



INFLUÊNCIA DA TAXA DE AQUECIMENTO NAS PROPRIEDADES DO CARVÃO VEGETAL DA MADEIRA DE *Acacia mangium*

Thiago de Paula PROTÁSIO¹; Humberto Fauller de SIQUEIRA²; José Benedito
GUIMARÃES JUNIOR³; Paulo Fernando TRUGILHO¹; Andrey de Oliveira COSTA³ e
Suzane Sarno SOARES³

¹Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, Brasil

²Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brasil

³Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Goiás, Regional Jataí, Jataí, GO,
Brasil

RESUMO: O objetivo deste estudo foi verificar o efeito da taxa de aquecimento nas propriedades do carvão vegetal produzido com resíduos de poda de *Acacia mangium*. Foram utilizados galhos provenientes da desrama de árvores de *A. mangium* com 5 anos de idade. Foram realizadas cinco carbonizações em forno elétrico tipo mufla, em cinco diferentes taxas de aquecimento (30, 90, 150, 210 e 270°C/h). A temperatura final de carbonização foi de 450°C, permanecendo por 30 minutos nesta temperatura. Foi avaliado o rendimento gravimétrico de carvão, rendimento em líquido pirolenhoso, rendimento em gases não condensáveis, densidade relativa aparente, poderes caloríficos superior e inferior, análise química elementar, densidade energética, análise química imediata, estoque de carbono fixo e rendimento em carbono fixo. Os dados foram submetidos à análise estatística e quando apresentaram efeito significativo ajustaram-se modelos de regressão linear. Observou-se que quanto maior a taxa de aquecimento menor o rendimento gravimétrico em carvão vegetal e maior rendimento em líquido pirolenhoso. O rendimento em carbono fixo reduz com o aumento da taxa de aquecimento. O mesmo ocorre para densidade relativa aparente e estoque em carbono fixo, exceto para 210 e 270°C/hora. O teor de cinzas do carvão vegetal foi superior ao encontrado para *Eucalyptus* spp. Os demais resultados para o carvão vegetal estão próximos ao encontrados na literatura.

Palavras-chave: desrama, tempo de carbonização, temperatura de carbonização, rendimento gravimétrico, energia da biomassa.

ABSTRACT: The objective of this study was to determine the effect of heating rate on the properties of charcoal produced with *Acacia mangium* pruning waste. Branches were used from the pruning of trees *A. mangium* 5 years of age. Five carbonization were carried out in an electric muffle furnace at five different heating rates (30, 90, 150, 210 and 27 °C / hr). The final carbonization temperature was 450°C and remained at this temperature for 30 minutes. It was rated the gravimetric yield of charcoal, yield pyroligneous liquid, yield non-condensable gases, apparent density, higher heating value and lower, elemental chemical analysis, energy density, chemical analysis, inventory fixed carbon and yield fixed carbon. Data were subjected to statistical analysis and when significant effect set of linear regression models. It was observed that the higher the lower the heating rate on charcoal gravimetric yield and higher yield pyroligneous liquid. The fixed carbon yield decreases with increasing heating rate. The same occurs for the apparent relative density and inventory fixed carbon except for

210 and 270°C/hour. The charcoal ash content was higher than that found for *Eucalyptus* spp. The other results for charcoal are close to in the literature.

Keywords: pruning, carbonization time, carbonization temperature, gravimetric yield, biomass energy.

1. INTRODUÇÃO

A matriz energética mundial ainda encontra-se fundamentada nos combustíveis fósseis, sendo este considerado um dos principais responsáveis pelo aquecimento global, devido a grande quantidade de gases poluentes emitidos. Atualmente, a busca por fontes renováveis de energia é uma tendência global que tem se fortalecido por questões ambientais e econômicas, incentivando o desenvolvimento energético nacional com a utilização de fontes renováveis para determinado fim.

Um dos recursos renováveis, que tem suscitado grande interesse da comunidade científica, é a biomassa, que se define como toda a matéria orgânica susceptível de ser transformada em energia. A biomassa se constitui em uma alternativa importante como fonte de carbono renovável no Brasil, uma vez que a imensa superfície do país, aliada ao clima favorável, oferece excelentes condições para a produção e uso energético desse insumo em larga escala.

Em vista das grandes áreas cultivadas no país com culturas agrícolas e florestais, os produtos gerados potencializam de forma direta e indireta o uso de recursos renováveis para produção energética, por exemplo, dos recursos florestais. Nesse sentido, pode-se citar a lenha e o carvão vegetal, oriundos de “florestas energéticas” ou do aproveitamento de resíduos florestais.

Nesse sentido, o Brasil se destaca como o maior produtor de carvão vegetal no mundo, sendo as indústrias siderúrgicas o consumidor majoritário; contudo, indústrias cimenteiras, cerâmicas, entre outras também são consumidores deste produto, além do setor residencial que representa 8% do consumo de carvão vegetal (EPE, 2014).

Além de suprir a demanda do setor industrial por meio da produção de carvão vegetal oriundo de “florestas energéticas”, a utilização dos resíduos florestais de origem industrial e urbana pode ser uma alternativa viável para potencializar o uso de resíduos lignocelulósicos na transformação em carvão vegetal, contemplando a cadeia produtiva de base florestal, uma vez que há demanda por este produto.

Reconhecendo a importância da introdução de fontes renováveis na matriz energética brasileira e o aproveitamento dos resíduos do setor florestal, este estudo objetiva verificar o efeito da taxa de aquecimento nas propriedades do carvão vegetal produzidos com resíduos de poda de *Acacia mangium*.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados galhos provenientes da desrama de árvores de *Acacia mangium* Willd, escolhidas ao acaso, com idade de 5 anos, oriundos da empresa Bee Happy, na fazenda Impoeira, localizada no município de Curimatá, região sul do Piauí, sob coordenadas 9°37'28" S e 44°07'12" W e altitude de 650 m.

2.1 Carbonização e avaliação do carvão vegetal

As carbonizações laboratoriais foram realizadas em uma mufla (forno elétrico), ligado a um condensador resfriado à água e acoplado a um frasco coletor de gases condensáveis. Em cada ensaio foram utilizados aproximadamente 500 g da madeira dos provenientes das desramas realizadas.

As amostras foram previamente secas em estufa a $103\pm 2^\circ\text{C}$. A temperatura inicial da carbonização foi de 100°C e temperatura final de 450°C , variando em cinco taxas de aquecimento (30, 90, 150, 210 e 270°C/h). O forno elétrico permaneceu estabilizado a 450°C por 30 minutos, conforme metodologia utilizada por Neves et al. (2011), Assis et al. (2012), Protásio et al. (2012) e Costa et al. (2014).

Terminada as carbonizações, foi realizada a avaliação dos rendimentos em carvão vegetal (RGC), rendimento em líquido pirolenhoso (RLP) e rendimento em gases não condensáveis (RGNC), por diferença.

Para determinação da densidade relativa aparente (DRA) do carvão vegetal, utilizou-se o método hidrostático, por meio de imersão em água.

Para a quantificação do poder calorífico superior do carvão (PCS) foi utilizada a NBR 8633 (ABNT, 1984). Em seguida, foi calculado o poder calorífico inferior (PCI), na base seca, desconsiderando a quantidade de energia necessária para evaporar água formada durante a combustão completa do carvão vegetal.

$$\text{PCI} = \text{PCS} - (600 \times 9\text{H}/100)$$

Em que: PCI é o poder calorífico inferior (kcal kg^{-1}); PCS é o poder calorífico superior (kcal kg^{-1}) e H é o teor de hidrogênio (%).

Para a realização da análise química elementar, os resíduos foram triturados e peneirados, sendo analisada a fração que passou pela peneira de 200 *mesh* e ficou retida pela peneira de 270 *mesh*. A quantificação dos teores de carbono (C) e hidrogênio (H) em relação à massa seca do carvão foi realizada em um analisador universal.

Para a análise da densidade energética do carvão vegetal (DE) multiplicou-se a densidade relativa aparente (DRA) pelo poder calorífico superior (PCS).

Foi realizada a análise química imediata dos carvões visando à determinação dos teores de umidade (TU), materiais voláteis (TMV), cinzas (TCZ) e, por diferença, de carbono fixo (TCF), de acordo com a metodologia estabelecida na ASTM D1762-84 (ASTM, 2007).

Calculou-se o estoque de carbono fixo (ECF) no carvão vegetal por unidade de volume, multiplicando a densidade relativa aparente pelo teor de carbono fixo no carvão, de forma similar à realizada por Protásio et al. (2013). Além disso, foi calculado o rendimento em carbono fixo (RCF) pelo produto entre o rendimento gravimétrico em carvão vegetal pelo teor de carbono fixo.

2.2 Análises estatísticas

Para a avaliação do efeito da taxa de aquecimento nas propriedades do carvão vegetal foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado com 5 tratamentos (taxas de aquecimento) e 3 repetições. Os níveis de significância considerados para o teste F foram 1% e 5%. Para as propriedades que apresentaram efeito significativo da taxa de aquecimento foram ajustados modelos de regressão linear.

Todas as análises estatísticas foram procedidas utilizando-se o *software* R versão 2.15.1 (R CORE TEAM, 2015).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se na Figura 1 que a taxa de aquecimento influenciou significativamente o rendimento gravimétrico. Esse por sua vez decresce com o aumento desta taxa, ou seja, quanto maior for às taxas consideradas ao longo da carbonização menor será o rendimento em carvão vegetal que representa o rendimento em carvão final com a massa de madeira.

No entanto, o rendimento depende da finalidade a que se propõe, considerando-se os aspectos produtivos, geralmente, é desejável obter elevado rendimento gravimétrico em carvão vegetal, por conta do maior aproveitamento da madeira nos fornos de carbonização e conseqüentemente, maior produção de energia e menores rendimentos em líquidos e em gases não condensáveis, pois esses são subprodutos do processo de pirólise (NEVES et al., 2011; PROTÁSIO et al., 2011; ASSIS et al., 2012).

O aumento da taxa de aquecimento diminui o rendimento do sólido e aumenta o rendimento de líquidos e gases, uma vez que o aquecimento rápido ocasiona uma rápida despolimerização do material sólido em voláteis primários (não condensáveis), enquanto que em um aquecimento mais lento, a desidratação da anidrocélulose é limitada e muito mais lenta (SENSÖZ, 2003).

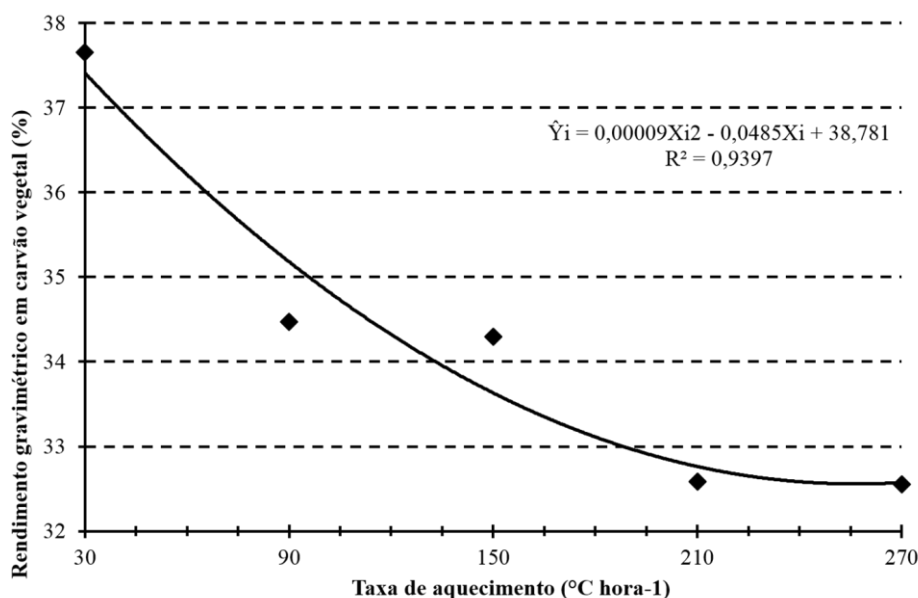


Figura 1: Variação do rendimento gravimétrico em carvão vegetal (%) com o aumento da taxa de aquecimento (°C hora⁻¹).

Observa-se que o rendimento em líquido pirolenhoso foi influenciado pela taxa de aquecimento, com aumento linear em função da taxa (Figura 2). Quanto mais rápido o aquecimento do forno maior a liberação de líquidos não condensáveis e, principalmente, condensáveis. Cabe ressaltar que o líquido pirolenhoso é composto pelo alcatrão insolúvel e ácido pirolenhoso que, por sua vez, é formado basicamente pelos ácidos acético e fórmico, metanol, acetona, solventes metilênicos e alcatrão solúvel diluídos em aproximadamente 70%



de água. Já o alcatrão insolúvel é caracterizado por uma mistura complexa, de caráter fenólico, contendo diversos compostos na sua constituição (Mendes et al., 1982).

O rendimento em carbono fixo representa a quantidade de carbono presente na madeira e que ficou retido no carvão vegetal (Figura 3). Essa variável considera características de produtividade e de qualidade relacionadas ao carvão vegetal. A taxa de aquecimento do processo influenciou consideravelmente o rendimento em carbono fixo. Quanto menor a taxa de aquecimento do processo maior o rendimento em carbono fixo, pois maior é a facilidade de ocorrer reações secundárias entre os gases oriundos da decomposição da biomassa e, conseqüentemente, propiciar a formação da fração sólida.

O rendimento em carbono fixo por ser produto de duas variáveis inversamente proporcionais, rendimento gravimétrico e teor de carbono fixo, durante o processo de carbonização menor taxa de aquecimento favorece a fixação do carbono, para a mesma temperatura final. Neste estudo, o teor de carbono fixo não diferiu significativamente (tabela 1), dessa forma, o rendimento em carbono fixo seguiu o comportamento do rendimento gravimétrico em carvão vegetal.

Conforme citado na literatura, os valores de rendimento em carbono fixo variaram entre 25 e 27%, aproximadamente, para o carvão vegetal da madeira de eucalipto produzido numa taxa de aquecimento de $100^{\circ}\text{C hora}^{-1}$ (REIS et al., 2012; ASSIS et al., 2012; PROTÁSIO et al., 2014; SOARES et al., 2014). Dessa forma, os valores médios encontrados neste estudo para a taxa de 90°C/hora se adequam ao encontrado na literatura.

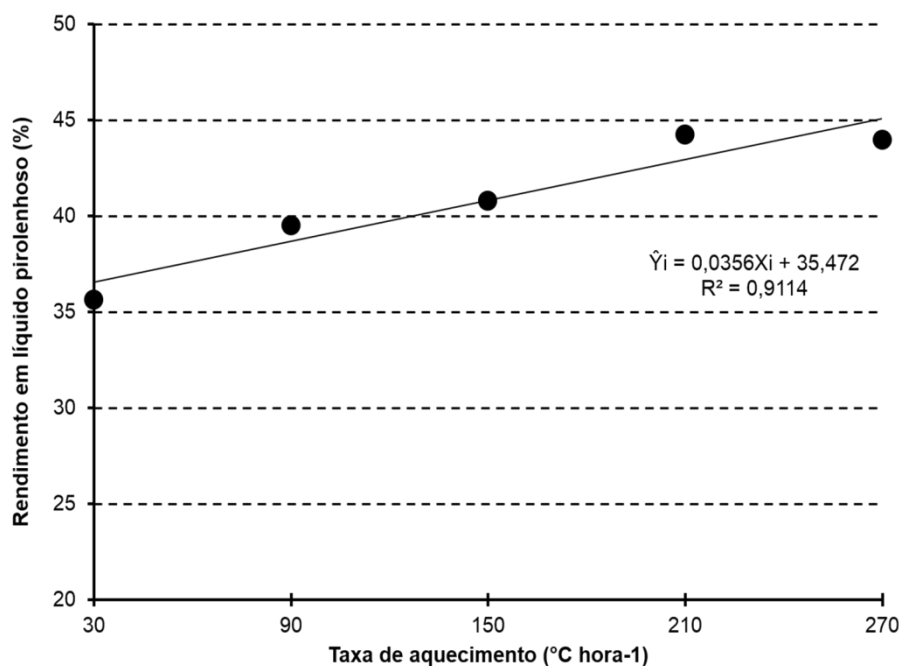


Figura 2: Variação do rendimento em líquido pirolenhoso (%) com o aumento da taxa de aquecimento ($^{\circ}\text{C hora}^{-1}$)

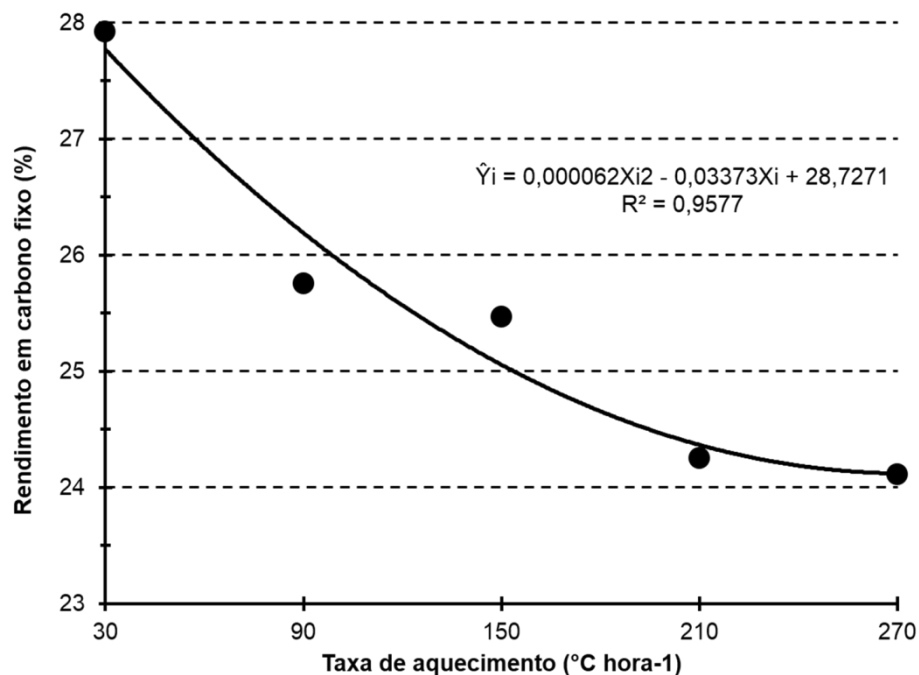


Figura 3: Variação do rendimento em carbono fixo (%) com o aumento da taxa de aquecimento (°C hora⁻¹)

O estoque de carbono fixo (ECF) no carvão vegetal por unidade de volume é o resultado da densidade relativa aparente pelo teor de carbono fixo no carvão (Figura 4). Portanto, quanto maior a densidade do carvão maior será a sua resistência mecânica e maiores serão os estoques energéticos e de carbono fixo. Houve efeito significativo da taxa de aquecimento do forno para a densidade relativa aparente e para o estoque de carbono fixo.

Mendes et al. (1982) também observaram um decréscimo na densidade relativa aparente com o aumento da taxa de aquecimento (0,1°C/min e 3,4°C/min), sugerindo, para usos siderúrgicos, carvões provenientes de carbonizações mais lentas, pois estes possuem melhores características físicas para tais processos.

Pereira et. al (2012) encontraram densidade relativa aparente do carvão vegetal para seis clones de eucaliptos, a idade de 7,5 anos, variando de 360 kg m⁻³ a 410 kg m⁻³. Esses valores são superiores ao encontrados neste estudo e demonstram que o carvão vegetal da madeira de *Acacia mangium* deve ser destinado ao uso doméstico.

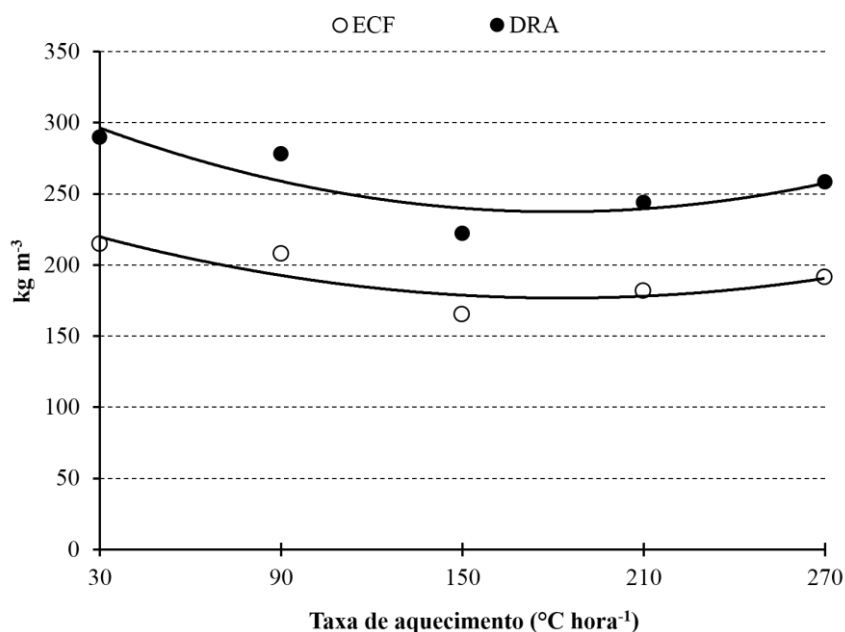


Figura 4: Variação da densidade relativa aparente (kg m^{-3}) e estoque de carbono fixo (kg m^{-3}) com o aumento da taxa de aquecimento ($^{\circ}\text{C hora}^{-1}$).

Já para os valores de densidade energética, obtiveram-se valores inferiores se comparado ao eucalipto (Protásio et al., 2014). Observou-se decréscimo da densidade energética até a taxa de aquecimento de 150°C/hora e, posterior, acréscimo até 300°C/hora . (Figura 5).

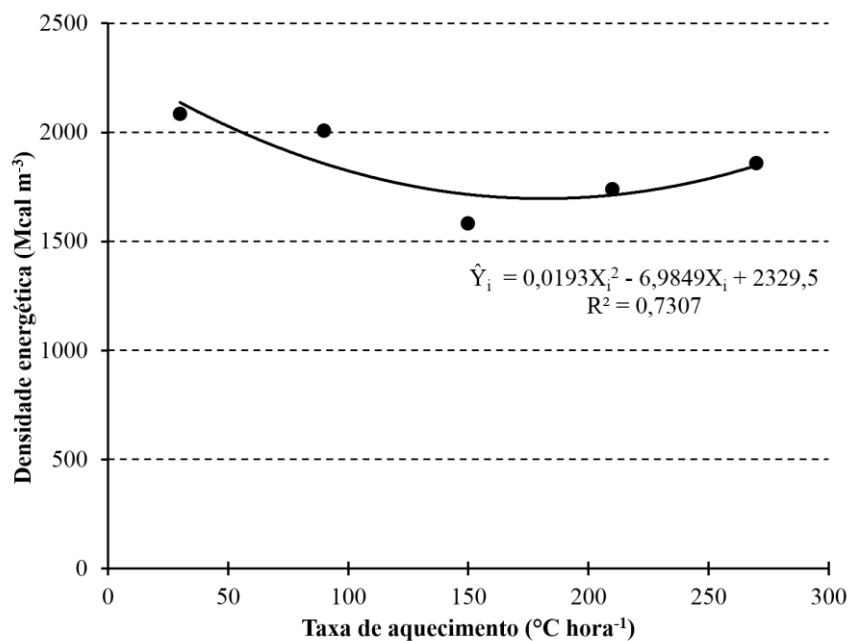


Figura 5: Variação da densidade energética com o aumento da taxa de aquecimento ($^{\circ}\text{C hora}^{-1}$).



A densidade energética do carvão vegetal da madeira residual de *Acacia mangium* é um índice importante para a correta utilização desse biocombustível sólido. Observou-se uma menor energia possível de ser liberada após a combustão completa do combustível por unidade de volume se comparada a clones de eucalipto.

Pereira et al. (2012), em estudo com carvão vegetal de clones de *Eucalyptus* spp. de, 7,5 anos de idade, produzido na taxa de aquecimento de 100°C/hora e temperatura final de 450°C, encontraram valores médios de densidade energética igual a 2,83 Gcal m⁻³, ou seja, consideravelmente superior ao encontrado neste trabalho. Pode-se observar que, o carvão vegetal produzido com resíduos da poda de *A. mangium* obteve, em média, 2,00 Gcal m⁻³ para a taxa de aquecimento de 90°C/hora.

Na Tabela 1 encontram-se os valores médios para as propriedades que não foi verificado efeito significativo da taxa de aquecimento.

Tabela 1: Análise de variância para as propriedades que não foi verificado o efeito da temperatura, com suas respectivas médias, coeficiente de variação e o erro padrão.

Estatísticas	RGNC	TMV	TCz	TCF	PCS	PCI	H	C	H/C
Média	34,31	23,31	2,37	74,32	7178	6984	3,59	78,52	0,55
CVe	5,92	4,21	31,64	1,84	2,19	2,23	5,39	2,59	5,38
Erro Padrão	2,65	1,88	14,15	0,82	0,98	1,00	2,41	1,16	2,41

RGNC: rendimento em gases não condensáveis (%); TMV: teor de materiais voláteis (%); TCz: teor de cinzas (%); TCF: teor de carbono fixo (%); PCS: poder calorífico superior (kcal kg⁻¹); PCI: poder calorífico inferior (kcal kg⁻¹); H: teor de hidrogênio elementar (%); C: teor de carbono elementar (%); H/C: relação hidrogênio/carbono; CVe: coeficiente de variação experimental (%).

O rendimento em gases não condensáveis foi maior que a encontrado por Protásio et al. (2013) para a carbonização de clones de eucalipto, pois os autores encontraram valor médio de 26,56%, considerando uma taxa de aquecimento de 100°C/hora.

O teor de cinzas foi superior ao estabelecido pela norma de comercialização PMQ 3 – 03 (SÃO PAULO, 2003). Contudo, Vale et al. (2011) relataram que teores de cinzas superiores a 7% são considerados elevados. O teor de carbono fixo está próximo ao estabelecido por esta mesma norma, em que o mínimo estabelecido deve ser de 75%.

A temperatura final de carbonização é o parâmetro que mais influencia a composição química do carvão vegetal. Por isso, não foi encontrado efeito significativo da taxa de aquecimento para os teores de materiais voláteis, cinzas, carbono fixo, carbono elementar e hidrogênio.

Consequentemente, a taxa de aquecimento não influenciou os poderes caloríficos, pois se sabe que quanto maiores os teores de carbono fixo e carbono elementar maior será o poder calorífico do carvão vegetal, uma vez que a entalpia associada ao carbono é que determina o valor calórico dos combustíveis submetidos à pirolise (Protásio et al., 2011).

O elevado coeficiente de variação experimental encontrado neste estudo para o teor de cinzas se deve provavelmente ao fato do material experimental não ser oriundo de clones, tendo menor homogeneidade de suas propriedades químicas.



4. CONCLUSÕES

Observou-se que quanto maior a taxa de aquecimento menor o rendimento gravimétrico em carvão vegetal e maior rendimento em líquido pirolenhoso.

O rendimento em carbono fixo reduz com o aumento da taxa de aquecimento. O mesmo ocorre para densidade relativa aparente e estoque em carbono fixo, exceto para 210 e 270°C/hora.

A taxa de aquecimento não influenciou a composição química e o valor calórico do carvão vegetal.

O carvão vegetal proveniente da madeira de desrama de *Acacia mangium* é indicado apenas para uso doméstico, ou seja, para aquecimento ou para churrasco.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao apoio da CAPES, do CNPq, da FAPEMIG e da FAPEPI por conceder recursos financeiros para aquisição de suplementos fundamentais para a realização desse trabalho, bem como viabilizar a participação no II CBCTEM.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSIS, M. R.; PROTÁSIO, T. P.; ASSIS, C. O.; TRUGILHO, P. F.; SANTANA, W. M. S. Qualidade e rendimentos 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.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8633: carvão vegetal: determinação do poder calorífico. Rio de Janeiro: ABNT, 1984. 13 p

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS. D 1762- 84: standard test method for chemical analysis of wood charcoal. Philadelphia: ASTM International, 2007. 2 p.

COSTA, T.G.; BIANCHI, M.L.; PROTÁSIO, T.P.; TRUGILHO, P.F.; PEREIRA, A.J.; Qualidade da madeira de cinco espécies de ocorrência no cerrado para produção de carvão vegetal; **Cerne**, Lavras, v.20,n.1,p.37-45, 2014.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. **Balanco energético nacional 2014: ano base 2013**. Rio de Janeiro, 288p.: il. 2014.

MENDES, M. G.; GOMEZ, P. A.; OLIVEIRA, J. B. Propriedades e controle da qualidade do carvão vegetal. In: FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS - CETEC. **Produção e utilização de carvão vegetal**. Belo Horizonte, 1982. p. 74-89.

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.



PEREIRA, B. L. C.; OLIVEIRA, A. C.; CARVALHO, A. M. M. L.; CARNEIRO, A. C. O.; SANTOS, L. C.; VITAL, B. V. Quality of wood and charcoal from *Eucalyptus* clones for ironmaster use. **International Journal of Forestry Research**, New York, v. 2012, p. 1-8, 2012.

PROTÁSIO, T. P.; SANTANA, J. D. P.; GUIMARÃES NETO, R. M.; GUIMARÃES JÚNIOR, J. B.; 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.

PROTÁSIO, T. P.; TRUGILHO, P. F.; NEVES, T. A.; VIEIRA, C. M. M. Análise de correlação canônica entre características da madeira e do carvão vegetal de *Eucalyptus*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 40, n. 95, p. 317-326, 2012.

PROTÁSIO, T.P.; COUTO, A.M.; REIS, A.A.; GODINHO, T.P.; TRUGILHO, P.F. Potencial siderúrgico e energético do carvão vegetal de clones de *Eucalyptus* spp. aos 42 meses de idade. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v.33, n.74, p.137-149, 2013.

PROTÁSIO, T. P.; GOULART, S. L.; NEVES, T. A.; TRUGILHO, P. F.; RAMALHO, F. M. G.; QUEIROZ, L. M. R. S. B. Qualidade da madeira e do carvão vegetal oriundos de floresta plantada em Minas Gerais. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 34, n. 78, p. 111-123, 2014.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2015. Available from: <http://www.R-project.org/>. Acesso em: 05 jun. 2015.

REIS, A. A.; PROTÁSIO, T. P.; MELO, I. C. N. A.; TRUGILHO, P. F.; CARNEIRO, A. C. O.; 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.

SÃO PAULO. Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Resolução SAA – 10 e 11 de julho de 2003. Define norma de padrões mínimos de qualidade para carvão vegetal (PMQ 3-03), como base para certificação de produtos pelo sistema de qualidade de produtos agrícolas, pecuários e agroindustriais do Estado de São Paulo, instituído pela Lei 10.481-99. **Diário Oficial [do] Poder Executivo**: seção I, São Paulo, v.113, n. 129, 12 jul. 2003.

SENSÖZ, S. Slow pyrolysis of wood barks from *pinus brutia* ten and products compositions. **Bioresource Technology**, Essex, v. 89, n.3, p.307-311, 2003.

SOARES, V. C.; BIANCHI, M. L.; TRUGILHO, P. F.; PEREIRA, A. J.; HOFER, J.; Correlações entre as propriedades da madeira e do carvão vegetal de híbrido de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v.38, n.3, p.543-549, 2014.

VALE, A. T.; MENDES, R. M.; AMORIM, M. R. S.; DANTAS, V. F. S.; Potencial energético da biomassa e carvão vegetal do epicarpo e da torta de pinhão manso (*Jatropha curcas*). **Cerne**, Lavras, v.17, n.2, p.267-273, 2011.