

ESTIMATIVA DO ÂNGULO MICROFIBRILAR EM MADEIRA DE *Eucalyptus* POR MEIO DA ESPECTROSCOPIA NO INFRAVERMELHO PRÓXIMO

ESTIMATION OF MICROFIBRILLAR ANGLE IN *Eucalyptus* WOOD BY NEAR INFRARED SPECTROSCOPY

Paulo Ricardo Gherardi HEIN¹; José Tarcísio LIMA²;
Paulo Fernando TRUGILHO³; Gilles CHAIX⁴

RESUMO - A espectroscopia no infravermelho próximo (NIR) é uma técnica promissora utilizada para caracterização e classificação de materiais lignocelulósicos. A complexa informação contida nos espectros no NIR é utilizada para o estabelecimento de modelos preditivos que permitem a caracterização tecnológica da madeira em grande escala e a baixo custo. O presente estudo teve por objetivo ajustar calibrações baseadas nas informações espectrais e nas estimativas do ângulo das microfibrilas (AMF) de celulose na parede secundária obtido por difração de raios X. Foi possível desenvolver regressões para predição desta característica da parede celular por meio dos espectros medidos na madeira. O coeficiente de determinação da regressão linear entre os valores obtidos por difração de raios X e os preditos pelo modelo NIR para ângulo microfibrilar foi de 0,76 e as estimativas apresentam um erro de predição de ± 1.31 graus. A partir dessa calibração foi possível estimar essa características da fibra da madeira de *Eucalyptus* em grandes amostragens com base unicamente na informação espectral, que pode ser facilmente e rapidamente obtida.

Palavras-chave: caracterização ultra estrutural da madeira, ângulo de microfibrila, difração de raios x, análise multivariada.

ABSTRACT - Near Infrared (NIR) spectroscopy is a promising tool used for characterization and classification of lignocellulosic materials. The complex information contained in the spectra in the NIR is used to establish predictive models that allow for wood characterization on a large scale and at low cost. This study aimed to adjust calibrations based on NIR spectra information and the microfibrils angle (MFA) of cellulose in the wall secondary estimated by X-ray diffraction. It was possible to develop regressions to predict this feature of the cell wall by means of the NIR spectra measured on the wood. The coefficient of determination of the linear regression between the values obtained by X-ray diffraction and those predicted by NIR model for angle microfibril was 0.76 and the estimates presents a prediction error of ± 1.31 degrees. From this calibration it was possible to estimate the fiber characteristics of the *Eucalyptus* in large samples based solely on spectral information, which can be easily and quickly obtained.

Keywords: ultra-structural characterization, microfibril angle, x-ray diffraction, multivariate analysis.

² Professor do Departamento de Ciências Florestais, UFLA, jtlima@dcf.ufla.br

³ Professor do Departamento de Ciências Florestais, UFLA, trugilho@dcf.ufla.br

⁴ Pesquisador da unidade de pesquisa AGAP/CIRAD, Montpellier, France, gilles.chaix@cirad.fr

INTRODUÇÃO

As avaliações não-destrutivas para caracterização de materiais são técnicas indiretas que têm sido desenvolvidas com o objetivo de substituir os métodos tradicionais para avaliar as propriedades de diversos tipos de materiais. Novas alternativas para caracterização rápida, simples e confiável das propriedades da madeira são importantes porque podem reduzir o custo e o tempo despendido nas análises de rotina em laboratórios de indústrias, universidades, entre outros.

O método não-destrutivo considerado atualmente com maior potencial analítico é a espectroscopia no infravermelho próximo (NIRS), pois torna possível a avaliação simultânea de propriedades químicas (MEDER et al., 1999; HEIN et al., 2010a), físicas (SCHIMLECK et al., 1999; HEIN et al., 2009), mecânicas (THUMM e MEDER, 2001; KELLEY et al., 2004) e anatômicas de madeiras (SCHIMLECK e EVANS, 2004).

A técnica é baseada na interação entre a matéria e a radiação eletromagnética na faixa de 750 a 2.500 nm (WORKMAN e WEYWER, 2007). Dessa forma, informações qualitativas e quantitativas podem ser extraídas dos espectros registrados no NIR, apresentando como vantagens a rapidez, baixo custo e alta repetibilidade. Por outro lado, o método requer calibração e sua habilidade preditiva depende da acurácia do método utilizado como referência.

A técnica tem sido utilizada no setor florestal desde 1988, quando Birkett e Gambino (1989) a aplicaram para estimar o número kappa em amostras de madeira. Michell (1995) estimaram propriedades químicas da madeira, como o rendimento da polpa e o teor de celulose enquanto Thygesen (1994) e Hoffmeyer e Pedersen (1995) apresentaram os primeiros estudos mostrando que a técnica poderia ser utilizada na estimativa da densidade básica da madeira. Desde então, a espectroscopia vêm sendo empregada para caracterização tecnológica de madeiras e seus produtos e a literatura científica apresenta uma vasta coleção de estudos neste campo. No entanto, calibrar modelos preditivos para algumas propriedades, como o ângulo das microfibrilas de celulose da camada S₂ da parede secundária de plantas vasculares, a partir de espectros no infravermelho próximo e entender como isso é possível ainda é um desafio. O ângulo das microfibrilas é uma importante característica da parede celular, pois determina a rigidez da madeira (YANG e EVANS, 2003) e afeta a magnitude da estabilidade dimensional em função do ganho ou perda de umidade da madeira (YAMAMOTO et al., 2001).

Assim, o objetivo deste trabalho foi usar a espectroscopia no infravermelho próximo para estimar o ângulo de microfibrilas de celulose da parede celular em madeira juvenil de *Eucalyptus*.

MATERIAL E MÉTODOS

Amostras de madeira

De 30 discos de madeira de 30 mm de espessura foram retirados de 10 clones híbridos de *Eucalyptus grandis* x *urophylla* com 6 anos de idade pertencentes à empresa Cenibra (Celulose Nipo-Brasileira S.A.). Cada clone foi representada por 3 árvores. O material é proveniente de plantios comerciais plantados com espaçamento de 3,0 x 2,0 m nas localidades de Sabinópolis e Belo Oriente no Estado de Minas Gerais. O procedimento de amostragem é detalhadamente descrito em Hein (2011). Uma seção radial com 2 mm de espessura foi retirado dos discos de madeira.