

A DENSITOMETRIA DE RAIOS X APLICADA NA ANÁLISE DA MADEIRA DE ÁRVORES DE ESPÉCIES TROPICAIS E SUBTROPICAIS

M. Tomazello¹, C.S. Lisi¹, F.A. Roig², J.T.S. Oliveira³, J.C. Silva⁴, R.M. Roque⁵, A.F. Bellote⁶
¹Dep. de Ciências Florestais ESALQ, ²Lab. de Dendrocronologia, Argentina, ³Dep. Ciências Florestais UFES, ⁴Dep. Ciências Florestais UFV, ⁵Escuela de Ing. Forestal, Costa Rica, ⁶EMBRAPA, Florestas
mtomazel@esalq.usp.br

1. INTRODUÇÃO

A literatura registra que a aplicação dos raios X na inspeção qualitativa de peças de madeira (defeitos internos de hélices, etc.), iniciou-se do século passado. Em 1960, na França, Polge aplicou a densitometria de raios X na avaliação quantitativa do lenho de árvores, sendo sua utilização ampliada por Parker (1970), no Canadá, correlacionando o clima com a densidade dos anéis de crescimento de *Picea sp.* Na seqüência, pesquisadores ampliaram as aplicações dos raios X, como Lenz e Schweingruber (na Suíça), Amaral e Tomazello F^o (no Brasil), dentre outros. Apesar da extensa literatura, informações da análise da madeira de árvores tropicais por raios X são restritas. A metodologia e os resultados das pesquisas realizadas no Laboratório de Densitometria de Raios X em Madeiras da ESALQ/USP, em colaboração com instituições nacionais e internacionais, são apresentados neste trabalho.

2. A DENSITOMETRIA DE RAIOS X

Obtenção e preparo das amostras do lenho: as amostras do lenho das árvores podem ser obtidas através de métodos destrutivos e não destrutivos. Nas seções transversais do lenho são demarcadas e cortadas amostras diametrais, que são coladas em suporte, com as fibras orientadas no sentido horizontal. As amostras do lenho são seccionadas no sentido transversal (2,0 mm de espessura), em aparelho de dupla serra circular; climatizadas (12 h, 20°C, 50% UR) até 12% de umidade (FIGURA 1).

Obtenção dos filmes radiográficos: as amostras do lenho e a cunha de calibração de acetato de celulose (dens.: 1,48 g/cm³) são dispostas sobre filme de raios X (Kodak, Diagnostic Film T-Mat), em câmara escura, e transferidas para equipamento de raios X (Hewlett Packard, Faxitron 43805 N; 1,20 m distância da fonte de raios X-filme) e radiografadas (5 min, 16 Kv, 3 mA). Os filmes radiográficos das amostras de madeira são revelados em aparelho Macrotec MX-2 (Amaral e Tomazello Filho, 1998).

Análise dos filmes radiográficos: os filmes radiográficos das amostras do lenho são digitalizados em scanner HP ScanJet 6100C/T a uma resolução de 1000 dpi em escala de cinza de 256 graus. Na imagem digitalizada são feitas comparações entre a escala de cinza das amostras de madeira com a da curva padrão, sendo determinados os valores de densidade e convertidos para o arquivo tipo DEN, através do software CRAD. Na seqüência, o arquivo DEN é lido com auxílio do software CERD considerando 500 x 10 (comprimento x largura) determinações de densidade para os segmentos de 25% do comprimento das amostras do lenho.

Montagem do perfil radial de densidade aparente do lenho: as análises diametrais das amostras originam um arquivo TXT contendo os valores pontuais de densidade e os respectivos gráficos dos perfis de densidade aparente do lenho das árvores (Mothe et al., 1998).

Parâmetros de densidade aparente do lenho: a partir dos perfis radiais de densidade aparente do lenho são determinadas: densidades aparente média, máxima e mínima do lenho das árvores.

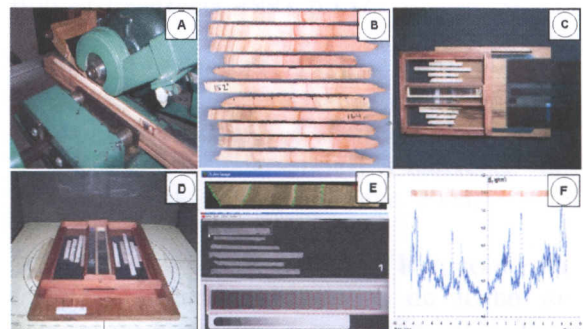


Fig. 1: Densitometria de raios X: (a,b) corte e seções transversais das amostras de lenho; (c,d) amostras sobre filme radiográfico e sua irradiação; (e) imagem radiográfica; (f) perfil da densidade (Fonte: TOMAZELLO F^o, 2006).

3. PERSPECTIVAS: APLICAÇÃO DOS RAIOS X

Desde o trabalho de Amaral (1994), foram apresentadas 45 publicações (dissertações, teses, artigos, congressos, etc.) sobre a aplicação dos raios X na avaliação da (i) qualidade do lenho,

(ii) biodegradação da madeira, (iii) efeito de práticas silviculturais, (iv) caracterização do lenho de espécies e de clones, (v) diferenciação de anéis de crescimento, (vi) fixação do carbono, etc. A madeira de *Eucalyptus* spp, *Pinus* spp, *Araucaria angustifolia*, *A. columnaris*, *Gmelina arborea*, *Populus* sp e de inúmeras espécies nativas foram analisadas por essa metodologia.

5. BIBLIOGRAFIA

AMARAL, A.C.B. **Implantação da metodologia de densitometria de raios X em madeiras**. 1994. Dissertação Mestrado. ESALQ/USP, Piracicaba.

AMARAL, A.C.B.; TOMAZELLO F^o, M. Avaliação das características dos anéis de crescimento de *Pinus taeda* através de microdensitometria de raios X. **Revista Ciência e Tecnologia**, 11/12 (6): 17-23. 1998.

BELLOTE, A.F.J. **Influência dos nutrientes minerais e do solo na produtividade, anatomia e a densidade da madeira de árvores de *Pinus taeda***. 2004. Tese Pós-Doutorado, ESALQ/USP, Piracicaba.

BENJAMIN, C.A. **Estudo da estrutura anatômica e das propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Corymbia citriodora* e *Eucalyptus grandis***. 2006. Tese Doutorado. UNESP, Botucatu.

LISI, C.S. **Atividade de ¹⁴C do fallout e razão isotópica ¹³C/¹²C em anéis de crescimento de árvores de clima tropical e sub-tropical do Brasil**. 2001. Tese Doutorado. CENA/USP, Piracicaba.

MEDEIROS, J. et al. Tree-ring characterization of *Araucaria columnaris* and their applicability as lead indicator in environmental monitoring. **Dendrochronologia**, Firenze, 26:165-171. 2008.

MOTHE, F. et al. 1998. Microdensitometric analysis of wood samples: data computation method used at Inra-ERQB (Cerd Program). **Annals des Foresters Sciences**, 55(3):301-313.

OLIVEIRA, J.T.S. **Caracterização da madeira de eucalipto para a construção civil**. 1997. Tese Doutorado. Escola Politécnica/USP, São Paulo.

ROIG, F.A. et al. **Poplar wood density assessed by X-ray densitometry**. In: Convention Society

of Wood Science and Technology. Ubi-bio. Concepción, Chile. 2008.

ROQUE, R.M. **Variação da anatomia e da densidade básica da madeira de *Gmelina arborea* na Costa Rica**. 2005. Tese Doutorado. ESALQ/USP, Piracicaba.

ROQUE, R.M.; TOMAZELLO Fo, M. Relationships between anatomical features and intra-ring density profiles of *Gmelina arborea* applying X-ray densitometry. **Cerne**, Lavras, 13(4):23-34. 2007.

SETTE, C.R. **Aplicação do lodo de esgoto e de fertilização mineral no crescimento e propriedades da madeira de *E. grandis***. 2007. Dissertação Mestrado. ESALQ/USP, Piracicaba.

SILVA, J.C. **Caracterização da madeira de *Eucalyptus grandis* de diferentes idades visando sua utilização na indústria moveleira**. 2002. Tese Doutorado. UFPR.

SILVA, L.B. **Variação da estrutura da madeira de quatro espécies da caatinga nordestina**. 2006. Tese Doutorado. UFBA, Salvador.

TOMAZELLO Fo, M.; AMARAL, A.C.B. Análise da madeira de *Tectona grandis* e de *Pinus taeda* por densitometria de raios X. In: Congresso Venezuelano de Botânica, 12, Ciudad Bolívar/Venezuela, 1995, p.132

TOMAZELLO Fo, M., LISI, C.S.. Periodicity, growth rate and carbon sequestration patterns with tree-ring analysis of subtropical species in Brazil. In: 7th International Conference on Dendrochronology, Beijing-China. 2006.

TOMAZELLO Fo, M. **Efeito da irrigação e da fertilização nas propriedades do lenho de árvores de *E. grandis x urophylla***. 2006. Tese Livre Docência. ESALQ/USP, Piracicaba.

TOMAZELLO Fo, M. et al. Application of X-ray technique in non-destructive evaluation of eucalypt wood. **Madera Ciencia Y Tecnologia**, Concepción, 10(2):139-149. 2008.

WHER, N. C. & TOMAZELLO Fo, M. Caracterização dos anéis de crescimento de *Araucaria angustifolia*, através de densitometria de raios X. **Revista Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 58:15-28. 2000.