,323	8307
Santa Bárbara	D	29,65 b	17,44 b	1,05 a	81,51 ab	0,307	8149 a
Guanhães		31,60 a	16,99 b	1,18 a	81,84 a	0,311	8129 a
Ipaba		29,58 b	18,60 a	0,62 b	80,79 b	0,281	8139 a
Média		30,28	17,68	0,95	81,38	0,300	8139



Região	Clone	RCV (%)	MV (%)	CZ (%)	CF (%)	DA (%)	PCCV (kcal.kg ⁻¹)
Santa Bárbara	E	29,67 a	18,22 a	0,90 a	80,88 b	0,29	8175 b
Guanhães		30,02 a	16,39 b	0,78 a	82,82 a	0,302	8389 a
Ipaba		29,49 a	16,84 b	0,67 b	82,48 a	0,305	8221 b
Média		29,73	17,15	0,78	82,06	0,299	8262

Médias seguidas de uma mesma letra ao longo das colunas e dentro do mesmo clone não diferiram significativamente entre si pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade.

O rendimento gravimétrico em carvão vegetal, na região de Santa Bárbara, não foi afetado significativamente pelos clones, enquanto na região de Guanhães os maiores rendimentos em carvão vegetal foram observados para a madeira dos clones D e E (31,60 e 30,02%); na região de Ipaba observou-se, de modo geral, que o rendimento em carvão não diferiu significativamente entre os clones, variando de 28,68 a 29,62%.

Na Tabela 3, observa-se que o rendimento em carvão vegetal da madeira dos clones B, C e E não apresentou diferenças significativas nas diferentes regiões analisadas, ao passo que para a madeira do clone D o maior rendimento em carvão foi obtido na região de Guanhães (31,60%), e o do clone A, nas regiões de Santa Bárbara e Ipaba (29,78 e 29,61%, respectivamente).

Trugilho et al. (2001), trabalhando com clones de *Eucalyptus grandis*, empregaram uma rotina de carbonização próxima à utilizada neste estudo, com a mesma taxa de aquecimento e temperatura final de carbonização, encontrando rendimentos gravimétricos em carvão de 33,3 a 39,0%, sendo valores superiores aos encontrados neste trabalho, que variaram entre 28,36 e 31,10%. Modificações na constituição química e nas propriedades da madeira, como os maiores teores de lignina e extrativos e a maior densidade, podem explicar as diferenças observadas, assim como diferenças no preparo das amostras, na marcha empregada e no aparato usado na carbonização.

Analisando o teor de materiais voláteis em função do clone e da região, foram observados na região de Santa Bárbara os maiores teores de materiais voláteis para os clones A e B (18,65 e 19,15%, respectivamente). Na região de Guanhães, os maiores teores de materiais voláteis foram observados para o carvão dos clones B, C e D (17,76, 17,18 e 16,99%, respectivamente); na região de Ipaba, o maior valor foi observado para o carvão do clone D (18,60%).

Observa-se de modo geral, para os clones A e B, que o teor de materiais voláteis foi significativamente menor na região de Ipaba (15,01 e 16,42%, respectivamente). O carvão do clone D mostrou o menor teor de materiais voláteis nas regiões de Santa Bárbara e Guanhães (17,44 e 16,99%, respectivamente) e o do clone E, nas regiões de Guanhães e Ipaba (16,39 e 16,84%, respectivamente). O carvão do clone C não apresentou diferenças significativas entre os teores de materiais voláteis nas diferentes regiões analisadas.

O teor de materiais voláteis do carvão se situa entre 20 e 25%. Para uso siderúrgico, valores menores do que 25% de materiais voláteis no carvão seriam desejados (SANTOS, 2009). Uma fração de voláteis é necessária no carvão devido ao aumento da permeabilidade da carga no alto-forno e à diminuição da reatividade do carvão vegetal. Para uso doméstico, um alto teor de voláteis ocasiona o desconforto da fumaça, além de menor eficiência energética, acarretando maior consumo de carvão vegetal.

A presença de inorgânicos no carvão vegetal reduz o poder calorífico, ocasiona desgaste no refratário do alto-forno e pode, também, comprometer a qualidade do ferro-gusa. Na região de Santa Bárbara observaram-se os maiores teores de cinzas para os carvões dos



clones D e E (1,05 e 0,90%, respectivamente). Nas regiões de Guanhões e Ipaba foi observado o maior teor de cinzas para os carvões do clone D (1,18 e 0,62%) e A (0,99 e 1,26%), respectivamente. Na região de Ipaba, os teores de cinzas dos carvões dos clones D e E (0,62 e 0,67%, respectivamente) não diferiram entre si. O carvão do clone A obteve significativamente o menor teor de cinzas na região de Santa Bárbara (0,73%). Para os carvões dos clones D e E os menores teores de cinzas foram obtidos na região de Ipaba (0,62 e 0,67%, respectivamente). O carvão dos clones B e C não apresentou diferenças significativas no teor de cinzas nas diferentes regiões analisadas.

Trugilho et al. (2001) encontraram teores de cinzas para o carvão de clones de *Eucalyptus grandis* de 0,10 a 0,25%. Esses teores foram inferiores aos dos clones analisados neste trabalho, que variaram de 0,59 a 1,26%.

O carvão do clone A (*Eucalyptus grandis*), na região de Ipaba, e o carvão do clone D (*Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*), nas regiões de Santa Bárbara e Guanhões, apresentaram teores de cinzas elevados, não se encontrando dentro do ideal para uso siderúrgico. O teor de cinzas no carvão pode ser um reflexo da fertilização mineral, da contaminação da madeira com resíduos de solo e da presença da casca, que é a principal fonte de inorgânicos na madeira. A partir da implementação de cuidados na fertilização mineral e na colheita da madeira podem-se reduzir os teores de cinzas do carvão, deixando-os dentro do nível ideal para o emprego siderúrgico.

Analisando o teor de carbono fixo dos carvões em função dos clones e das regiões, verificou-se na região de Santa Bárbara maior teor de carbono fixo para carvão dos clones C e D (81,85 e 81,51%, respectivamente), enquanto em Guanhões foi observado, para o carvão dos clones A, C e E (82,72; 82,21 e 82,82%, respectivamente). Na região de Ipaba, observou-se o maior teor de carbono fixo para o carvão dos clones A e B (83,74 e 82,99%, respectivamente).

Os carvões dos clones A, B e E continuam os menores teores de carbono fixo na região de Santa Barbara (80,62; 80,13 e 80,88%, respectivamente). O carvão do clone S apresentou o maior teor de carbono fixo nas regiões de Guanhões e Santa Bárbara (81,84 e 81,51%, respectivamente). Os carvões do clone 1213 não mostraram diferenças significativas no teor de carbono fixo nas regiões analisadas.

Trugilho et al. (2001) encontraram teores de carbono fixo para o carvão de clones de *Eucalyptus grandis* de 78,2 a 81,5%. De modo geral, o carvão dos clones analisados neste trabalho apresentou maiores teores de carbono fixo do que o encontrado no estudo desses autores, o que pode ter sido ocasionado pelas diferenças na constituição química da madeira e pode também ter ocasionado as diferenças entre os rendimentos gravimétricos em carvão.

A densidade aparente dos carvões não teve efeito significativo da interação entre os clones e as regiões. A maior densidade aparente foi obtida nos carvões do clone C (0,323 g.cm⁻³); nos demais clones, os valores de densidade aparente não diferiram significativamente entre si.

Trugilho et al. (2001) encontraram densidades aparentes de 0,399 a 0,486 g.cm⁻³ no carvão dos clones de *Eucalyptus grandis*. Essa densidade foi superior à dos clones analisados neste estudo, que variou entre 0,285 e 0,323 g.cm⁻³. As diferenças na densidade aparente dos carvões podem ser explicadas pela maior densidade básica da madeira dos clones estudados por esses autores.

Na região de Santa Bárbara, os carvões do clone C, apresentaram os maiores poderes caloríficos superiores (8.335 kcal.kg⁻¹), enquanto na região de Guanhões os maiores valores foram obtidos para os carvões do clone E. Na região de Ipaba, o carvão do clone A apresentou

o maior poder calorífico (8.326 kcal.kg-1), e o menor foi obtido para o carvão do clone D (8.139 kcal.kg-1).

Os carvões do clone A e B apresentaram o maior poder calorífico nas regiões de Guanhões (8.345 kcal.kg-1 e 8.325 kcal.kg-1), e Ipaba (8.326 e 8.284 kcal.kg-1), enquanto o carvão do clone C apresentou o maior poder calorífico nas regiões de Santa Bárbara (8.335 kcal.kg-1) e Guanhões (8.346 kcal.kg-1). O carvão do clone E apresentou o maior poder calorífico na região de Guanhões (8.389 kcal.kg-1). O carvão do clone D não apresentou diferenças significativas no poder calorífico superior nas regiões analisadas.

Para o emprego siderúrgico, maiores poderes caloríficos refletem em menor consumo do redutor para uma mesma produtividade. Os carvões produzidos com os clones nas regiões analisadas apresentaram alto poder calorífico, atendendo às especificações tanto para uso doméstico quanto siderúrgico. O poder calorífico encontrado está associado com o alto teor de carbono fixo observado para nos carvões dos clones.

4. CONCLUSÕES

- Analisando as propriedades do carvão e os rendimentos gravimétricos com o objetivo de selecionar os clones com o melhor desempenho na produção de carvão nas três regiões analisadas, verifica-se que na região de Santa Bárbara a madeira dos clones C, D e E apresentaram a maior aptidão para a produção de carvão vegetal, possuindo os maiores rendimentos em carvão e as melhores propriedades para o emprego siderúrgico, ao passo que na região de Guanhões a madeira dos clones A, C e E mostraram a maior aptidão para a produção de carvão vegetal e, na região de Ipaba, a produção de carvão pôde ser observada na madeira dos clones B, D e E.

5. AGRADECIMENTOS

FAPEMIG; CNPQ; Embrapa Florestas; SIF

6. REFERENCIAS

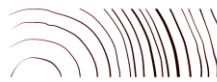
- a) Normas Técnicas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 8112. Normas técnicas**, Brasília, 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 8633. Normas técnicas**, Brasília, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11941. Normas técnicas**, Brasília, 2003.

- b) Dissertação e Tese



CASTRO, A. F. N. M. Efeito da região e da madeira de eucalipto nas propriedades do carvão vegetal. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, 2011.

c) Eventos

SANTOS, M. A. S. Parâmetros da qualidade do carvão vegetal para uso em alto-forno. In: Fórum nacional de carvão vegetal, 2008, Belo Horizonte. Disponível em: <painelflorestal.com.br/exibeNews.php?id=1784>. Acesso em: 31 Maio 2009.

d) Anuários e Relatórios

SINDIFER. **Anuário estatístico 2007**. Disponível em: <www.sindifer.com.br/Anuario_2007.html> Acesso em: 7 Jun. 2015.

INDUSTRIA BRASILEIRA DE ARVORES – IBÁ. Relatório 2015. Disponível em : <http://www.iba.org/images/shared/iba_2015.pdf> Acesso em 13 Jul, 2015

e) Artigos de Periódicos

ROCHA, M.G.B.; Campos, W.O. Clonagem intensiva em *Eucalyptus grandis* na Cenibra. **IPEF**, p. 48-43, junh. 1994.

TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; MORI, F. A.; LINO, A. L. Avaliação de clones de Eucalyptus para a produção de carvão vegetal. *Revista Cerne*, v. 7, n. 2, p. 114-201, 2001.

f) Boletim Técnico

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