

**Variação radial e longitudinal do rendimento gravimétrico de carvão vegetal em clone de eucalipto****Radial and longitudinal variation of the gravimetric yield of charcoal in eucalyptus clone**

Recebimento dos originais: 15/01/2019

Aceitação para publicação: 18/02/2019

**Paulo Fernando Trugilho**

Doutor em Ciência Florestal pela Universidade Federal de Viçosa

Instituição: Universidade Federal de Lavras

Endereço: DCF/UFLA – Caixa Postal 3037 – 37200-000 – Lavras/MG

E-mail: Trugilho@dcf.ufla.br

**Rebeca Alves Barreto Lima**

Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira pela Universidade Federal de Lavras

Instituição: Universidade Federal de Lavras

Endereço: DCF/UFLA – Caixa Postal 3037 – 37200-000 – Lavras/MG

E-mail: rebecalima\_1993@hotmail.com

**Maíra Reis de Assis**

Doutora em Ciência e Tecnologia da Madeira pela Universidade Federal de Lavras

Instituição: Universidade Federal de Lavras

Endereço: DCF/UFLA – Caixa Postal 3037 – 37200-000 – Lavras/MG

E-mail: maira1403@yahoo.com.br

**Rodrigo Simetti**

Doutorando em Ciência e Tecnologia da Madeira pela Universidade Federal de Lavras

Instituição: Universidade Federal de Lavras

Endereço: DCF/UFLA – Caixa Postal 3037 – 37200-000 – Lavras/MG

E-mail: simetti@gmail.com

**Breno Assis Loureiro**

Doutorando em Ciência e Tecnologia da Madeira pela Universidade Federal de Lavras

Instituição: Universidade Federal de Lavras

Endereço: DCF/UFLA – Caixa Postal 3037 – 37200-000 – Lavras/MG

E-mail: loureiro\_breno@yahoo.com.br

**RESUMO**

O rendimento gravimétrico de carvão vegetal depende da madeira e do processo de carbonização. Fatores intrínsecos da madeira como, por exemplo, a composição química, são fundamentais na sua conversão em carvão. Dessa forma, espera-se que as variações tanto radiais como longitudinais nas características químicas da madeira afetem o rendimento gravimétrico em carvão vegetal. O objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito da variação radial e longitudinal da madeira no rendimento gravimétrico de carvão vegetal em clone de eucalipto, além do efeito da classe diamétrica. Um clone de eucalipto, proveniente de plantio comercial com espaçamento de 3 m x 2 m e aos seis anos de idade, foi utilizado na pesquisa. Trinta e quatro árvores foram selecionadas em três classes diamétricas. A amostragem longitudinal consistiu na retirada de discos de 3 cm de espessura a 2, 10, 30 e 70% da altura comercial do fuste considerado até o diâmetro mínimo de 5

cm com casca. A amostragem radial consistiu na retirada de amostras a 20, 50, 70, 80, e 90% do raio, considerando a direção da medula para a casca. As amostras foram carbonizadas em forno elétrico utilizando 100°C, 450°C e 100°C minuto<sup>-1</sup>, respectivamente, como temperatura inicial, final e taxa de aquecimento, tempo de residência de 30 minutos e tempo total de 4 horas. Os resultados mostram que o rendimento gravimétrico de carvão vegetal foi maior nas porções mais basais no fuste das árvores e nas posições mais próximas à medula em todas as classes diamétricas. A maior classe de diâmetro apresentou, no geral, os maiores rendimentos gravimétricos de carvão vegetal.

**Palavras-Chave:** carbonização, pirólise, decomposição térmica.

## ABSTRACT

The gravimetric yield of charcoal depends on the wood and the carbonization process. Intrinsic factors of wood, such as chemical composition, are fundamental in their conversion to coal. Thus, it is expected that both radial and longitudinal variations in the chemical characteristics of wood affect the gravimetric yield in charcoal. The objective of the present work was to evaluate the effect of the radial and longitudinal variation of the wood on the gravimetric yield of charcoal in eucalyptus clone, besides the effect of the diametric class. A clone of eucalyptus, from commercial planting with spacing of 3 m x 2 m and at six years of age, was used in the research. Thirty-four trees were selected in three diametric classes. The longitudinal sampling consisted of the removal of 3 cm thick discs at 2, 10, 30 and 70% of the commercial height of the stem considered until the minimum diameter of 5 cm with bark. The radial sampling consisted of samples being taken at 20, 50, 70, 80, and 90% of the radius, considering the direction of the marrow to the shell. The samples were carbonized in an electric oven using 100 ° C, 450 ° C and 100 ° C minute<sup>-1</sup>, respectively, as initial temperature, final temperature and heating rate, residence time of 30 minutes and total time of 4 hours. The results showed that the gravimetric charcoal yield was higher in the more basal portions in the shaft of the trees and in the positions closest to the marrow in all diametric grades. The largest diameter class presented, in general, the highest gravimetric yields of charcoal.

**Keywords:** carbonization, pyrolysis, thermal decomposition

## 1 INTRODUÇÃO

A madeira possui variabilidade em suas características tanto no sentido longitudinal como no radial. Segundo Malan (1995), a variação no sentido radial é de longe a mais importante fonte de variabilidade da madeira. Essa variação ocorre em decorrência do processo de crescimento primário e secundário da árvore. Dentro desse contexto, Pereira et al. (2004) informam que a madeira é um produto originado do metabolismo bioquímico complexo da árvore, que tem sido parcialmente descrito com base em estudos químicos, bioquímicos, enzimáticos e genômicos. Os autores consideram que a lignificação, por exemplo, é um processo final de uma via metabólica expressamente associada à formação do lenho, ativando os mecanismos do desenvolvimento geral e da diferenciação de determinados tecidos do vegetal. Essas mudanças que levam a formação do lenho estão associadas à atividade de diversos fitohormônios como, por exemplo, as auxinas. Nesse processo de formação as variações nos tecidos são decorrentes também de outros fatores tais como a idade, tratos silviculturais, além do processo de cernificação em árvores mais jovens.

Mudanças químicas, físicas e anatômicas são pronunciadas da medula em direção à casca. Essas alterações influem consideravelmente na qualidade dos produtos obtidos da madeira. Nesse sentido, a qualidade e a quantidade do carvão vegetal sofrerá significativa modificação em relação à madeira de origem, pois esse produto está intimamente relacionado às suas características químicas, anatômicas e físicas (Trugilho et al., 2005).

Outro aspecto a ser considerado é a influência de árvores de mesma idade, porém com menor diâmetro dentro dos plantios comerciais de eucaliptos. Uma questão a ser considerada é se estas árvores suprimidas terão o mesmo desempenho na produção do carvão vegetal que as árvores de maior diâmetro.

Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito da variação radial e longitudinal da madeira no rendimento gravimétrico de carvão vegetal em clone de eucalipto. Além disso, o efeito da classe diamétrica também foi avaliado.

## 2 METODOLOGIA

Trinta e quatro árvores de um clone de híbrido de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden x *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake foram amostradas, aos 6 anos de idade, plantados em espaçamento 3 m x 2 m, em área pertencente ao grupo ArcelorMittal Florestas, no município de Martinho Campos, estado de Minas Gerais. O talhão selecionado para o estudo ocupa área de 44 hectares e está localizado a 19°39'20" de latitude sul e 45°19'30" de longitude oeste, em Latossolo Vermelho Distrófico típico textura muito argilosa. Neste talhão foi lançada uma parcela de 10 linhas x 10 plantas em que foi mensurado o diâmetro a 1,30 m de altura do solo (DAP) de todas as árvores para a classificação diamétrica. Três classes diamétricas foram consideradas como sendo de 14,2 cm, com 22 árvores, 11,4 cm, com nove árvores, e 8,1 cm, com três árvores.

A amostragem no sentido longitudinal ao fuste da árvore consistiu na retirada de discos de três centímetros de espessura nas posições de 2, 10, 30 e 70% da altura comercial, considerada até o diâmetro mínimo de cinco centímetros com casca. Em cada disco, procurou-se retirar amostras de madeira de acordo com a amostragem radial a 20, 50, 70, 80, e 90% do raio, considerando a direção da medula para a casca. Estas amostras perpendiculares ao raio foram obtidas utilizando-se uma furadeira vertical com serra de copo de 10 mm de diâmetro (Figura 1).



Figura 1 – Esquema Da Retirada Das Amostras Da Amostragem Radial

As amostras foram carbonizadas em forno elétrico adaptado para esta atividade. Todas as amostras foram previamente secas em estufa calibrada a  $103 \pm 2$  °C por período de 48h ou até que se atingisse a massa constante. A temperatura inicial e final de carbonização e a taxa de aquecimento foram de 100°C, 450°C e 100°C minuto<sup>-1</sup>, respectivamente, tempo de residência de 30 minutos e tempo total de 4 horas. O rendimento gravimétrico de carvão vegetal foi calculado em relação à massa seca das amostras.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As Figuras 2, 3 e 4 mostram o comportamento o rendimento gravimétrico em carvão vegetal em função da posição radial de amostragem para as três classes diamétricas.

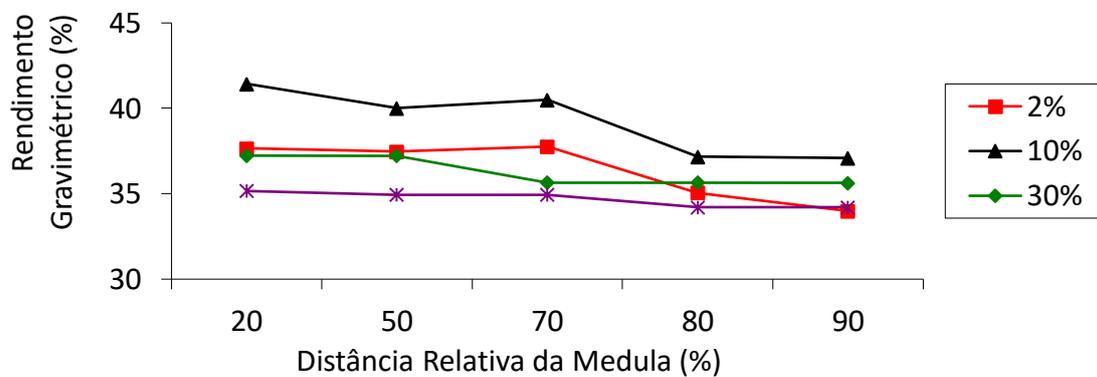


FIGURA 2 – Variação radial do rendimento gravimétrico de carvão da classe diamétrica de 14,1 cm

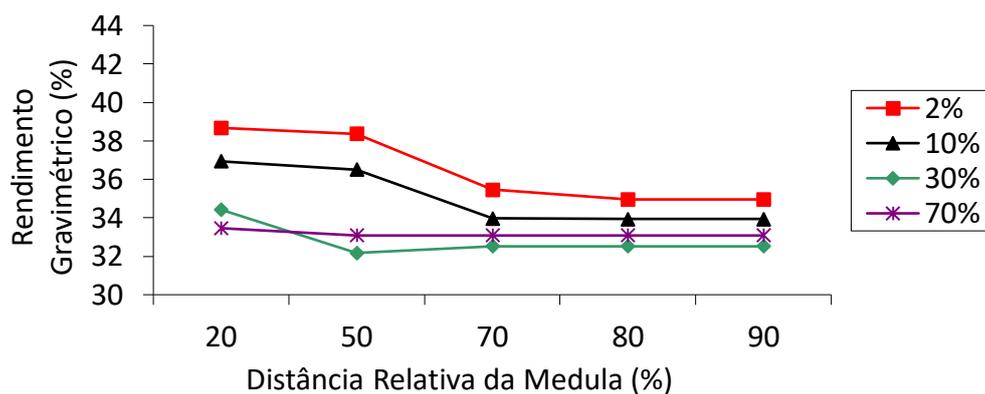


FIGURA 3 – Variação radial do rendimento gravimétrico de carvão da classe diamétrica de 11,4 cm

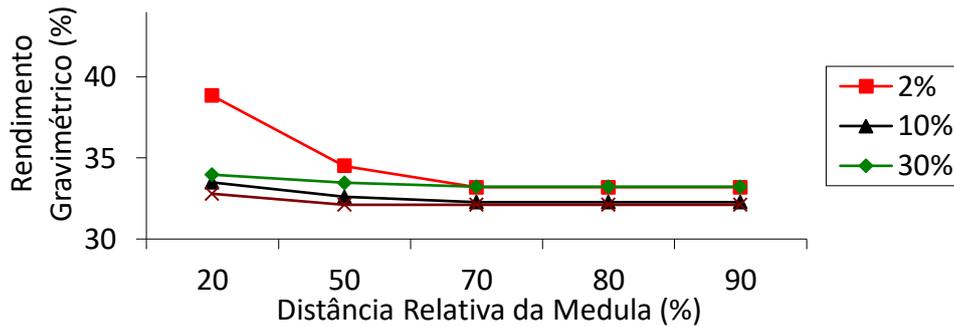


FIGURA 4 – Variação radial do rendimento gravimétrico de carvão da classe diamétrica de 8,1 cm

Pelas Figuras 2, 3 e 4, verifica-se que os maiores rendimento de carvão vegetal encontram-se nas porções mais basais das árvores e mais próximas à medula em todas as classes diamétricas, especialmente para as posições longitudinais de 2 e 10%. Observa-se ainda que a partir de 70% de distância da medula os rendimentos gravimétricos de carvão permanecem sem grandes alterações em todas as posições longitudinais, exceto na classe de 14,2 cm. Este comportamento pode estar associado com o processo de cernificação da madeira, em que as mudanças químicas, por exemplo, a maior lignificação das células do parênquima e a produção de substâncias tais como taninos, gomas, resinas, óleos e compostos aromáticos, que passam a impregnar as células mortas (Fahn, 1982). Este resultado corrobora com os observados por Trugilho et al. (2005), que trabalhando com clones híbridos do *Eucalyptus urophylla* aos 7 anos de idade, encontraram maiores rendimentos nas posições mais internas ao fuste.

De modo geral, os resultados de rendimento gravimétrico de carvão vegetal encontram-se próximos aos observados na literatura para eucaliptos conforme Trugilho et al., 2001, Botrel et al., 2007, Santos et al., 2011, Neves et al., 2011, Reis et al., 2012, Pereira et al., 2013), Soares et al., 2015 e Briseño-Uribe et al., 2015, que utilizaram a mesma temperatura final de carbonização.

A Figura 5 mostra a variação longitudinal do rendimento gravimétrico de carvão vegetal dentro das posições radiais de amostragem a 20, 50, 70 e 90% do raio, respectivamente. Verifica-se que os rendimentos gravimétricos tenderam a reduzir com a posição longitudinal na árvore, exceto para as posições radiais de 80 e 90% do raio.

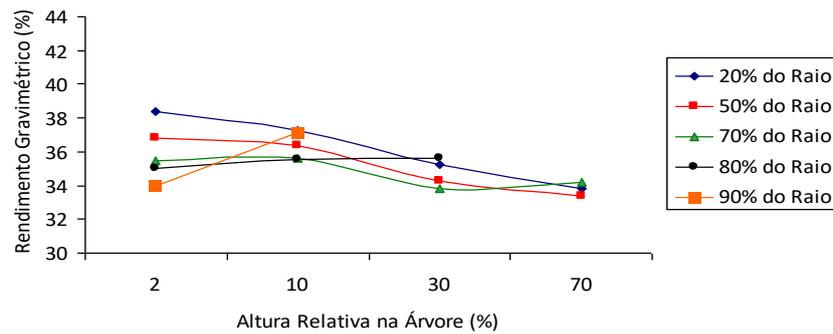


FIGURA 5 – Variação longitudinal de rendimento gravimétrico em carvão vegetal

O comportamento das demais posições radiais foi bem similar, ou seja, reduziu o rendimento gravimétrico em função da altura relativa na árvore.

#### 4 CONCLUSÃO

Os resultados indicam que o rendimento gravimétrico de carvão vegetal foi maior nas porções mais basais do fuste das árvores e nas posições mais próximas à medula em todas as classes diamétricas. A maior classe de diâmetro apresentou, no geral, os maiores rendimentos gravimétricos de carvão vegetal, além da maior variabilidade entre as posições radiais.

#### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao apoio da CAPES, CNPq e FAPEMIG por contribuírem para a realização desse trabalho.

#### REFERÊNCIAS

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

FAHN, A. **Plant anatomy**. 3 ed. New York: Pregamon Press Inc., 1982.

BRISEÑO-URIBE, K.C.; CARRILLO-PARRA, A.; BUSTAMANTE-GARCÍA, V.; GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ, H.; FROUGHBACHK, R. Firewood Production, Yield and Quality of Charcoal From *Eucalyptus camaldulensis* and *E. microtheca* Planted in the Semiarid Land of Northeast Mexico. **International Journal of Green Energy**, London, 12v., p. 961-969, april, 2015.

NEVES, T.A.; PROTÁSIO, T.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.

MALAN, F.A. *Eucalyptus* improvement for lumber production. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO PARA SERRARIA, 1995, São Paulo, SP. **Anais...** São Paulo: IPEF/IPT, 1995. p. 1-19.

PERREIRA, R.P.W.; MONTEIRO, M.B.O.; ABREU, H.S. Os fitohormônios na formação da madeira. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v.11, n.2, p. 40-47, ago./dez., 2004.

PEREIRA, B.L.C.; CARNEIRO, A.C.O.; CARVALHO, A.M.M.L.; COLODETTE, J.L.; OLIVEIRA, A.C.; FONTES, M.P.F. Influence of chemical composition of *Eucalyptus* wood on gravimetric yield and charcoal properties. **Bioresources**, North Carolina, v. 8, n. 3, p. 4574-4592, 2013.

REIS, A.A.; PROTÁSIO, T.P.; MELO, I.C.N.A.; TRUGILHO, P.F.; CARNEIRO, A.C. Composição da madeira e do carvão vegetal de *Eucalyptus urophylla* em diferentes locais de plantio. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 32, n. 71, p. 277-290, 2012.

SANTOS, R.C.; CARNEIRO, A.C.O.; CASTRO, A.F.M.; CASTRO, R.V.O.; BIANCHE, J.J.; SOUZA, M.M.; 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.

SOARES, V.C.; BIANCHI, M.L.; TRUGILHO, P.F.; HÖFER, J.; PEREIRA, A.J. Análise das propriedades da madeira e do carvão vegetal de híbridos de eucalipto em três idades. **Cerne**, Lavras, v. 21, n. 2, p. 191-197, 2015.

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.