

Variação da densidade do lenho e relação com a largura dos anéis de crescimento de árvores de mogno, *Swietenia macrophylla*, da floresta tropical amazônica do Peru

Variation of wood density and relationship with the tree-ring width of mahogany trees, *Swietenia macrophylla*, from Amazonian tropical forest of Peru

Jedi Rosero Alvarado¹, Mário Tomazello Filho², Percy Amilcar Zevallos Pollito³ e Moisés Silveira Lobão⁴

Resumo

As árvores de mogno, *Swietenia macrophylla*, ocorrem na floresta ombrófila aberta, semidecidual e decidual e na ombrófila densa, da floresta tropical amazônica do Peru. Ocorrem, preferencialmente, em áreas com estação seca definida, com fenologia típica e sazonalidade cambial, formando anéis de crescimento distintos no seu lenho. O presente trabalho teve como objetivo determinar a variação radial da densidade do lenho de 14 árvores de mogno, de duas populações da floresta tropical amazônica do Peru, através da densitometria de raios X e avaliar a sua aplicação como metodologia, comparativamente ao método clássico de mesa de medição, para a determinação da largura dos anéis de crescimento. Os perfis de variação radial da densidade aparente do lenho das árvores possibilitaram delimitar as regiões de madeira juvenil-adulta e as do cerne-alburno, em função das diferenças da estrutura anatômica e de composição química, pela presença de extrativos e da obstrução dos vasos. Os valores de densidade aparente do lenho média, mínima e máxima das árvores de mogno para as Populações A e B, foram de 0,70; 0,29; 1,01 g.cm⁻³ e de 0,81; 0,29; 1,19 g.cm⁻³, respectivamente. A análise da variância e o teste de média indicam diferenças de densidade média do lenho entre as árvores de cada população devidas, provavelmente, à idade das árvores. Não foram verificadas diferenças para a densidade média do lenho das árvores de mogno entre as duas populações, bem como a correlação da largura do anel de crescimento e a respectiva densidade média não foi significativa. A técnica de densitometria por raios X constitui-se uma importante ferramenta na avaliação da variação radial do lenho e na delimitação dos limites dos anéis de crescimento com correlações de 0,94 e 0,93 em relação à mesa de medição, para cada população amostrada.

Palavras-Chave: Mogno, *Swietenia macrophylla*, Anatomia da madeira, Anéis de crescimento, Dendrocronologia, Densitometria de raios X

Abstract

Mahogany trees, *Swietenia macrophylla*, occur in open rainforest, semi deciduous and deciduous and dense rainforest of Peruvian Amazonian tropical forest. They occur, preferentially, in areas with a defined dry season, with typical phenology and seasonal variation activity, forming distinct tree-rings. The present work had as aim to determine the wood density radial variation of 14 mahogany trees, of two populations of the Peruvian Amazonian tropical forest, through the X-ray densitometry and to evaluate their application as methodology, compared to the classic method of measurement table, for the determination of the tree-ring width. The radial wood apparent density of the trees profiles rendered it possible to delimit the areas of juvenile-adult wood and of the heartwood-sapwood, relative to the anatomical structure and chemical composition differences, due to the extractives and the vessels obstruction by tyloses. The mean, minimum and maximum wood apparent density of the mahogany trees for the Populations A and B were of 0.70; 0.29; 1.01 g.cm⁻³ and 0.81; 0.29; 1.19 g.cm⁻³, respectively. The analysis of the variance and mean test indicate differences of mean wood density among the mahogany trees of each population, probably due to the age of the trees. There was no correlation between mean wood density of mahogany trees among the two

¹Mestre em Recursos Florestais pelo Departamento de Ciências Florestais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo - Caixa Postal 9 - Piracicaba, SP - 13400-970 - E-mail: jediros@yahoo.com.mx

²Professor Titular do Departamento de Ciências Florestais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo - Caixa Postal 9 - Piracicaba, SP - 13400-970 - E-mail: mtomazel@esalq.usp.br

³Professor Principal da Facultad de Ciencias Forestales da Universidad Nacional Agraria La Molina - Av. La Molina, s/n - La Molina - Peru - E-mail: pazpollito@lamolina.edu.pe

⁴Doutorando em Recursos Florestais pelo Departamento de Ciências Florestais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo - Caixa Postal 9 - Piracicaba, SP - 13400-970 - E-mail: moiseslobao@hotmail.com

populations, as well as, between the tree-ring width and the respective mean density. The X-ray densitometry technique is an important tool in the evaluation of the radial variation of wood apparent density and the delimitation of tree-ring boundaries, with correlations of 0.94 and 0.93 in relation to measurement table, for each sampled population.

Keywords: Mahogany, *Swietenia macrophylla*, Wood anatomy, Tree-rings, Dendrochronology, X-ray densitometry

INTRODUÇÃO

As florestas tropicais amazônicas constituem o bioma mais extenso do Peru, ocupando uma área de aproximadamente 76 milhões de hectares (INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS NATURALES, 2000). É um ecossistema único que abriga uma grande biodiversidade vegetal e animal, tendo sido identificadas 308 espécies de árvores.ha⁻¹ ao longo da bacia amazônica peruana, destacando-se entre as espécies madeireiras de importância econômica o mogno (*Swietenia macrophylla*), o cedro (*Cedrela odorata*) e a cumala (*Virola* sp.), representando 90% do aproveitamento total de madeira no Peru (KALLIOLA *et al.*, 1993). As árvores de *S. macrophylla* ocorrem principalmente nas florestas ombrófilas abertas, florestas semidecíduais e decíduais, nas áreas de transição ecológica e também na floresta ombrófila densa, porém em menor proporção. Sua preferência por áreas onde ocorre uma estação seca definida é notória e relatada por vários pesquisadores (LAMB, 1966; TEREZO, 1999; GROGAN *et al.*, 2002). Inúmeras famílias botânicas de espécies folhosas arbóreas tropicais possuem potencial para a aplicação da análise dos anéis de crescimento, dentre estas a das Meliaceae. Nessa família, o gênero *Swietenia* reúne importantes e fundamentais características para a sua aplicação em dendrocronologia, destacadas na literatura (TOMAZELLO FILHO *et al.*, 2000).

Desde o desenvolvimento da técnica de densitometria de raios X por Polge (1966), permitindo obter os valores de densidade aparente dos lenhos inicial-tardio dos anéis de crescimento, foram publicados inúmeros trabalhos científicos utilizando essa metodologia inovadora (AMARAL e TOMAZELLO FILHO, 1998). Tem sido aplicada para a análise do lenho de espécies arbóreas tropicais (ex.: *Gmelina arborea*, *Cedrelinga catenaeformis*, *Toona ciliata*, *Cedrela odorata*, *Swietenia macrophylla*) para a demarcação e mensuração da largura dos anéis de crescimento, determinação da variação de densidade inter e intra-anéis de crescimento, correlação entre a densidade e precipitação, determinação da anualidade da formação dos anéis de crescimen-

to, modelagem do crescimento em diâmetro do tronco etc. Essas espécies apresentam anéis de crescimento característicos (demarcados pelo parênquima marginal, anel poroso ou semi-poroso, zonas fibrosas com redução do diâmetro e da frequência dos vasos), com os perfis radiais de densidade delimitando os anéis de crescimento, pelos valores mínimos ou máximos de densidade (AKACHUKU, 1981; AKACHUKU, 1984; AKACHUKU, 1985; VETTER e BOTOSSO, 1989; FUJII *et al.*, 1998; TOMAZELLO FILHO *et al.*, 2000; TOMOYUKI *et al.*, 2000).

Pelo exposto, o presente trabalho, teve como objetivo determinar a variação radial da densidade do lenho de árvores de mogno, *Swietenia macrophylla*, da floresta tropical amazônica do Peru, através da densitometria de raios X e avaliar a sua aplicação como metodologia, comparativamente ao método clássico, para a determinação da largura dos anéis de crescimento.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área de estudo

A área de estudo localiza-se na floresta tropical Amazônica peruana, no Departamento de Madre de Dios, na fronteira com os Estados do Acre no Brasil e de Pando na Bolívia, com ocorrência natural de árvores de mogno, em uma densidade populacional de 0,1-1 árvore/ha, (LOMBARDI e HUERTA, 2007) (Figura 1).

As árvores de mogno foram caracterizadas em duas populações, distantes de cerca de 65 km. A População A, correspondente ao "bosque humedo tropical de colina suave", da área para concessão de conservação de "Rodal Semillero Tahuamanu" (11° 6' 25" de latitude Sul; 69° 30' 42" de longitude Oeste), caracterizada pela ocorrência de árvores de mogno em estado natural, de menores diâmetros e, em fase de recuperação, devido à exploração florestal. A População B, correspondente ao "bosque humedo tropical de colina fuerte", da concessão de exploração madeireira da Empresa Madeireira Yaveryja SAC (11° 3' 46" de latitude Sul; 70° 7' 9" de longitude Oeste), caracterizada como floresta primária, encontrando-se árvores de mogno com maiores diâmetros do tronco.

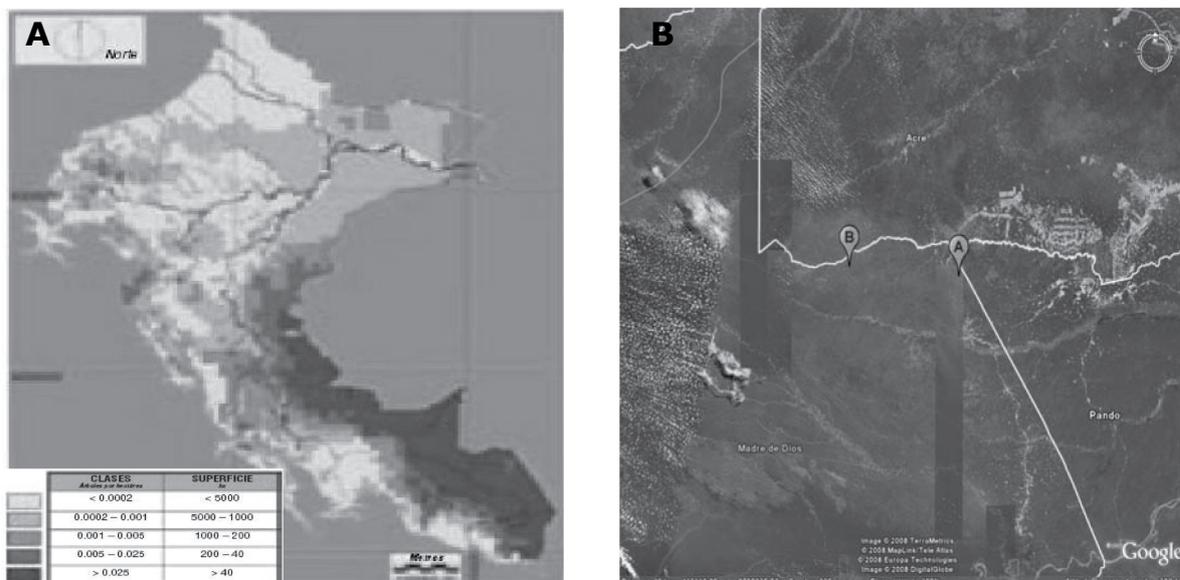


Figura 1. (A) Mapa de densidade populacional e de ocorrência natural de árvores de mogno no Peru (LOMBARDI e HUERTA, 2007); (B) Localização das áreas de estudo A e B no Departamento de Madre de Dios, Peru (GOOGLE EARTH, 2009).

Figure 1. (A) Map of population density and natural occurrence of mahogany trees in Peru (LOMBARDI e HUERTA, 2007); (B) Location of the study areas A and B in Department of Madre de Dios, Peru (GOOGLE EARTH, 2009).

Coleta e extração de amostras do lenho das árvores

As árvores de mogno foram localizadas na floresta amazônica Peruana com auxílio dos mapas de sua ocorrência natural e dos inventários florestais disponibilizados pelas concessões florestais. Foram demarcadas 14 árvores, sendo

sete na População A e sete na População B. Com auxílio da sonda de Pressler (4,3 x 400 mm; diâmetro x comprimento) foram coletadas duas amostras radiais do lenho no DAP do tronco das árvores de mogno, codificadas, acondicionadas em tubos plásticos e transportadas para as análises laboratoriais (Figura 2).

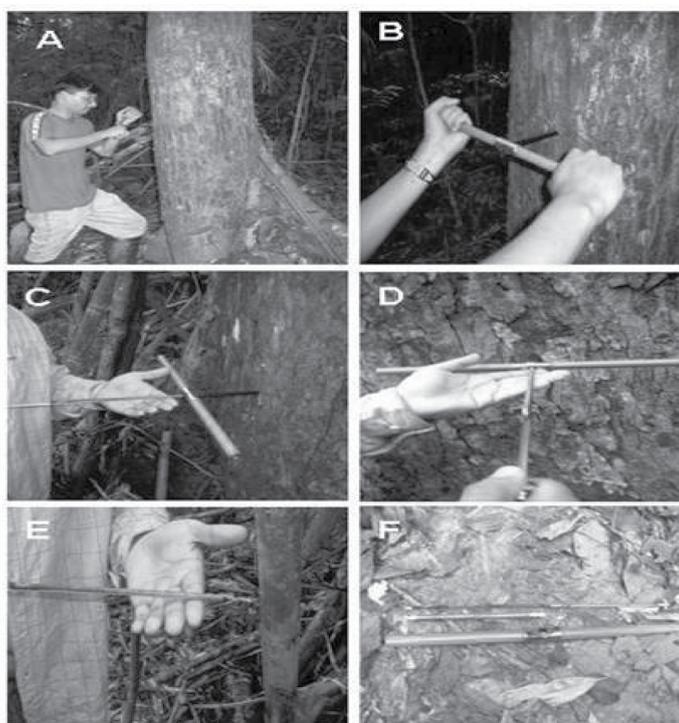


Figura 2. Amostragem não destrutiva do lenho de árvores de mogno com sonda de Pressler. (A) inserção da sonda em orientação perpendicular ao eixo da árvore; (B) introdução da sonda no interior do tronco através de movimento no sentido horário; (C, D) extração da amostra do lenho do tronco com auxílio de espátula; (E) detalhe da amostra do lenho; (F) aspecto da sonda, da amostra de lenho e tubo plástico.

Figure 2. Non-destructive wood extraction of mahogany trees with increment borer. (A) insertion of the borer perpendicular to the tree axis; (B) introduction of the bore into the stem; (C, D) extraction of the wood sample of the stem using an extractor; (E) wood sample characteristics; (F) increment borer, wood sample and plastic tube.

Variação radial da densidade do lenho por densitometria de raios X

As amostras radiais do lenho foram coladas em suporte de madeira e seccionadas no sentido transversal (2,0 mm de espessura) em aparelho de dupla serra circular paralela e depois acondicionadas em câmara de climatização (20°C, 65% UR, 12% de umidade) (Figura 3a,b). As seções transversais do lenho e a cunha de calibração de acetato de celulose (densidade: 1,48 g.cm⁻³) foram dispostas sobre suporte com filme de raios X (Kodak, Diagnostic Film T-Mat, 240x180 mm) (Figura 3c) e irradiadas (5 min, 16 Kv, 3 mA) em equipamento de raios X Hewlett Packard, Faxitron 43805 N (Figura 3d).

Os filmes radiográficos foram revelados em aparelho Macrotec MX-2 (AMARAL e TOMAZELLO FILHO, 1998), digitalizados em scanner Hewlett Packard ScanJet 6100C/T com resolução de 1000 dpi. Na imagem digitalizada foram feitas comparações entre a escala de cinza das amostras do lenho e a curva padrão (valores de densidade: 1,48 g.cm⁻³), determinados os valores de densidade e convertidos para o arquivo tipo DEN, através do software CRAD. O arquivo DEN é lido com o software

CERD, originando um arquivo do tipo PRZ, contendo os valores pontuais de densidade e confeccionados os respectivos gráficos dos perfis radiais de densidade aparente do lenho (Figura 3 e,f) (MOTHE *et al.*, 1998). Os perfis radiais permitem determinar a densidade aparente média, máxima, mínima, bem como o limite dos anéis de crescimento.

Determinação da largura dos anéis de crescimento

As amostras do lenho das árvores de mogno foram coladas em suportes de madeira e sua seção transversal foi polida com lixas de diferentes gramaturas (180, 360, 400 e 600 grãos.polegada⁻²) para o contraste da estrutura anatômica macroscópica e dos anéis de crescimento (Figura 4).

Na seção transversal das amostras do lenho foram demarcados os limites dos anéis de crescimento e determinada a sua largura em mesa de medição Velmex (0,001 mm de precisão) aplicando o programa PJK (HOLMES, 1994) (Figura 4e). O programa gerou um arquivo de dados (extensão RAW) de formato horizontal (séries de crescimento) reconhecido pelos programas utilizados em dendrocronologia.

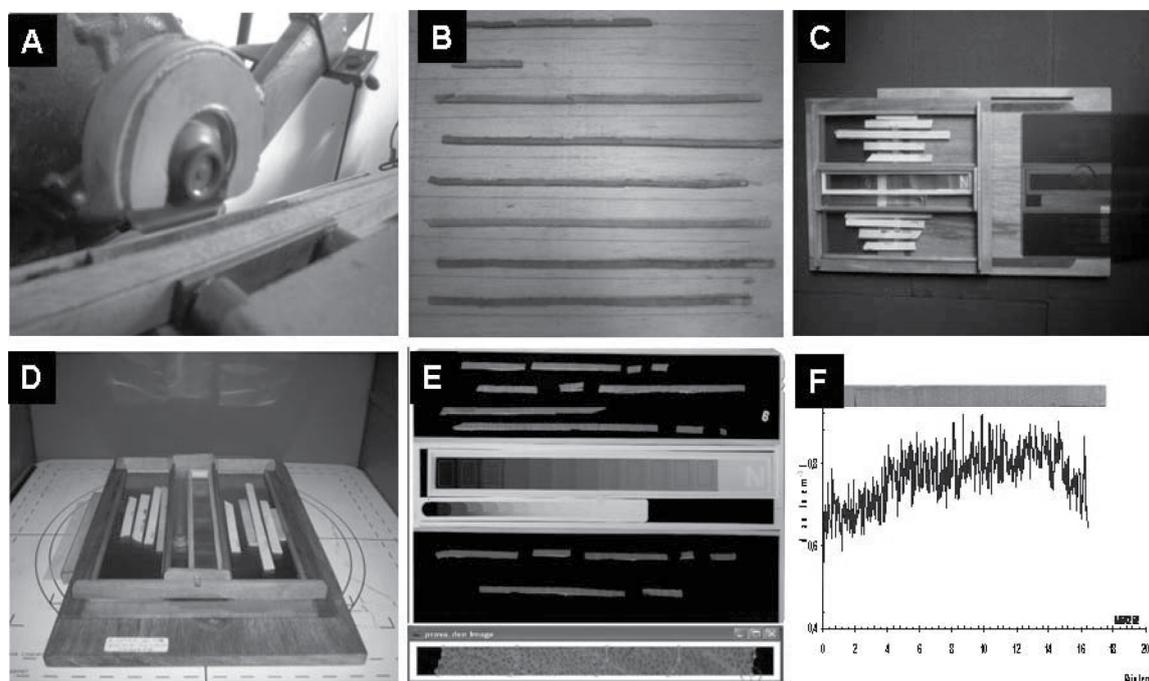


Figura 3. Técnica de densitometria de raios X. (A) corte das amostras do lenho em equipamento de dupla serra; (B) seções transversais das amostras do lenho; (C) suporte com as amostras do lenho e da cunha de calibração sobre o filme radiográfico; (D) câmara de irradiação das amostras do lenho do equipamento de raios X; (E) imagem radiográfica das amostras do lenho e da cunha de calibração e análise nos programas CRAD e CERD; (F) perfil radial da densidade aparente e identificação do cerne e alborno.

Figure 3. X-ray densitometry technique. (A) cutting the wood samples in double blade equipment, (B) cross sections of wood samples; (C) support with wood samples and calibration wedge on radiographic film, (D) irradiation chamber of wood samples of the X-ray equipment; (E) radiographic images of wood samples and calibration wedge calibration and analysis by CRAD and CERD programs; (F) radial wood apparent density profile and identification of the heartwood and sapwood.

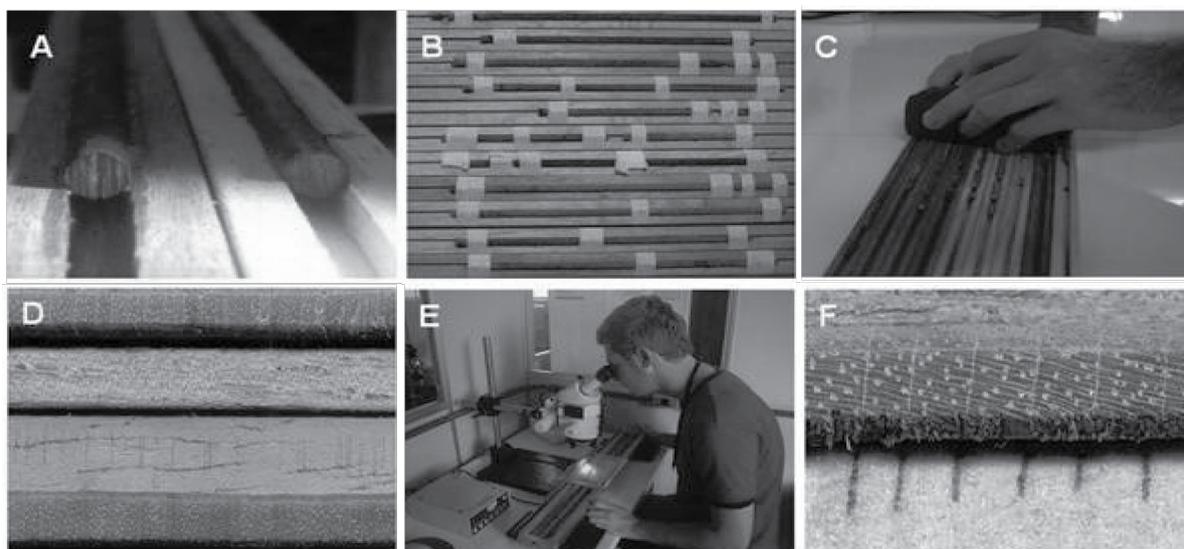


Figura 4. Análise dos anéis de crescimento. (A, B) colagem e identificação das amostras do lenho em suporte de madeira; (C) polimento da seção transversal das amostras de lenho; (D) visualização dos anéis de crescimento; (E, F) demarcação e mensuração da largura dos anéis de crescimento.

Figure 4. Tree-ring analysis. (A,B) wood samples glued and identified on woody support; (C) polishing the wood cross section; (D) visualization of tree-rings; (E, F) demarcation and measurement of tree-ring width.

Análise de regressão e correlação de parâmetros de largura dos anéis de crescimento

A medida da largura dos anéis de crescimento das árvores de mogno, obtida pela mesa de medição Velmex e por densitometria de raios X foi comparada, sendo aplicado o coeficiente de correlação para determinar a precisão das metodologias na mensuração da largura dos anéis de crescimento. Pelo programa "SAS" obteve-se a análise de variância (ANOVA) com a densidade aparente média do lenho das árvores de cada população, em delineamento em blocos ao acaso, para determinar possíveis diferenças face à idade das árvores e das características dos sítios.

A análise de regressão linear determinou o Coeficiente de Correlação (r^2) e seu Índice de Significância para 1 e 5 % ($p < 0,01$ e $p < 0,05$, respectivamente) entre os parâmetros largura e densidade aparente do anel de crescimento e estas em relação a posição do anel de crescimento no sentido radial do lenho.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Variação radial da densidade do lenho

Os perfis radiais de densidade aparente permitem obter informações sobre a qualidade do lenho das árvores de mogno das duas populações. Ocorre um aumento da densidade aparente de lenho no sentido radial, com redução dos seus valores na região próxima

à casca. As árvores de mogno mais longevas apresentam maiores valores de densidade aparente do lenho, pela maior porcentagem de madeira adulta e pela deposição de extrativos nos tecidos do cerne, de sustentação do tronco. Da mesma forma, no alburno, correspondente à região funcional do xilema, em comparação ao cerne periférico, ocorre uma redução da densidade aparente do lenho (Figura 5). Esse modelo de variação foi verificado em árvores de *Eucalyptus* sp. e de *Corymbia citriodora*, com os extrativos e tiloses dos vasos do cerne conferindo maior atenuação aos raios X e, desta forma, um aumento da densidade do lenho, em relação ao alburno, com vasos abertos, funcionais e sem extrativos (TOMAZELLO FILHO *et al.*, 2008).

Os valores de densidade aparente (12% de umidade) média, mínima e máxima do lenho das árvores de mogno da população A e B foram de 0,70, 0,29 e 1,01 g.cm^{-3} e de 0,81, 0,29 e 1,19 g.cm^{-3} , respectivamente (Tabela 1). A análise da variância e o teste de média da densidade aparente do lenho das árvores de mogno das Populações A e B (Tabela 2) indicaram haver diferenças significativas entre as árvores amostradas dentro de cada uma das populações, provavelmente em função dessas árvores apresentarem diferentes idades. No entanto, quando se comparou à média das duas populações não houve diferença significativa entre as densidades médias, máximas e mínimas gerais do lenho das árvores de mogno.

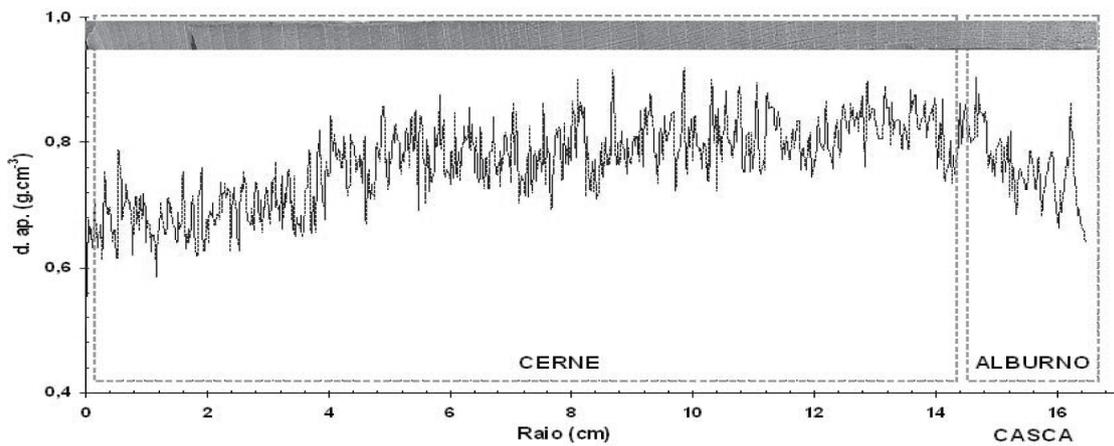


Figura 5. Perfil de densidade aparente no lenho das árvores de mogno. Tendência de crescimento e diferenciação de cerne e alburno no perfil.

Figure 5. Radial wood apparent density profile of mahogany trees. Growth trend and heartwood-sapwood differentiation.

Tabela 1. Densidade aparente média, máxima e mínima do lenho de árvores de mogno das Populações A e B.
Table 1. Mean, maximum and minimum wood apparent density of mahogany trees in Populations A and B.

Amostras	Densidade Média (g.cm ⁻³)	Densidade Máxima (g.cm ⁻³)	Densidade Mínima (g.cm ⁻³)	Desvio Padrão
MRA1R2	0,67	0,91	0,30	0,07
MRA2R1	0,51	0,69	0,25	0,06
MRA2R2	0,76	0,92	0,51	0,07
MRA3R1	0,77	1,14	0,40	0,13
MRA3R2	0,82	1,50	0,28	0,17
MRA4R1	0,77	1,09	0,25	0,12
MRA5R2	0,58	1,18	0,19	0,17
MRA6R2	0,66	0,86	0,34	0,09
MRA7R2	0,61	0,80	0,22	0,05
MÉDIA	0,70	1,01	0,29	0,10

Amostras	Densidade Média (g.cm ⁻³)	Densidade Máxima (g.cm ⁻³)	Densidade Mínima (g.cm ⁻³)	Desvio Padrão
MJA1R2	0,59	0,80	0,42	0,07
MJA3R1	1,01	1,50	0,49	0,14
MJA3R2	0,77	1,12	0,09	0,14
MJA4R1	0,93	1,21	0,23	0,11
MJA4R2	0,82	1,04	0,21	0,12
MJA5R1	0,77	1,12	0,21	0,12
MJA7R2	0,60	0,88	0,27	0,08
MJA9R2	1,01	1,57	0,46	0,13
MEA1	0,75	1,48	0,25	0,30
MEDIA	0,81	1,19	0,29	0,13

Tabela 2. Análise de variância e teste de médias de densidade aparente do lenho no sentido radial das amostras do lenho das árvores de mogno das Populações A e B.

Table 2. Variance analysis and mean test of wood apparent density in the radial direction of mahogany trees wood samples of the Populations A and B.

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	4	0,707	0,177	52,92**
Resíduo	45		0,150	0,003
Total	49	0,858		

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	4	1,649	0,412	152,77**
Resíduo	45		0,121	0,003
Total	49	1,770		

Médias de Tratamento	
1	0,628 b
2	0,507 c
3	0,873 a
4	0,632 b
5	0,678 b

Médias de Tratamento	
1	0,417 d
2	0,733 b
3	0,728 b
4	0,564 c
5	0,958 a

** significativo ao nível de 1% ($p \leq 0.01$), * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0.01 \leq p \leq 0.05$) e ns não significativo ($p \geq 0.05$); médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

** Significant at 1% ($p < 0.01$), * significant at 5% level of probability ($0.01 \leq p \leq 0.05$) and ns not significant ($p \geq 0.05$). Means followed by same letter do not differ statistically. Tukey test at 5% level of probability was applied.

Demarcação e avaliação da largura dos anéis de crescimento

O perfil radial de densidade aparente do lenho das árvores de mogno é característico e mostra uma redução dos valores de densidade coincidente com a demarcação dos limites dos anéis de crescimento, em função da presença do parênquima longitudinal marginal e de vasos de porosidade semi-difusa. A composição anatômica das células de parede fina, maior largura e diâmetro do lume do parênquima e dos vasos em porosidade difusa induzem uma menor atenuação dos raios X, durante o processo de irradiação das amostras do lenho e, conseqüente, redução da densidade do lenho (Figura 6).

A demarcação dos anéis de crescimento no lenho das árvores de mogno, através do perfil radial de densidade, pode apresentar um maior grau de precisão quando comparada com a imagem da respectiva seção transversal polida, pela visualização e correspondência dos anéis de crescimento. Essa metodologia de delimitação dos anéis de crescimento foi aplicada por vários autores (FUJII *et al.*, 1998; TOMAZELLO FILHO *et al.*, 2000) para o lenho de árvores de diferentes espécies florestais, como a *Toona ciliata* e a *Cedrela odorata*, que apresentaram quedas no perfil densitométrico devido à presença de parênquima marginal e do anel semi-poroso (seqüência de vasos no lenho inicial).

A correlação da largura dos anéis de crescimento obtida através do perfil de densidade

do lenho e da mesa de medição, através da aplicação da análise de regressão, apresentou um coeficiente de determinação para as árvores da População A de $r^2 = 0,9371$ e $p < 0,05$ e para as da População B de $r^2 = 0,9277$ e $p < 0,05$, sendo altamente significativos (Figura 7). Desta maneira, a densitometria de raios X constitui-se em uma importante metodologia para a determinação exata dos limites dos anéis de crescimento e na identificação da presença de anéis de crescimento falsos, como potencial para a aplicação em estudos dendrocronológicos.

Por outro lado, não houve correlação significativa entre a largura dos anéis de crescimento e os respectivos valores de densidade média aparente do lenho para as árvores de mogno da População A ($r^2 = 0,0518$; $p = 0,112$) e População B ($r^2 = 0,0226$; $p = 0,2916$) (Figura 7). Para as árvores de mogno, a variável resposta da densidade aparente do lenho do anel de crescimento é independente da largura do respectivo anel de crescimento. Os valores de densidade aparente do lenho/anel de crescimento apresentam-se muito dispersos, sem uma clara tendência e visualizado graficamente pelo valor baixo de r^2 . Foram testadas, também, regressões de 2º ($r^2 = 0,0365$ e $p = 0,1616$) e de 3º ($r^2 = 0,0411$ e $p = 0,2509$), obtendo-se o mesmo resultado. A inexistência de correlação entre a densidade aparente do lenho e a largura dos anéis de crescimento em árvores de *Araucaria columnaris* foi obtida, da mesma forma, por Medeiros (2005).

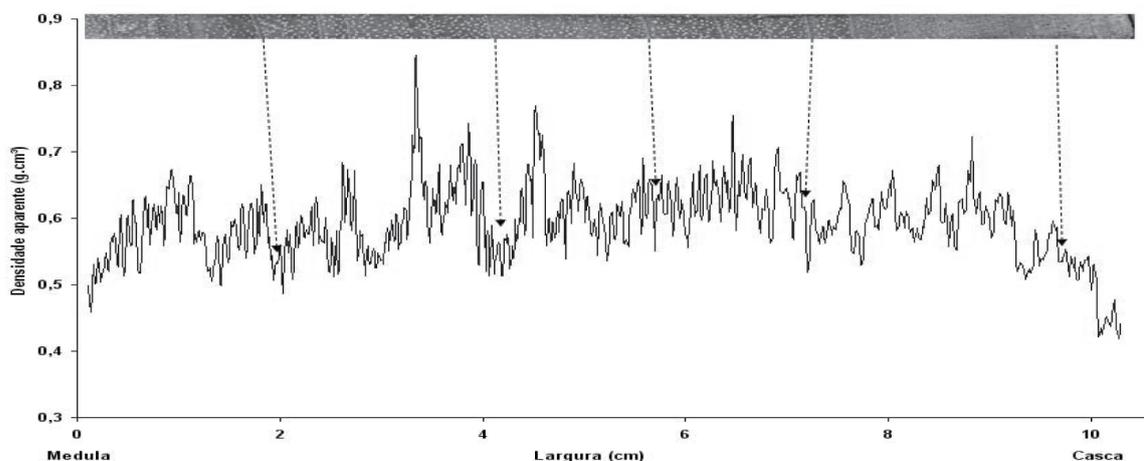


Figura 6. Regressão linear da largura dos anéis de crescimento determinada pela mesa de mensuração e pela metodologia de densitometria de raios X nas populações de árvores de mogno (superior), relação entre a densidade aparente média e a largura dos anéis de crescimento. A linha contínua mostra a tendência dos dados.

Figure 6. Linear regression of tree-ring width determined by the measurement table and X-ray densitometry in mahogany tree populations (top); the relationship between mean wood apparent density and tree-ring width. The continuous line indicates data trend.

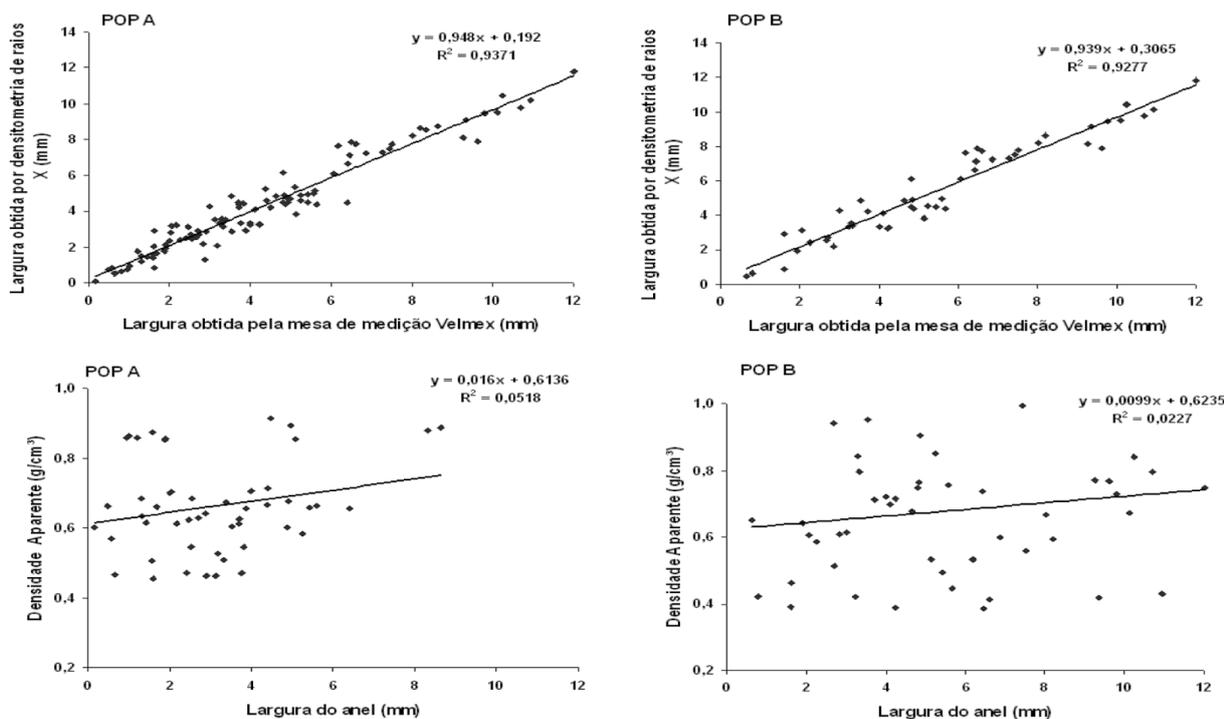


Figura 7. Regressão linear da largura dos anéis de crescimento determinada pela mesa de mensuração e pela metodologia de densitometria de raios X em ambas as populações (superior), relação entre a densidade aparente média g.cm^{-3} e a largura (mm) das camadas de crescimento. A linha contínua mostra a tendência dos dados.

Figure 7. Linear regression of growth width rings determined by the measurement table and the methodology of X-ray densitometry in both populations (top); relationship between mean apparent density in g.cm^{-3} width (mm) of growth layers. The continuous line shows data trend.

CONCLUSÕES

Os resultados do presente trabalho permitem concluir que:

A densitometria de raios X, comparada com o método clássico de mesa de medição, possibilitou a identificação e a demarcação dos limites dos anéis de crescimento do lenho das árvores de mogno, mostrando ser importante metodologia para os estudos dendrocronológicos;

As variações de densidade intra e inter-anéis de crescimento e no sentido radial das amostras do lenho são indicativas de sua qualidade;

As árvores de mogno dentro das populações mostraram diferenças significativas para a densidade média do lenho;

A densidade média do lenho das árvores de cada população não mostrou variação significativa;

As regiões do cerne e do alburno podem ser diferenciadas através do perfil densitométrico;

Não houve correlação entre a densidade aparente do lenho e a correspondente largura do anel de crescimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AKACHUKU, J. Estimation of volume and weight growth in *Gmelina arborea* with X ray. In: FOREST RESOURCE INVENTORY, GROWTH MODELS, MANAGEMENT PLANNING AND REMOTE SENSING, 1981, Orono. **Proceedings...** Orono: University of Maine; The Plate Tree Institute of the School of Forest Resources, 1981. p.105-113.
- AKACHUKU, J. Intra annual variation in wood density in *Gmelina arborea* from X-ray densitometry and its relations with rainfall. **Tree Ring Bulletin**, Tucson, v.45, p.43-45, 1985.
- AKACHUKU, J. The possibility of tree selection and breeding for genetic improvement of wood properties of *Gmelina arborea*. **Forest Science**, Madison, v.30, n. 2, p.275-283, 1984.
- AMARAL, A.C.B.; TOMAZELLO FILHO, M. Avaliação das características dos anéis de crescimento de *Pinus taeda* através de microdensitometria de raios X. **Revista Ciência e Tecnologia**, Piracicaba, v.11/12, n.6, p.17-23, 1998.

- FUJII, T.; MARSOEM, S.N.; FUJIWARA, T. Annual growth rings in mahogany - *Swietenia macrophylla* - grown in Java. **IAWA Journal**, Leiden, v.19, n.4, p.256-264, 1998.
- GROGAN, J.; BARRETO, P.; VERÍSSIMO, A. **Mogno na Amazônia Brasileira: ecologia e perspectivas de manejo**. Belém: Imazon, 2002. 40p.
- HOLMES, R.L. **Dendrochronology: program manual**. Tucson: Laboratory of Tree-Ring Research, 1994. 40 p.
- INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS NATURALES. **Mapa de forestal del Peru**. Lima: INRENA, 2000. 1 mapa. Escala 1:100.000.
- KALLIOLA, R.; PUHAKKA, M.; DANJOY, W. **Amazonia peruana: vegetación húmeda tropical en el llano subandino - Proyecto Amazonía de la Universidad de Turku y Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales**. Jyväskylä, 1993. p. 9-21.
- LAMB, F.B. **Mahogany of tropical America: its ecology and management**. Ann Arbor: University of Michigan Press, 1966. 220p.
- LOMBARDI, I.; HUERTA, P. Monitoring mahogany. In: INTERNATIONAL TROPICAL TIMBER ORGANIZATION. **Tropical forest update ITTO**. Yokohama: International Organizations Center, 2007. p.5-9.
- MEDEIROS, J.G.S. **Anéis de crescimento de árvores de *Araucaria columnis* Hook.: caracterização anatômica, densitométrica e aplicação no monitoramento ambiental**. 2005. 85p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.
- MOTHE, F.; DUCHANOIS, G.; ZANNIER, B.; LEBAN, J.M. Microdensitometric analysis of wood samples: data computation method used at Inra-ERQB (Cerd Program). **Annales des Sciences Forestières**, Paris, v.55, n.3, p.301-313, 1998.
- POLGE, H. Établissement des courbes de variation de la densité du bois par exploration densitométrique de radiographies d'échantillons prélevés à la tarière de sur des arbres vivants : application dans les domaines technologique et physiologique. **Annales des Sciences Forestières**, Paris, v.23, n.1, p.1-206, 1966.
- TEREZO, F.M. **Status do mogno (*Swietenia macrophylla*, King) na Amazônia Brasileira**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 1999. 32p. (Documento de Trabalho, 16).
- TOMAZELLO FILHO, M.; BOTOSSO, P.C.; LISI, C. Potencialidade da família Meliaceae para estudos dendrocronologia em regiões tropicais e subtropicais. In: ROIG, F.A. (Comp.). **Dendrocronología en América Latina**. Mendoza: Editorial de la Universidad Nacional de Cuyo, 2000. p.381-434.
- TOMAZELLO FILHO, M.; BRAZOLIN, S.; CHAGAS, M.P.; OLIVEIRA, J.T.S.; BALLARIN, A.W. Application of X-ray technique in nondestructive evaluation of eucalypt wood. **Maderas: Ciencia y Tecnología**, Concepción, v.10, n.2, p.139-149, 2008.
- TOMOYUKI, F.; NUGROHO, S.; FUJIWARA, T. Annual growth rings of mahogany (*Swietenia macrophylla*) growing in Central Java. In: KIM, Y.S (Ed.). **New horizons in wood anatomy**. Korea: Chonnam National University Press, 2000. p.256- 264.
- VETTER, R.E.; BOTOSSO, P.C. Remarks on age and growth rate determination of Amazonian trees. **IAWA Bulletin**, Leiden, v.10, n.2, p.133-145, 1989.

Recebido em 20/02/2009

Aceito para publicação em 22/03/2010

