

## AGRÁRIA

Revista Brasileira de Ciências Agrárias

ISSN (on line): 1981-0997

v.6, n.1, p.121-126, jan.-mar., 2011

Recife, PE, UFRPE. www.agraria.ufrpe.br

Protocolo 1080 – 31/08/2010 \*Aprovado em 08/11/2010

DOI:10.5039/agraria.v6i1a1080

Bruno D. Mattos<sup>1,6</sup>

Darci A. Gatto<sup>1</sup>

Diego M. Stangerlin<sup>2</sup>

Leandro Calegari<sup>3</sup>

Rafael R. de Melo<sup>4</sup>

Elio J. Santini<sup>5,7</sup>

# Variação axial da densidade básica da madeira de três espécies de gimnospermas

## RESUMO

O presente estudo teve como objetivo analisar a variação axial da massa específica básica das madeiras de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, *Pinus elliottii* Engelm. e *Pinus taeda* L. As árvores foram escolhidas ao acaso de talhões provenientes de povoamentos homogêneos no Estado do Paraná, abatidas e discos de 2 cm de espessura na base, diâmetro a altura do peito (DAP), 25, 50, 75 e 100% da altura comercial foram retirados. Desta forma, a massa específica média de cada espécie foi calculada pelo emprego das médias ao longo da altura comercial. Os valores encontrados para as duas madeiras de pinus foram de 0,41g cm<sup>-3</sup> e para a madeira de araucária de 0,40 g cm<sup>-3</sup>. De acordo com esse estudo foi possível observar que a *Araucaria angustifolia* e o *Pinus taeda* apresentam um comportamento muito semelhante para a variação axial da massa específica, em que ocorreu uma diminuição estatisticamente significativa da massa específica conforme a altura na árvore. Já para o *Pinus elliottii* na posição DAP a massa específica básica apresentou uma significativa diferença em relação às outras posições, a qual apresenta valor superior à posição basal da árvore.

**Palavras-chave:** Coníferas, massa específica básica, metodologia de amostragem, qualidade da madeira.

## Axial variation of wood basic density three gymnosperms species

## ABSTRACT

This study aimed to analyze the axial variation of the basic density of *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, *Pinus elliottii* Engelm. and *Pinus taeda* L woods. The trees were randomly chosen from plots of homogeneous stands in the State of Paraná, Brazil, and felled and discs 2 cm thick at the base, diameter at breast height (DAP), 25, 50, 75 and 100% of commercial height were taken. Thus the average density of each species was calculated using the averages over the height of trade. The values found for both pine woods were 0.41 g cm<sup>-3</sup> and 0.40 g cm<sup>-3</sup> for the Araucaria wood. In this study it was possible to observe that *Araucaria angustifolia* and *Pinus taeda* behave very similarly to the axial variation of density, in which there was a significant decrease in the specific density depending on the tree height. However, for the species *Pinus elliottii* in the DAP position, the basic density showed a significant difference compared to the other positions, which has greater value than the base position.

**Key words:** Conifers, basic density, sampling methodology, wood quality.

<sup>1</sup> Universidade Federal de Pelotas, Engenharia Industrial Madeireira, Campus Capão do Leão, CP 354, CEP 96010-900, Capão do Leão – RS. Fone: (53) 3275-7161. Fax: (53) 3275-7373.

<sup>2</sup> Universidade Federal do Mato Grosso (UFMT), Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, Campus de Sinop, 78550-000, Sinop – MT. Fone: (66) 3531-1663 Fax: (66)3531-9796

<sup>3</sup> Universidade Federal de Campina Grande, Unidade Acadêmica de Engenharia Florestal, Campus de Patos; PB, Fone: (83) 3423-9713. Fax: (83) 3423-9537

<sup>4</sup> Universidade de Brasília, Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais. Campus Darcy Ribeiro, Faculdade de Tecnologia (FT), Bloco A, Asa Norte, CP 04357, CEP 70919-970, Brasília DF. Fone: (61) 3307-2700. Fax: (61) 3347-5458.

<sup>5</sup> Universidade Federal de Santa Maria, Departamento de Ciências Florestais, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, 1000, CEP 97105-900, Santa Maria (RS)

<sup>6</sup> Bolsista PIBIC/CNPq

<sup>7</sup> Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq

## INTRODUÇÃO

Nas décadas de 40 e 50, depois da escassez da madeira de *Araucaria angustifolia*, única conífera brasileira de importância econômica, foram introduzidas no país espécies de *Pinus* sp. Na Região Sul, aquelas que melhor se adaptaram, foram o *Pinus elliottii* Engelm. e o *Pinus taeda* L. No ano de 1966, com o surgimento de incentivos fiscais, houve uma intensificação nos plantios, proporcionando assim o surgimento de um grande número de florestas plantadas no Sul do Brasil, onde, além das espécies exóticas citadas, se fez o plantio de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze.

Na atualidade, as madeiras oriundas das florestas plantadas no período dos incentivos fiscais estão sendo comercializadas. Todavia, não se conhece com exatidão a qualidade da madeira desses povoamentos, pois poucos estudos foram realizados.

No entanto é de conhecimento geral que estudos na área de tecnologia da madeira se fazem necessários para uma melhor utilização e industrialização do material. É comprovado que a correta utilização de um material está associada às suas características. A madeira não foge a regra, tornando de grande importância o conhecimento de suas características, a fim de prognosticar seu comportamento em diferentes utilizações (Paes et al., 1995).

Assim, a massa específica é uma das propriedades físicas mais importantes da madeira, pois dela depende a maior parte das propriedades da madeira. Dessa forma, ela fornece muitas informações sobre as características desse material, servindo na prática como uma referência de qualidade da madeira tanto para celulose como para usos diversos da madeira serrada. Segundo Moreschi (2005), a massa específica da madeira é a relação da quantidade de matéria lenhosa por unidade de volume, e essa pode variar de acordo com a espécie florestal, a umidade do corpo de prova, em função do lenho juvenil e tardio, largura dos anéis de crescimento, e de acordo com a posição e altura no tronco.

Para Oliveira & Silva (2003), as variações da massa específica dependem principalmente das mudanças na proporção dos vasos e das espessuras das paredes celulares das fibras. O aumento dessa propriedade pode ser o resultado do aumento da espessura da parede celular das fibras ou de um aumento na proporção das fibras em relação, por exemplo, à proporção de vasos. De maneira inversa, um aumento na proporção de vasos, com ou sem decréscimo na espessura da parede celular, leva à sua redução.

Para as coníferas, que possuem anéis de crescimento distintos, a porcentagem de lenho tardio para indivíduos de crescimento lento é maior do que para aqueles de crescimento rápido. Quando o desenvolvimento é vagaroso, não apenas a largura do anel é reduzida, mas também a espessura da zona de transição. Com o aumento da competição, a porcentagem de lenho inicial decresce, e a proporção de lenho tardio aumenta, aumentando a massa específica para as árvores de crescimento lento (Kollmann & Côté Junior, 1968).

Vale et al. (2009) afirmaram que durante a idade de desenvolvimento da árvore fatores ambientais e intrínsecos à própria espécie determinam o grau de variação da massa específica no sentido radial e longitudinal, podendo servir

como parâmetro, conforme sugerido por Kollmann & Côté Junior (1968), para separar a madeira em classes de qualidade em função da posição de retirada da tora na árvore. Os mesmos autores ainda citaram que essas variações ocorrem em razão da anatomia da madeira, com diferentes tipos, forma, estrutura e organização das células que a compõe.

Mendes et al. (1999) afirmam que, na hipótese de se retirar apenas uma amostra da árvore em questão, para determinação da massa específica da madeira, é importante determinar a melhor posição no tronco em que a massa específica corresponda à massa específica média da árvore; por causa das variações ao longo do fuste, a amostragem é procedida em nível do diâmetro a altura do peito (DAP).

Assim, do ponto de vista da utilização tecnológica da madeira, torna-se importante o estudo da variação individual e o diagnóstico da variabilidade dentro da árvore, tanto no sentido radial (medula-alburno) quanto no sentido longitudinal (base-topo). Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo analisar a variação axial da massa específica básica das madeiras de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, *Pinus elliottii* Engelm. e *Pinus taeda* L..

## MATERIAL E MÉTODOS

### Obtenção das amostras

As amostras, de procedência de povoamentos homogêneos localizados na cidade de Quedas do Iguaçu, Estado do Paraná, foram obtidas a partir do sorteio de um talhão de cada uma das espécies estudadas, abrangendo a maior representatividade de seus crescimentos na Região. As espécies de *Pinus elliottii* e *Pinus taeda* sofreram apenas um desbaste e no momento do abate possuíam 13 anos de idade; já a espécie *Araucaria angustifolia* possuía 19 anos e sofreu dois desbastes.

Em cada um dos talhões sorteados foram medidos os diâmetros a altura do peito (DAP) de todas as árvores, determinando-se a média aritmética ( $X$ ) e o desvio padrão (DP), sendo os dados extraídos de um inventário florestal. Com base nestes dados foi retornado a campo e identificadas as árvores de boa forma florestal, que estavam na faixa  $DAP = X \pm DP$  mais próxima do ponto de amostragem previamente determinado. Desta forma, foram sorteadas e abatidas cinco árvores de cada espécie, e discos de 2 cm de espessura na base, DAP, 25, 50, 75 e 100% da altura comercial foram retirados. Os discos foram armazenados em sacos plásticos para evitar a perda de umidade, e foram transportados para o Laboratório de Produtos Florestais (LPF) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), onde foram depositados em tanques com água.

### Preparação dos corpos de prova

Os discos que apresentavam diâmetro inferior a 10 cm foram seccionados ao meio; uma metade recebeu a nomenclatura A e a outra de B, além de suas identificações anteriores. Por outro lado, os discos que apresentavam diâmetro superior a 10 cm foram cortados lateralmente

formando duas cunhas. Dessa maneira os cortes foram realizados de forma que a divisão fosse à medula, conforme a Figura 1.

#### Determinação da massa específica básica

Para determinação da massa específica básica fez-se uso do método gravimétrico e, para isso se utilizou uma balança eletrônica com 0,001 g de precisão e um pedestal fixo e isolado para a obtenção do volume dos corpos de prova. Após isso os corpos de prova foram colocados em estufa a  $103 \pm 2$  °C até atingirem a massa constante, e assim o cálculo de massa específica básica foi realizado pela razão entre massa seca e

volume saturado do corpo de prova.

#### Análise estatística

Para analisar a variação da massa específica foi utilizado o teste LSD de Fisher, em nível de 5% de erro, nas posições axiais para cada espécie e também entre espécies. Foram empregados modelos matemáticos referentes à variação da massa específica em função da posição relativa (%) no tronco e em relação à altura (m). Os modelos foram escolhidos com base nos melhores parâmetros estatísticos: baixo erro médio absoluto (MAE), alta razão F e altos coeficientes de determinação ajustados ( $R_{aj}^2$ ).

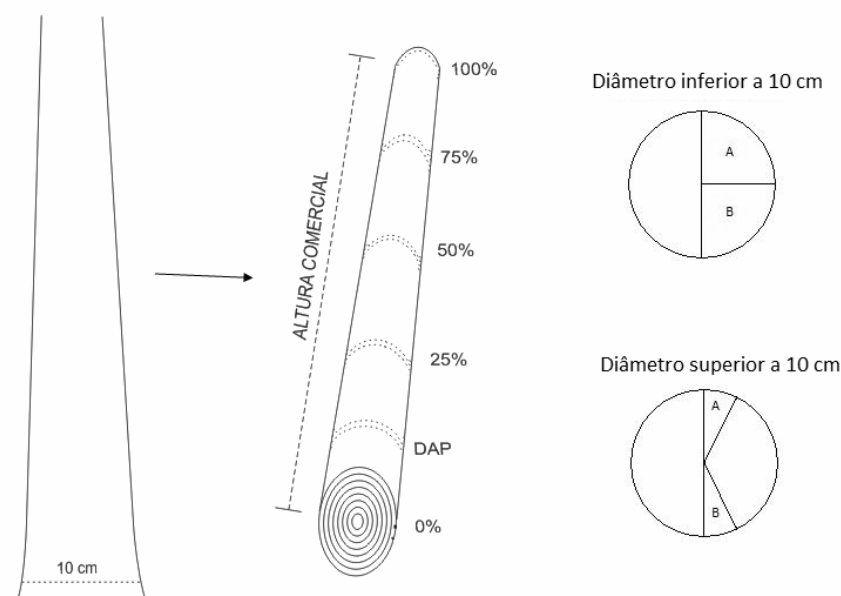


Figura 1. Esquema de coleta e confecção das amostras

Figure 1. Samples collection and preparation scheme

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A massa específica média de cada espécie foi calculada pelo emprego das médias ao longo da altura comercial, os valores encontrados para as duas espécies de pinus foram de  $0,41 \text{ g cm}^{-3}$  e para a espécie de araucária foi de  $0,40 \text{ g cm}^{-3}$ . A propriedade não demonstrou diferença estatisticamente significativa entre as espécies; fato confirmado por estudos anteriores realizados por Santini et al. (2000), que verificaram médias para essa propriedade oscilando entre os mesmos valores. De acordo com a Tabela 1 é possível observar que a *Araucaria angustifolia* e o *Pinus taeda* apresentaram um comportamento muito semelhante para a variação axial da massa específica, tendo ocorrido uma diminuição estatisticamente significativa da massa específica conforme a altura na árvore.

Siqueira (2004) ao estudar as variações da massa específica básica da espécie de *Pinus taeda*, observou por meio de análise de variância feita para as diferentes alturas estudadas (0, DAP, 25, 50, 75 e 100%) que não ocorriam diferenças estatísticas significativas em nível de 5% de probabilidade. O mesmo autor afirmou existir uma pequena tendência de diminuição da massa específica da base para o topo. Tsoumis (1991), Klock (2000), Hassegawa (2003) e Bittencourt (2004) ao estudarem espécies desse mesmo gênero, encontraram essa mesma tendência de diminuição da massa específica básica da base para o topo da árvore.

Já para a espécie *Pinus elliottii* a massa específica básica se comportou de maneira diferente das anteriores, na posição DAP a propriedade foi significativamente maior do que na posição basal da árvore, a 0% da altura comercial. Palermo et al. (2003) observaram o mesmo comportamento para a espécie

**Tabela 1.** Variação da massa específica básica entre as posições axiais dentro das espécies**Table 1.** Variation of the basic density between the axial positions within species

Número de amostras	Posição axial no tronco (%)	<i>Araucaria angustifolia</i>	<i>Pinus elliottii</i>	<i>Pinus taeda</i>
5	0	0,47 a A	0,44 a B	0,46 a A
5	DAP	0,45 b A	0,46 b A	0,45 a A
5	25	0,42 c A	0,42 a A	0,41 b A
5	50	0,39 d A	0,40 c AB	0,41 b B
5	75	0,36 e A	0,37 d AB	0,38 c B
5	100	0,33 f A	0,39 cd B	0,37 c B

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna e letras maiúsculas iguais na linha não possuem diferença estatisticamente significativa a 5% de erro, com base no teste LSD de Fisher

de *Pinus elliottii*, que de maneira geral apresentou o mesmo modelo de variação; todavia algumas árvores apresentaram resultados diferentes, mostrando pontos de elevação de massa específica na região do DAP e a 75% da altura comercial. Os mesmos autores ainda citam que uma possível explicação para o aumento a 75% da altura comercial pode estar relacionada com a copa, pois na região de inserção dos ramos, ocorrem alterações na estrutura anatômica da madeira, provocando aumento da massa específica.

Dentro de cada posição ao longo do tronco, nas espécies de *Pinus elliottii* e *Pinus taeda*, a massa específica básica não diferiu estatisticamente, exceto para a posição referente a 0% da altura comercial, em que ocorreu diferença significativa. Já para a espécie *Araucaria angustifolia* houve diferença significativa nas posições mais altas no sentido base-topo em relação às duas espécies de pinus, e maior semelhança nas posições mais baixas.

Comparando os valores médios da massa específica básica com os apresentados na Tabela 1, verificou-se que as posições axiais de melhor representatividade da massa específica básica média das três coníferas são as posições de 25 e 50% da altura comercial, não corroborando com o anteriormente previsto por estudos de Mendes et al. (1999). Por outro lado, alguns autores, ao trabalhar com cinco posições ao longo do tronco (0, 25, 50, 75 e 100%), reportaram a altura de 25% como a posição de maior correlação com massa específica média para as madeiras de *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus grandis* (Souza et al., 1986), *Acacia mangium* (Vale et al., 1999) e *Pinus caribaea* var. *hondurensis* (Nogueira &

Vale, 1997).

Na Figura 2 são apresentados os modelos de regressão para a estimativa da massa específica básica com a altura comercial, assim como a estimativa da massa específica em relação às posições axiais no sentido base-topo.

Os modelos apresentados na Figura 2 apresentam semelhança, tanto dentro da espécie, quando analisada a altura e posição relativa, quanto entre espécies. As regressões feitas para estimar a massa específica no sentido base-topo foram todas significativas em nível de 1% de erro (Tabela 2).

As regressões realizadas para a massa específica e a posição ao longo do tronco, tanto para a posição como para a altura em metros, apresentaram boas determinações. Dentro de cada espécie os parâmetros estatísticos referentes às duas equações pouco diferiram entre si. Para as espécies *Pinus elliottii* e *Pinus taeda* as equações que utilizam a posição relativa como referência ao longo do tronco obtiveram parâmetros ligeiramente superiores; já para a espécie de araucária notou-se o inverso. Entre espécies as equações referentes à espécie *Araucaria angustifolia* apresentaram os melhores parâmetros estatísticos e o *Pinus elliottii* os piores.

No uso das metodologias (posição relativa em % e altura em metros, da altura comercial) para explicar a variação da massa específica básica ao longo do tronco, percebe-se que elas não apresentam grandes diferenças. Dessa forma para as condições em estudo, qualquer uma das equações explica de forma significativa as variações da massa específica básica no sentido axial. Todavia, equações que utilizam a porcentagem da altura comercial se tornam mais práticas.

**Tabela 2.** Equações de regressão para a estimativa da massa específica básica ao longo do tronco das três coníferas**Table 2.** Regression equations to estimate the basic density over the trunk of the three conifers

Espécie	Equação	R <sup>2</sup> <sub>aj</sub>	Razão F	MAE	Valor P
<i>Araucaria angustifolia</i>	A) ME = 0,0002h <sup>2</sup> - 0,0108h + 0,4661	0,80	235,85	0,043	< 0,001
	a) ME = 7E-06P <sup>2</sup> - 0,002P + 0,4669	0,77	204,36	0,045	< 0,001
<i>Pinus elliottii</i>	B) ME = 0,0002h <sup>2</sup> - 0,0083h + 0,4514	0,52	65,46	0,11	< 0,001
	b) ME = 3E-07P <sup>3</sup> - 4E-05P <sup>2</sup> + 0,0004P + 0,4439	0,53	68,36	0,12	< 0,001
<i>Pinus taeda</i>	A) ME = 0,0005h <sup>2</sup> - 0,0123h + 0,4618	0,62	95,67	0,019	< 0,001
	a) ME = 9E-06P <sup>2</sup> - 0,0017P + 0,4598	0,64	103,52	0,018	< 0,001

h - altura em metros; P - posição relativa em %; ME - massa específica básica (g cm<sup>-3</sup>); MAE - erro médio absoluto

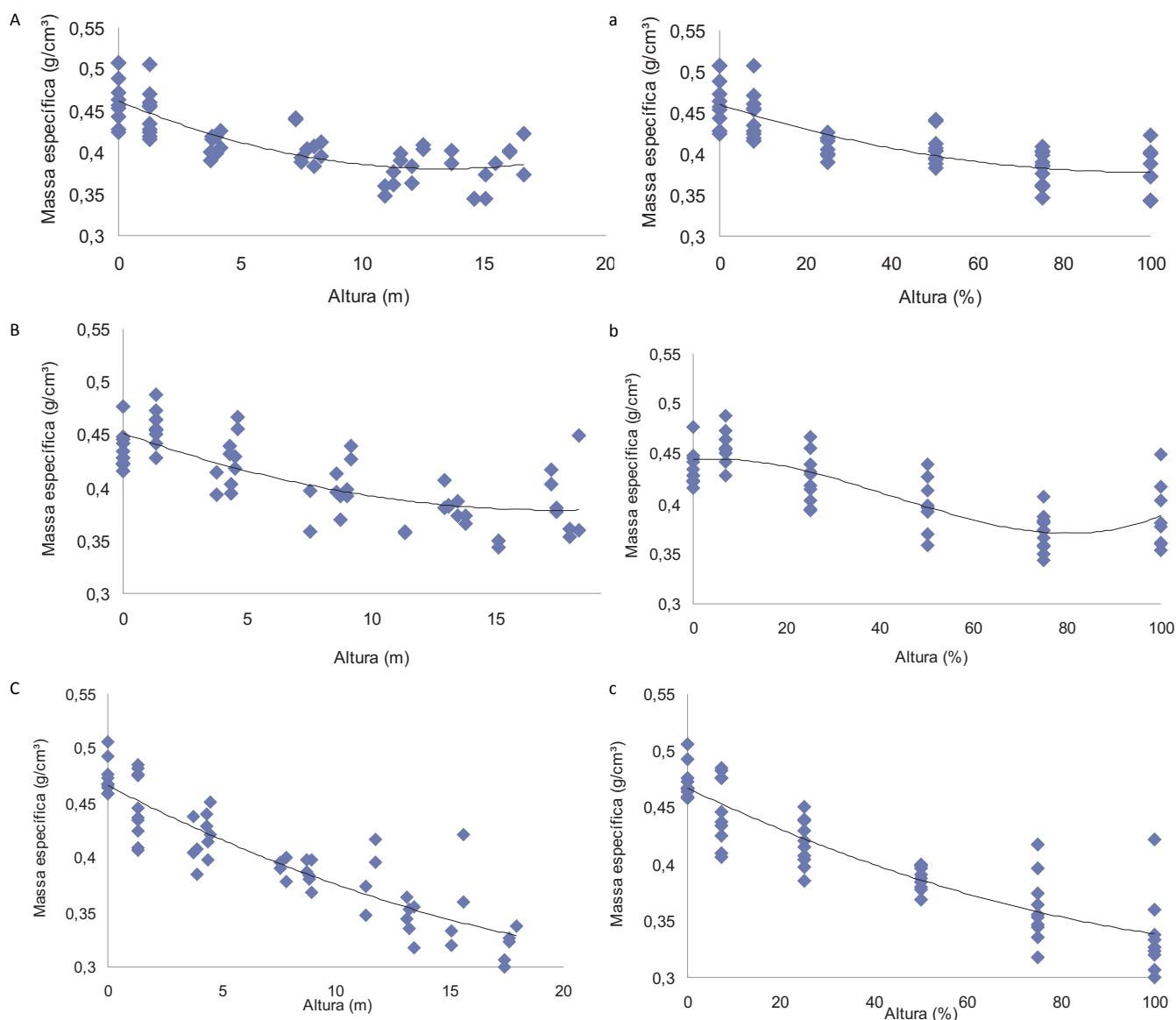


Figura 2. Gráficos dos modelos ajustados para a estimativa da massa específica básica ao longo do tronco das madeiras de *Araucaria angustifolia* (A,a), *Pinus elliottii* (B,b) e *Pinus taeda* (C,c)

Figure 2. Graphics of the models adjusted for the estimation basic density over the stem of *Araucaria angustifolia* (A,a), *Pinus elliottii* (B,b) and *Pinus taeda* (C,c) woods

## CONCLUSÕES

De modo geral as três espécies de coníferas apresentam o mesmo modelo de variação axial da massa específica básica, diminuindo da base para o topo. As posições relativas de 25 e 50% da altura comercial podem ser utilizadas com boa representatividade, para as condições expostas nesse estudo.

## LITERATURA CITADA

Bittencourt, E. Parâmetros de otimização no processo de fabricação de celulose e papel. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2004. 61p. Dissertação Mestrado.  
 Hasegawa, M. Qualidade da madeira de *Pinus taeda* L. de

procedência da África do Sul. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2003. 107p. Dissertação Mestrado.  
 Klock, U. Qualidade da madeira juvenil de *Pinus maximinoi* H. E. Moore. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2000. 291p. Tese Doutorado.  
 Kollmann, F.F.P.; Côté, Junior, W.A. Principles of wood science and technology. Berlin: Springer-Verlag, 1968. 703p.  
 Mendes, L.M.; Silva, J.R.M.; Trugilho, P.F., Lima, J.T. Variação da massa específica da madeira de *Pinus oocarpa* Schiede ex Schtdl. no sentido longitudinal dos caules. Cerne, v.5, n.1, p.1-7, 1999.  
 Moreschi, J.C. Propriedades tecnológicas da madeira. Curitiba: 2005. 169p. (Manual Didático).  
 Nogueira, M.V.P.; Vale, A.T. Massa específica básica da

- madeira de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* proveniente de cerrado: relação com a massa específica básica média e variação radial e axial. *Revista Árvore*, v.21, n.4, p.547-554, 1997.
- Oliveira, J.T.S.; Silva, J.C. Variação radial da retratibilidade e densidade básica da madeira de *Eucalyptus saligna* Sm. *Revista Árvore*, v.27, n.3, p.381-385, 2003.
- Paes, J.B.; Lima, C.R.; Silva, J.M. Variação longitudinal e radial da densidade básica da madeira de algaroba (*Prosopis juliflora* D.C.). In: Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira, 5., 1995, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: EBRAMEM, 1995. p.225-234.
- Palermo, G.P.M.; Latorraca, J.V.F.; Rezende, M.A.; Nascimento, A.M.; Severo, E.T.D.; Abreu, H.S. Análise da massa específica da madeira de *Pinus elliotti* Engelm. por meio de radiação gama de acordo com as direções estruturais (longitudinal e radial) e a idade de crescimento. *Floresta e Ambiente*, v.10, n.2, p.47-57, 2003.
- Santini, E.J.; Haselein, C.R.; Gatto, D.A. Análise comparativa das propriedades físico mecânicas da madeira de três coníferas de florestas plantadas. *Ciência Florestal*, v.10, n.1, p.87-95, 2000.
- Siqueira, K.P. Variabilidade da massa específica de *Pinus taeda* L. em diferentes classes de sítio. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2004. 61p. Dissertação Mestrado.
- Souza, V.R.; Carpim, M.A.; Barrichelo, L.E.G. Massa específica básica entre procedências, classes de diâmetro e posições em árvores de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna*. *IPEF*, n.21, p.65-72, 1986.
- Tsoumis, G. Science and technology of wood structure, properties, utilization. New York: Chapman & Hall, 1991. 494p.
- Vale, A.T.; Martins, I.S.; Brasil, M.A.M. Variação axial da massa específica básica da madeira de *Acacia mangium* Willd. aos sete anos de idade. *Ciência Florestal*, v.9, n.2, p.85-92, 1999.
- Vale, A.T.; Rocha, L.R.; Del Menezzi, C.H.S. Massa específica básica da madeira de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* cultivado em cerrado. *Scientia Forestalis*, v.37, n.84, p.387-394, 2009.