



INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA FINAL DE CARBONIZAÇÃO E DA TAXA DE AQUECIMENTO NO RENDIMENTO GRAVIMÉTRICO E TEOR DE CINZAS DO CARVÃO DE *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*

Carlos Henrique Souto Azevedo¹, Fernando Gomes dos Santos², Livia Vasconcelos de Oliveira Andrade², Aderlan Gomes da Silva³, Fernando Elair Vieira Santos⁴

1. Mestrando em Ciências Florestais, Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre - Brasil (carlosh_sa@hotmail.com)

2. Tecnólogos em Silvicultura pelo Instituto Federal de Minas Gerais

3. Professor Doutor no Instituto Federal de Minas Gerais, São João Evangelista –

4 Mestrando em Ciências Florestais na Universidade Federal do Espírito Santo. Brasil.

Recebido em: 06/05/2013 – Aprovado em: 17/06/2013 – Publicado em: 01/07/2013

RESUMO

Este trabalho objetivou avaliar a influência da taxa de aquecimento e da temperatura final no rendimento gravimétrico e o teor de cinzas do carvão vegetal de híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* (urograndis). Foram utilizadas três temperaturas finais para carbonização, temperatura baixa (450°C), média (700°C) e alta (950°C). Para cada temperatura foram realizadas carbonizações com três diferentes taxas de aquecimento, sendo estas: 12,7°C/min, 12,3°C/min e 13,1°C/min. Determinaram-se nove tratamentos com três repetições cada, totalizando em 27 carbonizações. Dentre as temperaturas finais utilizadas no experimento, a melhor temperatura para carbonização da madeira de “urograndis” foi à de 450°C, adquirida em laboratório, no qual obteve o maior rendimento gravimétrico encontrado. Os teores de cinzas correlacionaram com as temperaturas finais de carbonização e com as taxas de aquecimento utilizadas, entretanto, não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos avaliados. As taxas de aquecimento utilizadas não exerceram influência no carvão vegetal produzido.

PALAVRAS-CHAVE: Carbonização, madeira, *Eucalyptus urograndis*.

INFLUENCE OF FINAL TEMPERATURE CARBONIZATION AND OF THE RATE OF HEATING ON INCOME GRAVIMETRIC AND ASH CONTENT OF COAL *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*

ABSTRACT

This work aimed to evaluate the influence of heating rate and final temperature on yield gravity and ash content of charcoal of hybrid *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* (urograndis) We used three final temperatures for carbonization, low temperature (450 °C), medium (700 °C) and high (9 50 °C). For each temperature

carbonization were performed with three different heating rates, these being: 12.7 °C / min, 12.3 °C / min and 13.1 °C / min. It determined the nine treatments with three repetitions each, totaling 27 carbonizations. Among the final temperatures used in the experiment, the best temperature for carbonization of “urograndis” went to 450 °C, acquired in the laboratory, which had the highest yield gravimetric found. The ash contents correlated with the final carbonization temperature and the heating rates used, however, significant differences in between treatments. The heating rates used not influence of the charcoal.

KEYWORDS: Carbonization, wood, urograndis.

INTRODUÇÃO

As jazidas naturais de petróleo e demais combustíveis fósseis tornam-se cada vez mais escassas, com isso, a cada dia são impostas novas medidas para limitar o extrativismo e o consumo deliberado de energia. Os incentivos ao uso de biomassa para produzir energia é perfeitamente compreensível, levando-se em consideração que a energia de biomassa provém de fonte renovável e menos poluente quando comparada a fontes não renováveis. E nesse caso, as florestas plantadas ganham destaque, principalmente espécies exóticas como o eucalipto.

A introdução comercial do eucalipto no Brasil ocorreu em 1904, com a finalidade de atender a demanda de lenha e postes, além de servir como matéria-prima na construção das estradas de ferro na Região Sudeste (FREITAS et al., 2009). Quando se refere à siderurgia nacional, a empresa fundadora da primeira usina integrada da América do Sul em 1925, foi pioneira também ao iniciar na década de 1940 um programa de reflorestamento baseado no gênero *Eucalyptus*, visando produzir madeira para suprir a demanda de carvão vegetal da usina. O Brasil é o único a possuir siderurgia a carvão vegetal no mundo, aliada à sua dependência de cadeia produtiva ser originalmente de base florestal, representa importante fator de inclusão social, gerando empregos e renda que abrangem diversas classes sociais (CALAIS, 2009).

Na atualidade, em relação ao *Eucalyptus* spp., o setor de siderurgia a carvão vegetal consome 18,4% da área plantada, ficando atrás apenas do segmento de papel e celulose que concentra 71,2% (Anuário Estatístico da ABRAF 2012 - Ano Base 2011).

O eucalipto. “urograndis” é um híbrido, obtido através do cruzamento do *Eucalyptus. grandis* W.Hill ex Maiden x *Eucalyptus. urophylla* S. T. Blake, foi desenvolvido para reunir as qualidades e amenizar as fragilidades do *E. grandis* e do *E. urophylla* em uma só planta. Dessa maneira originou-se um híbrido de rápido crescimento e um ligeiro aumento na densidade característico do *E. grandis* e resistente a déficit hídrico e ao cancro do eucalipto características provenientes do *E. urophylla*.

Ao observar marchas de carbonização distintas permite-se analisar as reações da madeira perante temperatura e velocidade com que esta é carbonizada e como estes parâmetros influenciam no rendimento gravimétrico e nas propriedades do carvão vegetal. O aumento de temperatura em dado intervalo de tempo é expressa pela taxa de aquecimento ($^{\circ}\text{C min}^{-1}$), à medida que esta taxa aumenta, ocorre redução de rendimento em carvão, teores de materiais voláteis e valores de densidade aparente. Por outro lado, maiores taxas de aquecimento, acarretam no aumento dos valores de carbono fixo e cinzas (OLIVEIRA et al., 2010).

Para PEREIRA et al., (2010), a temperatura final de carbonização atua na decomposição térmica dos diferentes componentes da madeira. Sendo juntamente com a taxa de aquecimento dois parâmetros que devem ser monitorados atentamente durante o processo de pirólise da madeira.

Rendimento gravimétrico é um parâmetro quantitativo que possui a finalidade de representar quanto carvão por unidade de massa é gerado a partir de certa quantidade de madeira seca, seus teores estão diretamente associados à matéria-prima, temperatura final e taxa de aquecimento utilizada na produção (ANDRADE, 2010).

Este trabalho tem como objetivo avaliar a influência de diferentes temperaturas finais de carbonização e diferentes taxas de aquecimento na qualidade de carvão vegetal de “urograndis”.

MATERIAL E METODOS

Para realização desse estudo utilizou-se madeira de “urograndis” com idade de sete anos oriundos de espaçamento 3 x 2 m, de plantio pertencente ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais (IFMG), situado no município de São João Evangelista, MG, cuja latitude é de 18°32'15”S, longitude: 42°46' 00”W e altitude de 680 m.

A madeira foi transformada em cavacos, homogeneizados e secos em estufa a $105 \pm 2^\circ\text{C}$ para a produção de carvão vegetal no Laboratório de Energia IFMG – SJE.

Carbonização da madeira em forno mufla

Para se proceder a carbonização dos tratamentos, os cavacos após secos em estufa foram acondicionados em retorta cilíndrica de metal com capacidade de aproximadamente 280 g, até que estes preenchessem por completo o interior da mesma, submetidos à carbonização em forno elétrico (mufla) com temperatura controlada. Ao atingir-se a temperatura final desejada a mufla era imediatamente desligada, considerando o fim da carbonização.

Foram utilizadas três temperaturas finais para carbonização, temperatura baixa (450°C), média (700°C) e alta (950°C). Para cada temperatura foram realizadas carbonizações com três diferentes taxas de aquecimento, ($12,7^\circ\text{C min}^{-1}$, $12,3^\circ\text{C min}^{-1}$ e $13,1^\circ\text{C min}^{-1}$) perfazendo nove tratamentos com três repetições conforme a Tabela 1.

TABELA 1: Diferentes temperaturas e taxas de aquecimento avaliadas no experimento.

Tratamento	Temperatura ($^\circ\text{C}$)	Taxa de aquecimento ($^\circ\text{C}/\text{min}$)
1	450	13,1
2	450	12,3
3	450	12,7
4	700	13,1
5	700	12,3
6	700	12,7
7	950	13,1
8	950	12,3
9	950	12,7

Propriedades do carvão vegetal

Determinou-se o rendimento gravimétrico em carvão, através da fórmula:

$$RGC = Pf/Pi * 100$$

Onde:

RGC = rendimento gravimétrico em carvão (%);

Pf = peso final do carvão (g);

Pi = peso inicial seco cavacos de madeira(g).

O carvão foi moído em graal, com pistilo de porcelana para obtenção de amostras classificadas em peneiras de 20, 48 e 60 mesh a serem utilizadas nos procedimentos de análise química imediata do carvão para obtenção do teor de cinzas, conforme a norma ABNT NBR 8112 (ABNT, 1983).

Foi determinado o teor de cinzas, a partir das amostras moídas utilizaram-se amostras de aproximadamente 1,0 g de carvão vegetal seco que passou pela peneira de 48 e ficou retido na de 60 mesh, colocaram-se as amostras em cadinhos de porcelana sem tampa. As amostras foram aquecidas na mufla a $600 \pm 10^\circ\text{C}$ durante seis horas com a porta fechada até completa calcinação. Em seguida retiradas e colocadas em dessecador por uma hora para esfriar, por fim obteve-se o peso final das amostras (peso do resíduo).

Após os procedimentos calculou-se o teor de cinzas pela seguinte fórmula:

$$CZ = Pr/P * 100$$

Onde:

CZ = teor de cinzas no carvão (%);

Pr = massa do resíduo (g);

P = massa da amostra seca (g).

Análise estatística dos dados

Na avaliação do experimento considerou-se o Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), em arranjo fatorial 3 X 3 (temperatura x taxa de aquecimento), conforme apresentado anteriormente na Tabela 1. Para verificar o efeito da taxa de aquecimento e da temperatura final de carbonização sobre o rendimento gravimétrico e no teor de cinzas, os resultados foram submetidos à análise de variância e quando identificadas diferenças significativas, aplicou-se o teste de Tukey, ao nível de 95% de probabilidade.

Os cálculos estatísticos foram realizados com o auxílio dos “softwares” Statistica 7.0 e Microsoft Office EXCEL (2007).

Avaliou-se a correlação entre taxa de aquecimento e rendimento gravimétrico e, entre temperatura final de carbonização e rendimento gravimétrico com uso de correlação de Pearson. Para verificar a homogeneidade de variâncias foi realizado o teste de Hartley e para normalidade o teste de Lilliefors.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 apresenta os valores obtidos de rendimento gravimétrico e teor de cinzas após as carbonizações sob diferentes taxas e temperaturas finais utilizadas:

A temperatura final de carbonização afetou de forma significativa ($p < 0,05$) o rendimento gravimétrico em carvão vegetal. A taxa de aquecimento e a interação entre temperatura final de carbonização e taxa de aquecimento não foram significativas na análise de variância.

SANTOS et al., (2011), estudando quatro clones de eucalipto aos sete anos de idade, encontraram valores médios para o rendimento gravimétrico em carvão

vegetal variando entre 28,27% e 30,21%. Os valores médios encontrados por estes autores foram superiores aos encontrados neste trabalho, apenas o tratamento nove encontra-se dentro desta faixa. Procura-se obter elevados de rendimento gravimétrico em carvão vegetal durante os processos de carbonização, pelo simples fato de que conseqüentemente ocorrerá maior aproveitamento da madeira nos fornos de carbonização e, a produção de energia será maior (NEVES et al., 2011; PROTÁSIO et al., 2011).

TABELA 2. Valores de rendimento gravimétrico (RG) e teor de cinzas (CZ) para cada temperatura final e taxa de aquecimento avaliadas.

Tratamento	Temperatura final (°C)	Taxa de aquecimento (°C/min)	RG (%)	CZ
1	450	13,1	24,42 abc	1,07 a
2	450	12,3	27,85 ab	1,37 bc
3	450	12,7	28,43 a	0,95 a
4	700	13,1	23,98 bc	1,08 a
5	700	12,3	23,12 c	1,25 b
6	700	12,7	23,55 bc	1,25 b
7	950	13,1	22,68 c	1,46 c
8	950	12,3	21,83 c	1,29 b
9	950	12,7	22,76 c	1,34 bc

Avaliando a qualidade do carvão de um clone de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake aos sete anos de idade, submetido à temperatura final de 450 °C REIS et al., (2012), obtiveram valores médios de teores de cinzas entre 0,51 e 0,81%, e rendimento gravimétrico em carvão vegetal de 35,45 a 38,17%.

Diversos experimentos apresentam resultados que demonstram teores de cinzas inferiores a 1% para o carvão vegetal de vários clones e espécies de *Eucalyptus* (TRUGILHO et al., 2001, 2005; BOTREL et al., 2007; OLIVEIRA et al., 2010; NEVES et al., 2011; SANTOS et al., 2011), sendo este valor o que deve ser considerado aceitável e ideal, contrariando os valores observados no presente trabalho.

O resultado do efeito da temperatura final sob o rendimento gravimétrico no carvão proveniente dos cavacos de madeira de “urograndis” pode ser visualizado na Tabela 3.

TABELA 3. Média do rendimento gravimétrico do carvão nas diferentes temperaturas estudadas.

Temperatura (°C)	Rendimento Gravimétrico em Carvão (%)
950	22,42 c*
700	23,55 b
450	28,19 a

*Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey a 95% de probabilidade.

De acordo com os resultados encontrados, o tratamento três foi superior aos demais, ou seja, na temperatura final de 450° C obteve-se maior rendimento gravimétrico. Corroborando com o presente trabalho, BOTREL et al., (2007)

encontraram para a mesma faixa de temperatura final de carbonização, valores médios de rendimento gravimétrico em carvão de clones de *Eucalyptus* aos 78 meses de idade iguais a 35,03%, assim como OLIVEIRA et al., (2010) obtiveram maior rendimento, 32,11% com temperatura final de 450 °C. Os trabalhos demonstram que a temperatura final de 450 °C é a que proporciona maiores ganhos em rendimento gravimétrico do carvão.

Trabalhando com *Himenea courbaril* (jatobá), utilizando temperaturas finais de carbonização variando de 300 a 900°C, TRUGILHO & SILVA (2001), observaram decréscimo significativo no rendimento em carvão ocasionado pelo aumento da temperatura final, e uma estabilização dos valores na medida em que as temperaturas finais eram muito elevadas (700, 800 e 900°C). Resultado semelhante foi observado neste trabalho, para as temperaturas finais de 750 e 950 °C o rendimento em carvão foi inferior ao observado para temperatura de °C e os mesmos mantiveram-se estabilizados entre ambas as temperaturas superiores estudadas.

Verificou-se que houve correlação negativa entre temperatura final e rendimento gravimétrico conforme a Tabela 3, dessa maneira, a elevação da temperatura final de carbonização acarretou na redução de rendimento gravimétrico em carvão vegetal. Comumente, são relatados na literatura resultados semelhantes para espécies de *Eucalyptus* ssp. (BRITO & BARRICHELO, 1977; OLIVEIRA et al., 2010).

De forma semelhante ao presente trabalho, BOAS et al., (2010), utilizando resíduos (caroço e endocarpo) da macaúba para produção de carvão vegetal e temperaturas finais de carbonização de 450, 550 e 650 °C, concluíram que houve diferença significativa do rendimento gravimétrico em carvão vegetal em função da temperatura final, no qual o rendimento foi reduzido com o aumento da temperatura de carbonização.

Avaliando rendimento gravimétrico em carvão de dois clones de *Eucalyptus* sp., submetidos às temperaturas finais de 350, 450, 550 e 900 °C ANDRADE et al., (2010), concluíram que a temperatura final de carbonização influenciou o rendimento gravimétrico em carvão vegetal, quanto maior a temperatura final de carbonização menor foi o rendimento em carvão vegetal. Os resultados encontrados por estes autores assemelham-se aos obtidos neste trabalho.

Em relação à influência da taxa de aquecimento sob o rendimento do carvão vegetal nota-se que não houve diferença significativa das análises, dessa maneira, pressupõe-se que existe uma pequena diferença entre as taxas de aquecimento adquiridas na mufla. Provavelmente isto pode ter ocorrido pelo simples fato de que às taxas de aquecimento utilizadas (12,3; 12,7 e 13,1°C/min) terem apresentado uma grande proximidade entre si (Tabela 2), variando apenas 0,4°C/min.

Apesar de ser o método de avaliação mais recomendável, utilizar apenas o parâmetro de rendimento gravimétrico para avaliação em uma carbonização não é o ideal, pois, o carvão vegetal não é um composto químico definido, além de não contemplar o grau de transformação de carbonização (PINHEIRO et al., 2005).

Analisando os teores de cinzas percebeu-se que a correlação teve efeito significativo no que se refere à taxa de aquecimento e a temperatura final de carbonização, ao contrário das análises de variâncias obtidas. A quantidade de nutrientes presentes na madeira influencia na quantidade final dos teores de cinzas.

Na análise de variância realizada para as relações entre a taxa de aquecimento e temperatura final de carbonização sob os teores de cinzas, não foi

observada diferença entre os tratamentos.

Na Tabela 2 observa-se que para os tratamentos submetidos à temperatura final de 950 °C houve relação inversamente proporcional entre taxa de aquecimento e teor de cinzas do carvão produzido, desse modo, à medida que a taxa de aquecimento é elevada, o teor de cinzas do carvão sofre redução. Este resultado contraria resultados obtidos por OLIVEIRA et al., (2010) e BOAS et al., (2010). Estes resultados foram obtidos provavelmente devido à elevada temperatura final de carbonização, uma vez que conforme a Tabela 2 observa-se que a temperatura final de carbonização exerce influência sobre o teor de cinzas, ou seja, à medida em que eleva-se a temperatura final de carbonização o teor de cinzas também é aumentado.

Para ASSIS et al., (2012), aspectos relacionados à fertilidade do solo e à nutrição do plantio podem influenciar no teor de minerais presentes na madeira e, conseqüentemente, nas propriedades do carvão vegetal, como o rendimento gravimétrico em carvão e o teor de cinzas.

CONCLUSÃO

Dentre as temperaturas finais utilizadas no experimento, a melhor temperatura para carbonização da madeira de “urograndis” foi à de 450°C, obtida em laboratório, no qual obteve o maior rendimento gravimétrico e menores teores de cinzas encontrados;

Os teores de cinzas possuem correlação positiva com os parâmetros de avaliação utilizados, entretanto, não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos avaliados;

As taxas de aquecimento utilizadas não exerceram influência no rendimento gravimétrico do carvão vegetal produzido;

O carvão apresentou baixo rendimento gravimétrico e altos teores de cinzas para todos os tratamentos avaliados, não sendo recomendado para utilização na siderurgia.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8112**: carvão vegetal: análise imediata. Rio de Janeiro, 1983. 5p.

ASSIS, M. R. de; PROTÁSIO, T. de. P.; ASSIS, C. O. de; TRUGILHO, P. F.; SANTANA, W. M. S. Qualidade e rendimento do carvão vegetal de um clone híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 32, n.71, p. 291-302, 2012.

ANDRADE, C. A. Influência da temperatura de carbonização no rendimento gravimétrico em carvão vegetal de dois clones de *Eucalyptus* sp. In: Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira, 12., 2010, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2010. 2 p. Disponível em: <<http://www.remade.com.br/br/artigos>>. Acesso em: 20 abr. 2010.

Anuário estatístico da ABRAF 2012: ano base 2011. Brasília: ABRAF, 2012. 149 p.

Disponível em: <<http://www.abraflor.org.br/estatisticas/ABRAF12/ABRAF12-BR.pdf>>. Acesso em: 11 abr. 2013.

BOAS, M. A. V.; CARNEIRO, A. de C. O.; VITAL, B. R.; CARVALHO, A. M. M. L.; MARTINS A. M. Efeito da temperatura de carbonização e dos resíduos de macaúba na produção de carvão vegetal. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 38, n. 87, p. 481-490, 2010.

BOTREL, M. C. G.; TRUGILHO, P. F.; ROSADO, S. C. da S.; SILVA, J. R. M. da. Melhoramento genético das propriedades do carvão vegetal de *Eucalyptus*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 3, p. 391-398, 2007.

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. **Boletim Informativo IPEF**, Piracicaba, n. 14, p. 09-20, 1977.

CALAIS, D. **Florestas energéticas no Brasil: Demanda e disponibilidade**. Associação Mineira de Silvicultura – MAS, 23 p., 2009. Disponível em: <<http://silvimi.nas.com.br/wp-content/uploads/2012/12/publicacao585.pdf>>. Acesso em: 16 abr. 2013.

FREITAS, R. G. de; VASCONCELOS, E. S. de; CRUZ, C. D.; ROSADO, A. M.; ROCHA, R. B.; TAKAMI, L. K. Predição de ganhos genéticos em progênies de polinização aberta de *Eucalyptus urograndis* cultivadas em diferentes ambientes e submetidas a diferentes procedimentos de seleção. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 33, n. 2, p. 255-263, 2009.

NEVES, T. A.; PROTÁSIO T. de P.; COUTO, A. M.; TRUGILHO, P. F.; SILVA, V. O.; VIEIRA, C. M. M. Avaliação de clones de *Eucalyptus* em diferentes locais visando à produção de carvão vegetal. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 31, n. 68, p. 319-330, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4336/2011.pfb.31.68.319>>. Acesso em: 15 jan. 2013.

OLIVEIRA, A. C.; CARNEIRO, A. de C. O.; VITAL, B. R.; ALMEIDA, W.; PEREIRA, B. L. C.; CARDOSO, M. T. Parâmetros de qualidade da madeira e do carvão vegetal de *Eucalyptus pellita* F. Muell. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 38, n. 87, p. 431-439, 2010.

PEREIRA, B. C. S.; LASMAR, C. P.; FERREIRA, L. P.; CARNEIRO, A. C. O.; VITAL, B. R. Parâmetros energéticos da madeira e do carvão vegetal de duas espécies de *Eucalyptus*. In: Encontro brasileiro em madeiras e em estruturas de madeira, 12., 2010, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2010. 2 p. Disponível em: <<http://www.remade.com.br/br/artigos>>. Acesso em: 20 fev. 2013.

PINHEIRO P. C. C.; FIGUEIREDO, F. J.; SÈYE, O. Influência da temperatura e da taxa de aquecimento da carbonização nas propriedades do carvão vegetal de *Eucalyptus*. **Biomassa & Energia**, v. 2, n. 2 p. 159-168, 2005. Disponível em: <<http://www.renabio.org.br/07-B&E-018-PinheiroPCC-2005-p159-168.pdf>>. Acesso em: 28 nov. 2012.

PROTÁSIO, T. de P.; SANTANA, J. de D. P. de; NETO, R. M. G.; JÚNIOR, J. B. J.; TRUGILHO, P. F.; RIBEIRO, I. B. Avaliação da qualidade do carvão vegetal de *Qualea parviflora*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 31, n. 68, p. 295-307, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4336/2011.pfb.31.68.295>>. Acesso em: 28 nov. 2012.

REIS, A. A. dos; MELO, I. C. N. A. de; PROTÁSIO T. de P.; TRUGILHO, P. F.; CARNEIRO, A. de C. O. Efeito de Local e Espaçamento na Qualidade do Carvão Vegetal de um Clone de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 19, n. 4, p. 497-505, 2012.

SANTOS, R. C. dos; CARNEIRO, A. de C. O.; CASTRO, A. F. M.; CASTRO, R. V. O., BIANCHE, J. J.; SOUZA, M. M. de; CARDOSO, M. T. Correlações entre os parâmetros de qualidade da madeira e do carvão vegetal de clones de eucalipto. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 39, n.90, p. 221-230, 2011.

TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; MORI, F. A.; LINO, A. L. Avaliação de clones de *Eucalyptus* para a produção de carvão vegetal. **CERNE**, Lavras, v. 7, n. 2, p. 104-114, 2001.

TRUGILHO, P.F.; SILVA, J. R. M.; MORI, F. A.; LIMA, J. T.; MENDES, L. M.; MENDES, L. F. B. Rendimentos e características do carvão vegetal em função da posição radial de amostragem em clones de *Eucalyptus*. **CERNE**, Lavras, v. 11, n.2, p. 178-186, 2005.

TRUGILHO, P.F; SILVA, D.A. Influência da temperatura final de carbonização nas características físicas e químicas do carvão vegetal de jatobá (*Himenea courbaril* l.). **Scientia Agrária**, Curitiba, v.2, n.1, p.45-53, 2001.