

COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA MADEIRA E SUA RELAÇÃO COM A QUALIDADE E PRODUÇÃO DO CARVÃO VEGETAL

CHEMICAL COMPOSITION OF THE WOOD AND ITS RELATION WITH THE QUALITY AND PRODUCTION OF THE CHARCOAL

Thiago de Paula PROTÁSIO¹; Thiago Andrade NEVES²; Paulo Fernando TRUGILHO³

RESUMO - O objetivo desse trabalho foi ajustar modelos lineares simples e múltiplos e superfícies de resposta quadráticas entre as características avaliadas na madeira e no carvão vegetal. Foram utilizados 7 clones de *Eucalyptus*. No ajuste dos modelos foram consideradas 24 observações. Os modelos foram avaliados com base na sua significância (Teste F), na significância dos seus coeficientes (Teste t), no coeficiente de determinação ajustado e no erro padrão da estimativa. Os resíduos foram analisados por meio de testes estatísticos. Procedeu-se a análise gráfica dos modelos, bem como das curvas de nível. A detecção de “outliers” foi feita mediante a distância de Cook e avaliação dos resíduos estudantizados. Os resíduos dos modelos atenderam aos pressupostos clássicos da análise de regressão. De maneira geral, os modelos lineares simples e múltiplos ajustados foram significativos pelo Teste F e apresentaram baixo erro padrão da estimativa, mas apresentaram baixo coeficiente de determinação ajustado e nem todos os coeficientes foram significativos pelo Teste t. Observou-se acréscimo do rendimento gravimétrico em carvão vegetal e em carbono fixo com o aumento do teor de lignina e extrativos totais e decréscimo dessas variáveis do carvão com o aumento do teor de holocelulose. Os modelos lineares simples e múltiplos podem ser considerados os mais adequados dentre os avaliados para a modelagem das relações existentes entre as características da madeira e do carvão vegetal de clones de *Eucalyptus*.

Palavras-chave: bioenergia; modelos estatísticos; carbonização

ABSTRACT - This work aimed to adjust simple and multiple linear models and quadratic surface-responses between the characteristics evaluated in the wood and in the charcoal. 7 *Eucalyptus* clones were used. 24 observations were considered for model adjustment. The models were evaluated based on their significance (F Test), adjusted determination coefficient and estimation standard error. The residues were analyzed by statistical tests. The analyses of the models and level curves were performed. The detection of outliers was made by Cook's distance and evaluation of the studentized residues. The model residues met the requirements of the classic assumptions of the regression analysis. In general, the simple and multiple adjusted models were significant by F Test and presented low estimation standard error. However, they presented low adjusted determination coefficient and not all the coefficients were significant by t Test. Increases of gravimetric yield in charcoal and fixed carbon with increases in lignin content, total extractives and decrease of these variables with increases in holocellulose contents were observed. The simple and multiple models may be considered the most adequate among the models evaluated for modeling of the existent relations between wood and charcoal characteristics from *Eucalyptus* clones.

Keywords: bioenergy; statistical models; carbonization

¹ Graduando em Engenharia Florestal, UFLA, DCF, depaulaprotasio@gmail.com

² Engenheiro Florestal, Mestrando em Ciência e Tecnologia da Madeira, UFLA, tmaffia@hotmail.com

³ Engenheiro Florestal, Professor Doutor do DCF, UFLA, trugilho@dcf.ufla.br

INTRODUÇÃO

A utilização da biomassa como fonte de energia é uma das opções para se mitigar os malefícios do aquecimento global. Essa biomassa pode ser obtida por duas rotas principais, culturas energéticas ou resíduos agroflorestais (NONHEBEL, 2007).

As energias alternativas passaram a ganhar muito destaque no mundo. Além de serem viáveis economicamente, degradam pouco o meio ambiente e são relativamente fáceis de serem implementadas.

Uma dessas fontes renováveis de energia é o carvão vegetal, sendo que no Brasil cerca de 45% do carvão utilizado nas indústrias é advindo de plantios florestais homogêneos, como é o caso dos plantios de *Eucalyptus*. O carvão vegetal apresenta inúmeras vantagens em relação ao carvão mineral. É renovável, menos poluente (tem baixo teor de cinzas), praticamente isento de enxofre/fósforo e a tecnologia para sua fabricação já está amplamente consolidada no Brasil (ABRAF, 2011).

A área de plantios de *Eucalyptus* no Brasil é de 4.754.334 hectares e continua em processo de expansão. O Brasil é o maior produtor mundial de carvão vegetal, cerca de 35,4% de toda madeira produzida é destinada à produção de lenha, carvão vegetal e outros produtos florestais. Os principais consumidores de carvão vegetal são os setores de aço, ferro-gusa e ferros-liga e, em menor escala, o comércio e o consumidor residencial. O estado de Minas Gerais se destaca como maior produtor e consumidor, pois possui o maior parque siderúrgico a carvão vegetal e a maior área plantada com eucalipto no Brasil (ABRAF, 2011).

No processo de pirólise ocorre à degradação térmica da biomassa na ausência ou presença controlada de oxigênio geralmente entre as temperaturas de 350 e 600°C (DEMIRBAS, 2009), sendo que a produção e qualidade do carvão vegetal são influenciadas pela composição química, física e anatômica da madeira e pelo sistema adotado na transformação. Característica como o incremento volumétrico da árvore pode influenciar significativamente tal produção, uma vez que afeta diretamente a quantidade de massa seca produzida pelo indivíduo. Além disso, o alto teor de lignina, aliado à elevada densidade básica da madeira, contribuem de forma positiva para o rendimento em carvão vegetal (TRUGILHO et al., 1997). A lignina é o componente químico da madeira mais estável termicamente. As hemiceluloses são degradadas entre as temperaturas de 225 e 325°C, a celulose entre 305 e 375°C e a lignina entre 250 e 500°C (SHAFIZADEH, 1985).

Nesse contexto, podem-se utilizar modelos estatísticos que relacionem as características do carvão vegetal com as características da madeira visando determinar e conhecer biomassas de melhor desempenho ou materiais genéticos superiores para a produção desse biocombustível. Além disso, os modelos podem ser muito úteis na diminuição do tempo e nos custos das análises laboratoriais para o controle da qualidade do carvão vegetal.

Diante do exposto, o objetivo desse trabalho foi ajustar modelos lineares simples e múltiplos e superfícies de resposta quadráticas entre as características avaliadas na madeira e no carvão vegetal de clones de *Eucalyptus*.

MATERIAL E MÉTODOS

Material biológico e amostragem

Foram amostrados 7 clones de *Eucalyptus* sp. da empresa Saint-Gobain Canalização, localizada no município de Bom Jardim de Minas e Lima Duarte, ambos em Minas Gerais (Tabela 1). A região de coleta apresenta temperatura média e precipitação anuais de 20,4° C e 1250 mm, respectivamente. As árvores foram coletadas em quatro locais distintos,