Silva Lusitana ***19****(2): 221 - 232, 2011*
© UISPF, L-INIA, Oeiras. Portugal

Propriedades Mecânicas e Densidade Aparente da Madeira de *Tectona grandis* Linn. F. (Teca) em Função do Espaçamento e da Posição Radial na Tora

Israel Luiz de Lima*, Marcos Manzano Pimentel e José Nivaldo Garcia*****

*Pesquisador Científico
Instituto Florestal do Estado de São Paulo. Divisão de Dasonomia. Rua do Horto, 931, São Paulo, SP, CEP-023777-000, BRASIL
**Engenheiro Agrónomo
***Professor Livre-Docente
Universidade de São Paulo. Departamento de Ciências Florestais da ESALQ. Caixa Postal 9, Piracicaba, SP, 124000-970, BRASIL

Sumário. O espaçamento ideal entre árvores onde se obtém uma maior proporção de madeira e melhor qualidade é uma das questões a serem consideradas nas pesquisas de manejo florestal de *Tectona grandis* (teca) que se vem destacando pela produtividade e qualidade de sua madeira. Este trabalho teve como objetivo verificar a influência do espaçamento em algumas propriedades mecânicas e densidade aparente da madeira de *Tectona grandis,* aos 32 anos de idade, e a variabilidade radial dessas propriedades. O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados com cinco repetições em esquema fatorial 3 x 3 (espaçamento x posição radial na tora da árvore) sendo três espaçamentos (3 x 1,5; 3 x 2,0 e 3 x 2,5m) e três posições radiais (medula; intermediária e casca). A amostragem foi composta por 15 árvores de diâmetro superior em populações na região de "Pederneiras, SP, Brasil". De acordo com os resultados obtidos, pode-se concluir que o espaçamento das árvores não influenciou significativamente nas propriedades mecânicas e densidade aparente. Pode-se, então, inferir que espaçamentos maiores podem produzir um maior volume de madeira por unidade de área, sem prejuízo para as propriedades mecânicas e densidade aparente. Ocorreu também um aumento no sentido da medula à casca para todas as propriedades estudadas.
Palavras-chave: Manejo florestal; propriedades da madeira; resistência

Mechanical Properties and Specific Gravity of the Wood of *Tectona grandis* Linn. F. (teack) According to the Spacing and the Radial Position in the Log

Abstract. The ideal spacing between trees in order to obtain higher proportion and better quality of wood is one of the issues to be considered in research on forest management of *Tectona grandis* (teak), which is characterized by the productivity and quality of its wood. This study aimed to investigate the influence of spacing on some mechanical properties and wood density of *Tectona grandis*, with 32 years old, and the radial variability of these properties. The experimental design used was randomized blocks with five replications in factorial scheme 3x3 (spacing x the radial position in the log) being three spacings (3 x 1.5; 3 x 2.0 and 3 x 2.5m) and three radial positions (pith, intermediate and bark). The sample was composed of 15 trees with

1º Autor E-mail: israelluizde.lima@yahoo.com.br

the greater diameter in populations in the region of Pederneiras, SP, Brazil. According to the results, it could be concluded that the spacing of the trees did not significantly influence the mechanical properties and density. Larger spacing can produce a greater volume of wood per unit area, without affecting the mechanical properties and specific gravity. An increase towards the pith-bark direction also occurred in all the studied properties.
Key words: Forest management; wood properties; strength

Propriétés Mécaniques et Densité Apparente du Bois de *Tectona grandis* Linn. F. (teack) en Raison de l'Espacement et de la Position Radiale dans le Grume

Résumé. L'espacement idéal pour obtenir le bois de meilleure qualité et plus haut rendement est l'une des questions à considérer dans les recherches sur l'aménagement forestier de *Tectona grandis* (teck). Cela a été mis en évidence dû à la productivité et la qualité de son bois. Le bût de cet étude a été de vérifier l'influence de l'espacement sur certaines propriétés mécaniques et sur la densité apparente du bois de *Tectona grandis* à l'âge de 32 ans, et la variabilité radiale de ces propriétés. Le dispositif expérimental utilisé a été celui de blocs aléatoires avec cinq répétitions, schéma factorielle de 3 x 3 (espacement x position radiale dans le grume de l'arbre) dont trois espacements (3 x 1,5; 3 x 2 et 3 x 2,5m) et trois positions radiales (moelle, intermédiaire et écorce). L'échantillonnage a été composé par 15 arbres de diamètres supérieurs, choisis dans les peuplements de la région de Pederneiras, SP, Brasil. Selon les résultats obtenus on peut conclure que l'espacement des arbres n'a pas significativement influencé les propriétés mécaniques et la densité apparente. L'élargissement de l'espacement peut produire un plus grand volume de bois par unité de surface, sans affecter les propriétés mécaniques et la densité apparente. On a également remarqué une augmentation de toutes les propriétés étudiées, dans le sens de la moelle vers l'écorce.
Mots clés: Aménagement des forêts; propriétés du bois; résistance mécanique

Introdução

Atualmente as indústrias madeireiras, no Brasil, utilizam em grande escala toras de árvores do género *Pinus* e *Eucalyptus*, para processamento mecânico. Entretanto, o reflorestamento com *Tectona grandis,* (teca) surge como uma boa alternativa de investimento, visto que esta espécie vem se destacando pela produtividade e qualidade de sua madeira. O Brasil é considerado um grande potencial de consumo e de produção desta madeira.

De acordo com RAMOS *et al.* (2008), a madeira de teca é utilizada para as mais diversas finalidades: móveis finos, esquadrias de alto padrão, pisos, embarcações, decoração, construção naval, laminação e compensados. A teca também pode ser utilizada como lenha e carvão vegetal, porém somente para as áreas de ocorrência natural. A madeira é considerada nobre, de excelente qualidade, é valorizada pela beleza, resistência e durabilidade e tem grande procura no mercado mundial, podendo alcançar preços até três vezes superiores aos do *Swietenia macrophylla* (mogno). A madeira de teca possui um alburno estreito e claro, bem distinto do cerne, cuja cor é castanha viva e brilhante.

A média da densidade aparente da teca é 650 $kg.m^{-3}$ e, apesar de ser leve, apresenta resistência que é considerada boa, semelhante ao mogno brasileiro (*S. macrophylla*), sua madeira é estável e sob mudança de umidade praticamente não empena durante a secagem. A durabilidade do cerne deve-se a tectoquinona, um extrativo contido nas células da madeira (LAMPRECHT, 1990 e LORENZI

et al., 2003).

Em floresta de teca em Mato Grosso, na região de Cáceres, as árvores alcançam grandes dimensões num ciclo de 25 a 30 anos, e são aptas a produzirem madeira para serraria de ótima qualidade (MACEDO *et al*., 1999).

Uma característica importante na utilização da madeira de teca é a proporção de cerne que é altamente correlacionada com o crescimento da árvore, podendo, então ser obtido um alto rendimento do cerne por meio de adubação intensiva ou controle do espaçamento de plantio (MOYA e PEREZ, 2008).

Os espaçamentos mais utilizados no plantio da teca, especialmente no estado do Mato Grosso, são os de 3,0 x 3,0m ou 3,0 x 2,0m (RONDON NETO *et al*., 1998). O espaçamento para a teca é dependente, principalmente, do tipo de produto que se espera obter (madeira serrada, lenha, carvão vegetal ou painéis à base de madeira) e também da declividade do terreno. Nesse sentido, os espaçamentos variam de 1,5 x 1,5m até 3,0 x 6,0m (CHAVES e FONSECA, 1991).

Segundo MALAN e HOON (1992), o controle da densidade de plantio, através do espaçamento inicial ou desbaste ou a combinação de ambos, são práticas silviculturais que podem influenciar fortemente o crescimento e a formação da madeira. Os espaçamentos iniciais mais utilizados operacionalmente têm pouca influência nas propriedades das madeiras de folhosas (ZOBEL e BUIJTENEN, 1989). Isto foi comprovado no trabalho de BRASIL e FERREIRA (1971) em um estudo de densidade da madeira de *Eucalyptus alba*, *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus grandis*. Resultados semelhantes foram obtidos por GOULART *et al*. (2003) para *E. grandis* e CARVALHO e CARVALHO (2002) para *Bagassa guianensis* (tatajuba). Porém, GARCIA *et al*. (1991) observam uma tendência de diminuição da densidade básica da madeira de *E. grandis e E. saligna* com o aumento do espaçamento. PÉREZ e KANNINEN (2005) verificaram para *T. grandis,* que variações na combinação entre intensidade e época de aplicação de desbaste afetaram negativamente o relacionamento entre a densidade básica da madeira e a densidade populacional. ROQUE e LEDEZMA (2003), em um estudo com populações de *T. grandis*, de 10 anos de idade verificaram que o espaçamento (6 x 2m) influenciou de forma significativamente diferente do espaçamento (3 x 3m) a densidade básica da madeira. HASELEIN *et al*. (2002) verificaram aumento na densidade aparente, no módulo de resistência à flexão estática e no módulo de elasticidade na flexão estática em função do aumento do espaçamento em uma população clonal de *E. saligna,* de 10 anos de idade.

De acordo com HARRIS (1981), o crescimento mais rápido da população decorrente de espaçamentos mais amplos, tanto em coníferas quanto em folhosas pode ocasionar diminuição da densidade e da resistência da madeira, além de aumentar o gradiente na direção medula-casca. Isso foi verificado por MALAN e HOON (1992), que estudaram o efeito do desbaste em uma população de *E. grandis* de 34 anos, testando diferentes séries de intensidade de desbastes. Concluíram que os desbastes gradativos reduziram o gradiente de variação medula-casca da densidade básica, demonstrando que é possível conseguir uma madeira mais homogénea por meio da prática de desbastes, ou seja, alterando o espaçamento inicial da

população de maneira gradativa.

As propriedades físicas e mecânicas variam mais acentuadamente no sentido medula-casca, do que no sentido da base para o topo das árvores, mostrando que é importante o conhecimento das variações radiais da qualidade de madeira (CRUZ *et al.,* 2003). De acordo com MALAN (1995), ocorre uma grande variação das propriedades das madeiras no sentido medula-casca, cuja extensão é determinada, principalmente, pela presença de madeira juvenil e a sua proporção no tronco das árvores.

O objetivo deste estudo foi verificar a influência do espaçamento na variabilidade radial de algumas propriedades mecânica e da densidade aparente da madeira de *Tectona grandis.*

Material e métodos

O experimento de silvicultura de onde foram extraídas as árvores de *Tectona grandis* para o presente estudo foi instalado na Floresta Estadual Pederneiras, do Instituto Florestal em 1975, SP, Brasil. Esta localidade apresenta latitude de 22°22'S e longitude de 40°44'W, altitude de 500m e precipitação média anual de 1.112mm. O solo é do tipo Latossolo Vermelho Escuro, e o clima do tipo Cwa de inverno seco, conforme classificação de Köppen (VENTURA *et al.,* 1965/66). O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com cinco repetições, sendo constituídos por três tratamentos de espaçamento de plantio (3 x 1,5; 3 x 2 e 3 x 2,5m). As parcelas experimentais apresentam tamanho variável de 112,5m², 168m² e 202,5m², compostas por 25, 28 e 27 plantas úteis/repetição, correspondentes aos respectivos tratamentos citados.

As amostras de madeira foram coletadas de cinco árvores de cada espaçamento, sendo apenas uma de cada bloco, pertencentes à classe de DAP superior do experimento que foi definida por um inventário florestal exploratório. De cada árvore selecionada, foi utilizada apenas a primeira tora de 3m de comprimento. As toras retiradas foram transportadas para a serraria e de cada tora foi retirada uma prancha central com espessura de 4 cm. Após secagem ao ar foram retiradas de um dos lados aleatoriamente escolhido de cada prancha, três sarrafos de 2 x 2 x 50cm, de forma representar as posições (medula, intermediária e casca) do raio da prancha (Figura 1). De cada sarrafo foram retirados corpos de prova para os ensaios de resistência à compressão paralela às fibras (f_{c0}), resistência ao cisalhamento paralelo as fibras (f_{v0}), módulo de resistência à flexão estática (f_M), módulo de elasticidade na flexão estática (E_{M0}) e densidade aparente (ρ_{ap}).

Devido às limitações impostas pelo diâmetro das toras e de defeitos visíveis nas pranchas de madeira, os corpos de prova foram confeccionados com dimensões menores do que as especificadas na norma NBR 7190/1997, que foi adotada como diretriz para determinações das propriedades mecânicas e densidade aparente. Todos os 45 corpos de prova utilizados na obtenção de cada variável tiveram uma dimensão fixa de 2cm limitada pela dimensão de um dos lados da seção transversal dos sarrafos, de onde foram retirados. Para as demais dimensões foram tomados os valores mais tradicionais possíveis. As propriedades mecânicas foram determinadas em Laboratório de Ensaios Mecânicos de Madeira, as amostras utilizadas estavam com teor de umidade de 15%.

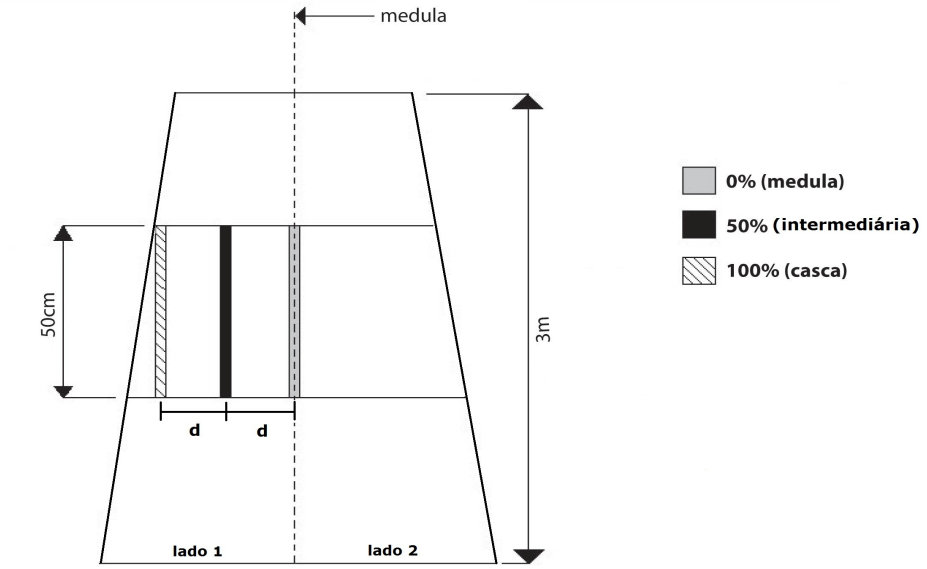


Figura 1 - Prancha central representando as posições radiais de retirada dos corpos de prova para estudo da variabilidade radial onde a distância "d" variou de 5,25 a 6,25 cm em função do diâmetro da tora

Densidade aparente (ρ_{ap})

Foram obtidos corpos de prova de 2 x 2 x 3cm, obtidos dos sarrafos de cada repetição de diferentes posições do tronco. Essas amostras foram secas em ambiente com temperatura normalizada, até atingirem aproximadamente 15% de umidade. Nas amostras foram medidas suas dimensões com paquímetro digital com sensibilidade de 0,01 cm e a massa do corpo de prova foi obtida em balança semi-analítica com sensibilidade de 0,01g (ABNT, 1940).

Resistência à compressão paralela às fibras (f_{c0})

Foram utilizados corpos de prova de 2 x 2 x 3cm, obtidos de cada sarrafo. Os ensaios foram realizados em uma máquina universal de ensaio (ABNT, 1940). Foi utilizada a mesma taxa de aplicação de tensão (taxa de carregamento da norma NBR 7190) que é de 10 MPa/min e, portanto, já considerada a área de carregamento.

Resistência ao cisalhamento tangencial aos anéis de crescimento (f_{v0})

Para este ensaio foram utilizados corpos de prova com dimensões nominais de 2 x 2 x 3cm, com 5cm² de área de cisalhamento. Um lado da área cisalhada foi de 2cm, imposta pela dimensão da seção do sarrafo. O lado 2 foi o maior possível entre o valor do lado 1 e o valor crítico a partir do qual ocorre compressão na área da placa cisalhante, ao invés do cisalhamento da amostra, o valor adotado foi de 2,5cm. A velocidade

de aplicação de carga foi de 2,5 MPa/min (N/mm²/min), portanto o que variou em relação à norma foi a taxa de aplicação da carga, mas a taxa de aplicação da tensão foi a especificada na norma.

Módulo de resistência à flexão estática (f_M) e Módulo de elasticidade à flexão estática (E_{M0})

Nestes testes foram utilizados corpos de prova de 2 x 2 x 35cm, retirados de cada sarrafo. Os corpos de prova foram secos à temperatura ambiente até atingirem a umidade de 15%. Os ensaios foram conduzidos em uma máquina universal de ensaio com velocidade de aplicação de carga de 10 MPa/min. Foi utilizada uma combinação da norma MB 26 e a ASTM D143 – 94, ou seja, com dimensões (b x h) de 2 x 2cm para seção transversal e 30cm de vão livre (L) redundando na relação L/h igual a 15. Essa relação está acima da atualmente recomendada pela ASTM 143-09 para a determinação do módulo de elasticidade na flexão estática que é de 14.

As hipóteses testadas foram: a) O espaçamento das árvores não influencia nas propriedades mecânicas e densidade aparente da madeira de *T. grandis*; b) Não existem variações nas propriedades mecânicas e na densidade aparente ao longo do raio das toras de *T. grandis*.

O modelo matemático adotado para avaliação das propriedades obtidas foi:

$$\gamma_{ijl} = \mu + A_i + B_j + C_l + AB_{ij} + \varepsilon_{ijl}$$

com i = 1,2,3; j=1,2,3; l= 1,...5, em que:

γ_{ijl} = é o valor observado para o i-ésimo espaçamento, na j-ésima posição radial, no bloco l;

μ = constante inerente a todas as observações;

A_i = é o efeito do i-ésimo espaçamento;

B_j = é o efeito da j-ésima posição radial;

AB_{ij} = é o efeito da interação entre espaçamento e posição radial;

C_l = é o efeito do l-ésimo bloco;

ε_{ijl} = é o erro experimental, tal que $\varepsilon_{ijl} \cap N(0, \sigma^2)$.

Os dados obtidos das variáveis foram analisados estatisticamente com o auxílio do procedimento estatístico PROC GLM do programa estatístico SAS (SAS, 1999).

Resultados e discussão

No Quadro 1 estão representados os resultados do inventário das populações em estudo.

O Quadro 2 apresenta um resumo da análise de variância das propriedades: densidade aparente (ρ_{ap}), resistência à compressão paralela às fibras (f_{c0}), resistência ao cisalhamento paralela às fibras (f_{v0}), módulo de resistência à flexão estática (f_M) e módulo de elasticidade na flexão estática (E_{M0}).

De acordo com o Quadro 2 a densidade aparente média observada (0,64 g.cm^{-3}) foi menor do que a verificada por MOYA *et al.* (2009) em uma população de *T. grandis* de 13 anos na Costa Rica que obteve valor médio de 0,71 g.cm^{-3}. Os valores médios obtidos para resistência à compressão paralela às fibras (46 MPa), módulo de resistência à flexão estática (102 MPa) e módulo de elasticidade na flexão estática (11774 MPa) foram maiores do que o observado por GUTIÉRREZ *et al.* (2008) que obtiveram (42 MPa; 83 MPa e 10655 MPa) respectivamente, para *T. grandis* de 22 anos de idade e (38 MPa; 75 MPa e 9344 MPa) para *T. grandis* de 18 anos.

Quadro 1 - Valores médios dos DAPs, alturas totais e desvio padrão das árvores amostradas nas populações de *Tectona grandis* de 32 anos de idade

Espaçamento (m)	$DAP_{médio}$ (cm)	Altura $total_{média}$ (m)
3 x 1,5	21 ± 2,04	19 ± 1,48
3 x 2,0	23 ± 2,25	19 ± 1,64
3 x 2,5	25 ± 2,77	20 ± 1,37

Quadro 2 - Resumo da análise de variância para densidade aparente (ρ_{ap}), resistência à compressão paralela às fibras (f_{c0}), resistência ao cisalhamento paralela às fibras (f_{v0}), módulo de resistência à flexão estática (f_M) e módulo de elasticidade na flexão estática (E_{M0}) da madeira de *Tectona grandis* de 32 anos de idade

		Quadrado médio				
Fonte de Variação	**GL**	ρ_{ap} ($g.cm^{-3}$)	f_{c0} (MPa)	f_{v0} (MPa)	f_M (MPa)	E_{M0} (MPa)
Bloco	4	0,0079	67,83	2,64	349,98	4207072
Espaçamento (E)	2	0,0019 n.s	2,09 n.s.	0,21 n.s.	68,37 n.s.	1803395 n.s.
Posição radial (P)	2	0,0039 **	80,78 **	7,18 **	470,42**	14039134**
E x P	4	0,0005 n.s.	6,30 n.s.	2,05 n.s.	96,77 n.s.	865395 n.s.
Erro	32	0,0006	13,22	1,40	67,06	2835798
CV_{exp} (%)		4,00	7,75	10,34	8,01	14,30
Media		0,64	46,93	11,43	102,20	11774,54

n.s. – não significativo; **P ≤ 1% e CV_{exp} = coeficiente de variação experimental

Pôde-se verificar que tanto para as propriedades mecânicas quanto para a densidade aparente não ocorreram diferenças significativas entre os espaçamentos utilizados (Quadro 2). A densidade aparente e as propriedades mecânicas apresentaram diferenças significativas, na variação radial na tora (Quadro 2).

Foi verificado que não ocorreu nenhuma tendência de aumento ou diminuição significativa das propriedades mecânicas e densidade aparente em função do aumento do espaçamento de T. grandis de 32 anos de idade (Figura 2). Uma das possíveis razões, da não influência dos espaçamentos utilizados, seria o fato dos mesmos implicarem em densidades populacionais muito próximas entre si (2222; 1666 e 1333 arv/ha), que não foram suficientes para influenciar significativamente nas propriedades estudadas.

Considerando-se que espaçamentos maiores podem produzir um maior volume de madeira por unidade de área, pode-se, então, utilizar os espaçamentos maiores sem prejuízo para essas propriedades. Resultado semelhante foi verificado por BRASIL e FERREIRA (1971), em um estudo de densidade da madeira de *E. alba*, *E. saligna* e *E. grandis*, em função dos espaçamentos (3 x 1,5 e 3 x 2m). GOULART *et al*. (2003) verificaram para *E. grandis* que a densidade básica não foi influenciada pelos espaçamentos (1 x 1; 1 x 1,5; 2 x 1; 2 x 1,5; 2 x 2; 2 x 2,5; 2,5 x 1,5; 2,5 x 2,5; 3 x 2; 3 x 2,5; 3 x 3 e 3 x 4m). CARVALHO e CARVALHO (2002), utilizando os espaçamentos (3 x 2; 3 x 3; 3

x 4 e 4 x 4m) para *Bagassa guianensis* (tatajuba), também observaram que a densidade básica não foi influenciada pelo espaçamento. PÉREZ e KANNIEN (2005), comparando várias intensidades e épocas de realização de desbastes em populações de *T. grandis,* na Costa Rica verificaram maiores valores de densidade básica em populações que sofreram intensidades de desbastes menores. Porém, GARCIA *et al.* (1981) observam uma tendência de diminuição da densidade básica da madeira de *E. grandis e E. saligna* com o aumento do espaçamento (3 x 1; 3 x 1,5; 3 x 2 e 3 x 2,5m). Entretanto, HASELEIN *et al*. (2002), em um estudo de uma população clonal de *E. saligna,* de 10 anos de idade verificaram um aumento na densidade aparente, módulo de resistência à flexão estática e módulo de elasticidade na flexão estática em função do aumento do espaçamento. ROQUE e LEDEZMA (2003) verificaram que o espaçamento (6 x 2m) diferiu significativamente do espaçamento (3 x 3m) na densidade básica da madeira, em populações de *T. grandis*, de 10 anos de idade.

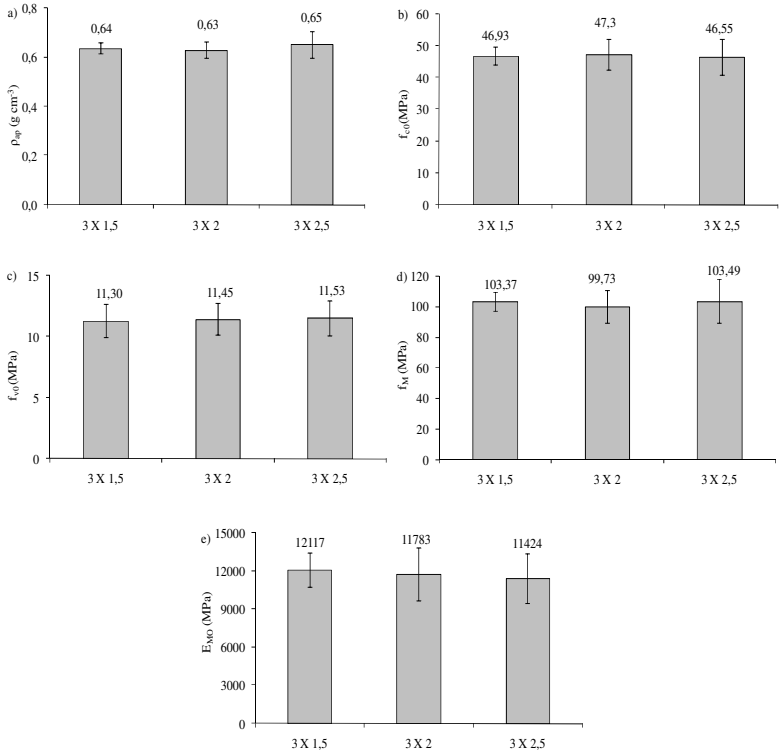
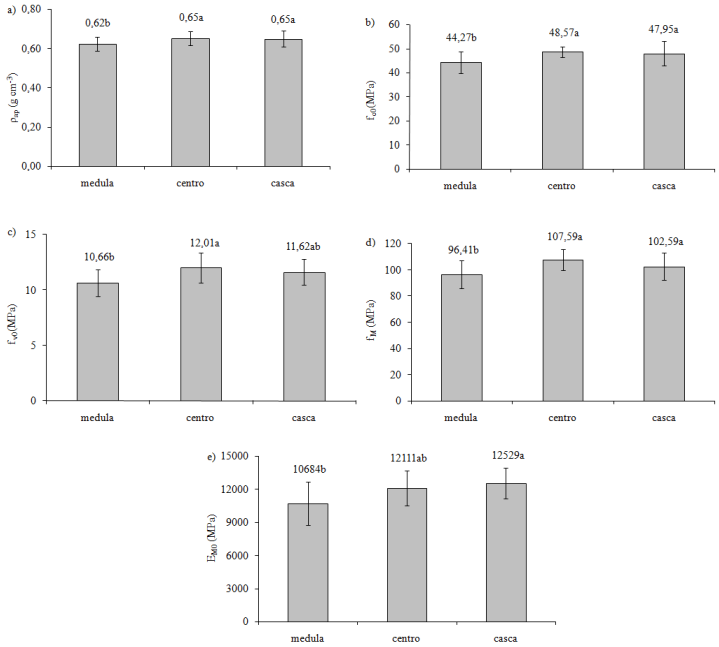


Figura 2 - Densidade aparente (ρ_{ap}), resistência à compressão paralela às fibras **(**f_{c0}), resistência ao cisalhamento paralela às fibras (f_{v0}), módulo de resistência à flexão estática (f_M) e módulo de elasticidade na flexão estática (E_{M0}) em função do espaçamento de *Tectona grandis* de 32 anos de idade

Pode-se observar que para a densidade aparente e as propriedades mecânicas ocorreu uma tendência de aumento no sentido medula-casca (Figura 3). MOYA *et al*. (2009) também observaram a mesma tendência para densidade aparente *de T. grandis* de 13 anos de idade.

É importante atentar ao fato de que todas as propriedades da madeira em estudo, tendem a se estabilizar a partir da posição intermediaria, sendo interessante o estudo de posições entre medula e a posição intermediária para observar a partir de qual ponto inicia-se a estabilização da qualidade da madeira. Esse aumento dos valores, nas propriedades mecânicas e densidade aparente ocorreram provavelmente pelo aumento da proporção da madeira adulta em relação à madeira juvenil, no sentido medula-casca. Foram testados vários modelos de regressões (linear, logaritmo e parabólica) para relacionar as propriedades com a posição relativa do corpo de prova no raio da tora, mas não foi possível encontrar nenhuma significância a uma tendência de estabilização a um aumento do valor da propriedade da medula para a posição intermediária e de pequena ou nula da intermediária para casca. Isto ocorreu devido à variabilidade dentro de cada posição relativa ter sido muito elevada.



Obs: Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Figura 3 - Densidade aparente (ρ_{ap}), resistência à compressão paralela às fibras (f_{c0}), resistência ao cisalhamento paralela às fibras (f_{v0}), módulo de resistência à flexão estática (f_M) e módulo de elasticidade na flexão estática (E_{M0}) em função da posição radial de *Tectona grandis* de 32 anos

De acordo com SERPA *et al.* (2003) e BALLARIN e PALMA (2003), o aumento da densidade da madeira no sentido medula-casca é devido à formação de madeira juvenil nos primeiros anos e à formação de madeira adulta a partir de certa idade da árvore. Com o passar do tempo há uma tendência de homogeneização da madeira, na medida em que a árvore vai atingindo a maturidade. Provavelmente ocorreu maior proporção de madeira adulta em relação à madeira juvenil, nas proximidades da região da casca. KOKUTSE *et al*. (2004) verificaram um aumento proporcional com a idade e uma tendência de estabilização, na variação medula-casca, na densidade da madeira de *T. grandis* com idade acima de 23 anos. Os trabalhos de WILKES (1984), WILKINS (1990), MALAN (1991), MALAN e HOON (1992), LIMA e GARCIA (2005), POLLI *et al*. (2006) e MOYA e TOMAZELO FILHO (2009) entre outros trabalhos, também verificaram essa mesma tendência.

Conclusões

De acordo com os resultados obtidos conclui-se que:

O espaçamento entre as árvores de *Tectona grandis* de 32 anos não influencia a resistência à compressão paralela às fibras, resistência ao cisalhamento, módulo de resistência à flexão estática, módulo de elasticidade na flexão estática e densidade aparente, de madeira isenta de defeito;

Espaçamentos maiores podem produzir um maior volume de madeira por unidade de área, sem prejuízo para as propriedades mecânicas e densidade aparente.

Ocorre uma tendência de aumento no sentido medula-casca para resistência à compressão paralela às fibras, resistência ao cisalhamento, módulo de resistência à flexão estática, módulo de elasticidade na flexão estática e densidade aparente;

As propriedades mecânicas e a densidade aparente estudadas apresentam uma tendência de estabilização a partir da posição intermediária do raio da tora.

Referências bibliográficas

ASTM - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, 1994. *ASTM D 143-94: standard methods of testing small clear specimens timber.* Philadelphia.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1940. Ensaios Físicos e Mecânicos de madeira. MB 26/40. Rio de Janeiro, 16pp.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1997. *Projeto de estruturas de madeira: projeto NBR 7190/1997*. Rio de Janeiro, 107 pp..

BALLARIN, A.W., PALMA, H.A. L., 2003. Propriedades de resistência de madeira juvenil e adulta de *Pinus taeda* L.. *Revista Árvore* **27**(3): 13-22.

BRASIL, M.A.M. FERREIRA, M. 1971. Variação da densidade básica da madeira de *Eucalyptus alba, E. saligna* e *E. grandis* aos 5 anos de idade, em função do espaçamento. *IPEF* **2/3:** 129-149.

CARVALHO, M.S.P, CARVALHO, J.O.P., 2002. Influência do espaçamento nas características físicas da madeira de *Bagassa guianensis* Aubl. (tatajuba) no planalto de Belterra, Pará. *Revista Árvore* **26**(2)**:** 253-259.

CHAVES, E., FONSECA, W., 1991. *Teca – Tectona grandis L.f. espécie de arbol de uso multiple en América Central*. Turrialba: CATIE 179: 47 pp. (Série técnica – informe Técnico nº 179).

CRUZ, C.R., LIMA, J.T., MUNIZ, G.I.B., 2003. Variações dentro das árvores e entre clones das propriedades físicas e mecânicas de híbridos de *Eucalyptus*. *Scientia Forestalis* **64:** 33-47.

GARCIA, C.H., CORRADINE, L., ALVARENGA, S.F., 1991. Comportamento florestal do *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* em diferentes espaçamentos. *CIRCULAR TÉCNICA IPEF* **179**: 10 pp..

GOULART, M., HASELEIN,C.R., HOPPE, J.M., FARIAS, J.A., PAULESKI, D.T., 2003. Massa específica e massa seca de madeira de *Eucalyptus grandis* sob o efeito do espaçamento de plantio e da posição axial no tronco. *Ciência Florestal* **13**(2): 167-175.

GUTIÉRREZ, R.C., ROMERO, E.J., CUNUHAY, P.S., BLANCO, G.L., FONSECA, C.S.S., 2008. Análisis comparativo de las propiedades físico-mecánicas de la madera de teca (*Tectona grandis L.F.*) de Quevedo y Balzar. *Ciencia y Tecnología* **1**(2)**:** 55-63.

HARRIS, J.M., 1981. Effect of rapid growth on wood processing. In: WORD CONGRESS, 17., Japan, 1981. Proceedings., Japan: IUFRO 117-125 pp..

HASELEIN, C.R., BERGER, R., GOULART, M., STHAL, J., TREVISAN, R., SANTINI, E.J., LOPES, M.C., 2002. Propriedades de flexão estática da madeira úmida e a 12% de umidade de um clone de *Eucalyptus saligna* Smith sob efeito do espaçamento e da adubação. *Ciência Florestal* **12**(2): 147-152.

KOKUTSE, A.D., BAILLÉRES, H., STOKES, A., KOKOU, K., 2004. Proportion and quality of heartwood in Togolese teak (*Tectona grandis* L.f.). *Forest Ecology and Management* **189**: 37-48.

LAMPRECHT, H., 1990. *Silvicultura nos trópicos*, Berlim: GTZ, 343 pp..

LIMA, I.L., GARCIA, J.N., 2005. Influência do desbaste em propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex-Maiden. *Revista do Instituto Florestal* **17**(2): 151-160.

LORENZI, H., DE SOUZA, H.M., TORRES, M.A.V., BACHER, L.B., 2003. *Árvores Exóticas no Brasil: madeireiras, ornamentais e aromáticas.* Instituto Plantarum, Nova Odessa, SP, 368 pp.

MACEDO, R.L.G., BOTELHO, S.A., SCOLFORO, J.R., 1999. Considerações preliminares sobre o estabelecimento da *Tectona Grandis* L. f. (TECA), introduzida na região noroeste do Estado de Minas Gerais. In: *Simpósio Internacional sobre Ecossitemas Florestais*, 5., 1999, Curitiba. *Anais*. Rio de Janeiro: Biosfera 4 pp. (CD ROM-BIO 1999).

MALAN, F.S., 1995. Eucalypts improvement for lumber production. In: *seminário Internacional e Utilização da Madeira de Eucalipto para Serraria, São Paulo, 1995*. Anais. Piracicaba: IPEF; IPT; IUFRO; ESALQ, 1-19 pp..

MALAN, F.S., 1991.Variation, association and inheritance of juvenile wood properties of *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden with special reference to the effect of rate of growth. *South African Forestry Journal* **157**: 16-23.

MALAN, F.S., HOON, M., 1992. Effect of initial spacing and thinning on some wood properties of *Eucalyptus grandis*. *South African Forestry Journal* **163**: 13-20.

MOYA, R., BERROCAL, A., SERRANO, J.R., TOMAZELLO FILHO, M., 2009. Radial variation of anatomical features, wood density and decay resistance in teak (*Tectona grandis*) from two qualities of growing sites and two climatic regions of Costa Rica. *Invest Agrar: Sist Recur For*. **18**(2): 119-131.

MOYA, R., PEREZ, D., 2008. Effect of physical and chemical soil properties on physical wood characteristics of *Tectona grandis* plantations in Costa Rica. *Journal of Tropical Forest Science* **20**(4): 147–155.

MOYA, R., TOMAZELLO FILHO, M., 2009. Wood density variation and tree ring demarcation in *Gmelina arbórea* trees using x-ray densitometry. *Cerne* **15**(1)**:** 92-100.

PÉREZ, D., KANNINEN, M., 2005. Effect of thinning on stem form and wood characteristics of teak (*Tectona grandis*) in a humid tropical site in Costa Rica. *Silva Fennica* **39**(2): 217-225.

POLLI, H.Q., REIS, G.G., REIS, M.G.F., VITAL, B.R., PEZZOPANE, J.E.M., FONTAN, I.C.I., 2006. Qualidade da madeira em clone de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden submetido a desrama artificial. *Revista Árvore* **30**(4): 557-566.

RAMOS, A.A., GNOATTO, F., SAMONEK, E., 2008. Investimento em tecnologia garante crescimento. *Revista da Madeira* **118:** 64-67.

RONDON NETO, R.M., MACEDO, R.L.G., TSUKAMOTO FILHO, A.A., 1998. *Formação de povoamentos florestais com Tectona grandis L.f. (Teca)*. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 29 pp. (Boletim Técnico. Série Extensão, 33).

ROQUE, R.M., LEDEZMA, R.M., 2003. Efecto del espaciamiento en plantación sobre dos propiedades físicas de madera de teca a lo largo del fuste. *Madera y Bosques* **9**(2): 15-27.

S.A.S. INSTITUTE INC., 1999. *SAS Procedures Guide. Version 8 (TSMO)*. SAS Institute Inc. Cary, N.C., 27513, USA.

SERPA, P.N., VITAL, B.R., DELLA LUCIA, R.M., PIMENTA, A.S., 2003. Avaliação de algumas propriedades da madeira de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* e *Pinus elliottii*. *Revista Árvore* **27**(5): 723-33.

VENTURA, A. BERENGUT, G., VICTOR, M.A.M., 1965/66. Características edafo-climáticas das dependências do Serviço Florestal do Estado de São Paulo. *Silvicultura em São Paulo* **4:** 57-139.

WILKES, J., 1984. The influence of rate of growth on the density and heartwood extractives content in eucalypt species. *Wood Science and Technology* **18**(2): 113-20.

WILKINS, A.P., 1990. Influence of Silvicultural treatments on growth and wood density of *Eucalyptus grandis* grown on a previous pasture site. *Australian Forestry,* **53**(3): 168-172.

ZOBEL, B.J., BUIJTENEN, J.P., 1989.Wood variation: its causes and control. Berlin: Springer-Verlag, 361 pp..

Entregue para publicação em Maio de 2011
Aceite para publicação em Novembro de 2011