



Varição radial e longitudinal da densidade básica da madeira de *Pinus patula*

Polliana D'Angelo Rios¹, Helena Cristina Vieira^{1*}, Giuliano Ferreira Pereira¹, Eliana Turmina¹, Marcos Felipe Nicoletti¹

¹Universidade do Estado de Santa Catarina, Av. Luiz de Camões, 2090, Conta Dinheiro, CEP 88520-000, Lages, SC, Brasil

*Autor correspondente:
lenacristin@hotmail.com

Termos para indexação:

Espécies introduzidas
Densidade
Pinheiro-de-folhas-pendulas

Index terms:

Species introduced
Density
Pine-leaf-hanging

Histórico do artigo:

Recebido em 20/08/15
Aprovado em 19/11/18
Publicado em 28/12/18

doi: 10.4336/2018.pfb.38e201501016



Resumo - A densidade básica da madeira é considerada uma das propriedades mais importantes, pois influencia diretamente as demais características físicas para a utilização industrial. O presente estudo teve como objetivo determinar a densidade básica média da madeira de árvores de *Pinus patula* Schltl & Cham. e analisar a sua variação nos sentidos radial e longitudinal. As amostras foram retiradas de 12 árvores com 9 anos de idade, ao longo dos eixos longitudinal e radial. A densidade básica média observada foi 0,307 g cm⁻³. Observou-se aumento da densidade básica no sentido medula-casca e decréscimo no sentido longitudinal apenas da base até 2 m. Foi verificada interação entre as variações nos sentidos radial e longitudinal da madeira, indicando que a densidade da madeira de *P. patula* varia nos diferentes sentidos de crescimento.

Radial and longitudinal variation of basic density of *Pinus patula* wood

Abstract - Basic density is considered one of the most important wood properties because it directly influences the other physical characteristics for industrial use. The present study had as objective to determine the average basic density of wood of *Pinus patula* Schltl & Cham trees, and to analyze its variation in the radial and longitudinal directions. Samples were taken from 12 trees along the longitudinal and radial axes. The mean basic density of *P. patula* wood was 0.307 g cm⁻³. It was also observed that wood basic density increased from pith to bark and in the longitudinal direction it decreased only from the basis up to 2 m. It was verified interaction between radial and longitudinal variations, indicating that the wood basic density of *P. patula* varies in the different directions of growth.

O gênero *Pinus* apresenta ocorrência natural em todo hemisfério norte. No Brasil, o seu cultivo começou a ganhar destaque entre os anos de 1960 e 1970, em virtude de políticas de incentivos fiscais do governo federal, que visavam estimular o reflorestamento (Ballarin &

Nogueira, 2005). Atualmente, as áreas de povoamentos de *Pinus* spp. estão localizadas na região Sul, onde concentram-se mais de 80% das espécies do gênero no país (Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas, 2013). O gênero apresenta mais de 100

espécies (Lusweti et al., 2011), despontando, entre elas, *Pinus patula* como espécie potencial para a utilização em grande escala no Brasil. A espécie destaca-se por sua boa adaptação em locais de clima temperado, crescimento rápido e boa forma de tronco (Dvorak, 2003).

Em decorrência das características do seu local de origem (México), seu plantio no Brasil é indicado aos pontos mais altos do sul de Minas Gerais e no planalto catarinense, em altitudes superiores a 1.000 m. Nessas regiões, seu crescimento pode superar a produtividade de madeira de *Pinus taeda* (Aguiar et al., 2014).

O rápido crescimento, aliado à boa adaptação ao clima brasileiro, gera interesse comercial para a espécie. Pesquisas indicam a utilização da madeira para diversos fins, dentre eles painéis reconstituídos (Chudnoff, 1984) e produção de polpa celulósica (Dvorak, 2003). Contudo, estudos referentes às propriedades físico-mecânicas ou anatômicas da madeira ainda são necessários no Brasil, para determinar com precisão o potencial de utilização da espécie.

Uma das propriedades mais importantes para utilização da madeira é a densidade básica, uma vez que essa apresenta influência direta sobre a maioria das características físicas e, conseqüentemente, tecnológicas da madeira (Chimello, 1980; Tomazello Filho, 1985; Souza et al., 1986; Mendes et al., 1999; Moreschi, 2005). A densidade é afetada por diversos fatores, dentre eles pode-se destacar a posição da madeira no tronco, tanto longitudinal (sentido base-topo), quanto radial (sentido medula-casca).

Tendo em vista que *P. patula* apresenta-se como uma espécie bastante promissora, quanto à qualidade da sua madeira, pesquisas sobre a densidade da espécie mostram-se relevantes para determinar o seu potencial de utilização. Dessa forma, o presente estudo teve como objetivo determinar a densidade básica média da madeira de *P. patula*, analisando a variação da mesma nos sentidos radial e longitudinal.

No desenvolvimento deste trabalho, foram utilizadas 12 árvores de *P. patula* com 9 anos de idade, escolhidas aleatoriamente, em um povoamento implantado em 2003, estabelecido com o espaçamento inicial de 2,5 m x 2,5 m, sendo o primeiro desbaste realizado após 8 anos. O material utilizado é proveniente do município de Ponte Alta do Norte, SC (27°09'30"S e 50°27'52"W). O Município apresenta altitude média de 962 m, temperatura média anual de 15,2 °C e precipitação média anual variando entre 1.600 e 1.700 mm.

Preparo dos corpos de prova

Foram retirados discos de madeira com 5 cm de espessura, a cada 2 m ao longo do fuste, sendo fixadas as alturas amostradas em 0, 2, 4, 6, 8, 10 e 12 m. De cada disco foram retiradas duas cunhas opostas, que foram subdivididas em três regiões: próxima à casca, intermediária e próxima à medula. Na avaliação da variação da densidade, no sentido longitudinal, foi utilizada a densidade média das duas cunhas opostas.

Determinação da densidade básica

Foi utilizado o método gravimétrico, em que o cálculo considera a razão entre a massa seca e o volume saturado do corpo de prova.

Determinou-se o volume dos corpos de prova após a saturação em água e a obtenção da massa seca foi feita após a secagem dos mesmos em estufa a $100 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ (Vital, 1984).

Análise estatística

Foi realizada análise estatística para todos os conjuntos de dados do experimento. Primeiramente, para verificar a aderência dos dados à distribuição normal, foram aplicados os testes de Kolmogorov-Smirnov e, em seguida, o teste de Bartlett (Bartlett, 1937), para verificar a homogeneidade das variâncias dos dados. Os dados apresentaram homogeneidade e normalidade adequadas, não sendo necessária a transformação dos mesmos.

Na sequência, foi realizada a análise da variância para a densidade básica no sentido medula-casca e no sentido base-topo, posteriormente o teste de F e o teste de médias de Scott-Knott (Scott & Knott, 1974), todos com confiabilidade de 95%. Para verificar a interação entre os sentidos medula-casca e base-topo foi realizada a análise fatorial, com posterior análise de regressão.

A madeira de *P. patula* pode ser enquadrada como madeira leve (até $0,50 \text{ g cm}^{-3}$) (Tabela 1), segundo a classificação descrita por Melo et al. (1992). O desvio padrão médio encontrado, para todas as árvores, foi de $0,035 \text{ g cm}^{-3}$.

Os valores obtidos foram inferiores aos encontrados por Moura et al. (1991), em trabalho realizado no Cerrado, em que determinaram três médias de densidades básicas distintas para *P. patula* aos 12 anos de idade, nas cidades de Planaltina, DF, com $0,399 \text{ g cm}^{-3}$, Serranópolis, GO, com $0,421 \text{ g cm}^{-3}$ e em Jaciara, MT, com $0,407 \text{ g cm}^{-3}$. Essa diferença pode ter sido ocasionada por uma série de fatores, dentre eles a localização, características edafoclimáticas, variação genética e a idade dos povoamentos.

Tabela 1. Densidade básica média para árvores de *Pinus patula* com 9 anos de idade, no Estado de Santa Catarina.

Table 1. Mean basic density for 9-year-old *Pinus patula* trees in Santa Catarina State.

| Árvore | DAP (cm) | Densidade básica (g cm ⁻³) | Coefficiente de variação (%) |
|-------------|----------|--|------------------------------|
| 1 | 24,3 | 0,369 a | 7,88 |
| 2 | 23,0 | 0,340 b | 13,80 |
| 3 | 25,3 | 0,322 c | 14,39 |
| 4 | 26,8 | 0,319 c | 7,28 |
| 5 | 22,9 | 0,313 c | 12,47 |
| 6 | 20,0 | 0,312 c | 8,86 |
| 7 | 31,8 | 0,304 d | 19,32 |
| 8 | 21,3 | 0,301 d | 9,36 |
| 9 | 31,5 | 0,294 d | 9,32 |
| 10 | 29,8 | 0,274 e | 9,51 |
| 11 | 31,3 | 0,267 e | 12,69 |
| 12 | 30,2 | 0,266 e | 11,97 |
| Média geral | 26,5 | 0,307 | 11,40 |

Médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 95% de probabilidade. DAP = diâmetro a 1,3 m do solo.

Trugilho et al. (1996), ao avaliarem características físico-químicas e anatômicas da madeira de *Eucalyptus saligna*, concluíram que a idade das árvores influencia fortemente as propriedades físicas da madeira, incluindo a densidade. Árvores da mesma espécie, mais velhas, tendem a apresentar maior densidade. Em coníferas, esse comportamento também foi observado por Higa et al. (1973), ao avaliarem a variação da densidade básica da madeira de *P. elliotii* var *elliotii* e *P. taeda*.

A baixa densidade básica encontrada para a madeira de *P. patula* (Tabela 1) pode ser determinante para a utilização da mesma em alguns setores da indústria. Iwakiri et al. (2001) afirmam que a baixa densidade da madeira é um dos principais requisitos para a utilização da espécie na produção de painéis de madeira aglomerada. As fábricas de papel e celulose também consideram vantajosa a utilização de espécies que produzem madeira de baixa densidade, pois as mesmas geram maiores rendimentos em celulose, além de serem cozidas com maior facilidade e gerarem menos rejeitos (Foelkel, 1997).

Densidade básica no sentido radial

Os dados de densidade básica no sentido medula casca estão apresentados na Tabela 2, sendo que o desvio

padrão médio da densidade básica nesse sentido foi de 0,046 g cm⁻³.

Tabela 2. Variação radial da densidade básica média da madeira de *Pinus patula* com 9 anos de idade, no Estado de Santa Catarina.

Table 2. Radial variation of mean basic density of the wood of 9-year-old *Pinus patula* trees in Santa Catarina State.

| Posição | Densidade básica (g cm ⁻³) | Coefficiente de variação (%) |
|---------------|--|------------------------------|
| Interna | 0,287 a | 16,32 |
| Intermediária | 0,299 b | 12,49 |
| Externa | 0,335 c | 11,96 |
| Média | 0,307 | 15,07 |

Médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott, ao nível de 95% de probabilidade.

Ocorreu aumento da densidade básica da parte interna para a parte externa, no sentido radial da madeira (Tabela 2). Esse mesmo comportamento foi observado por Sousa et al. (2007) para indivíduos de *P. taeda* e por Melo et al. (2013), em estudo sobre a densidade da madeira de *P. elliotii*. Em geral, espécies de coníferas apresentam acréscimo na densidade básica no sentido medula-casca (Foelkel et al., 1975), principalmente pela maior proporção de lenho juvenil na parte interna da árvore (Melo et al., 2010).

A diferença da densidade básica da madeira no sentido radial é prejudicial para alguns setores da indústria, como para a produção de painéis compensados e vigas de madeira laminada colada, pois essa diferença pode prejudicar a colagem das lâminas, diminuindo a adesão do adesivo com a madeira (Plaster, 2008).

Densidade básica no sentido longitudinal

Os valores de densidade básica no sentido longitudinal são apresentados na Tabela 3. O desvio padrão médio da densidade básica no sentido longitudinal foi de 0,040 g cm⁻³.

O disco da base (0 m) apresentou maior densidade básica, sendo que em todas as outras alturas os valores foram semelhantes (Tabela 3). Esse padrão difere do mais comumente encontrado para *Pinus* spp., pois, cerca de 2/3 das espécies do gênero apresentam redução da densidade ao longo do fuste (Trianoski et al., 2013). Contudo, segundo Souza et al. (1986) não existe um modelo definido de variação da densidade básica da madeira no sentido longitudinal da árvore, uma vez que as informações encontradas na literatura são contrastantes.

Tabela 3. Variação longitudinal da densidade básica média da madeira de *Pinus patula* com 9 anos de idade, no Estado de Santa Catarina.

Table 3. Longitudinal variation of mean basic density of the wood of 9-year-old *Pinus patula* trees in Santa Catarina State.

| Altura (m) | Densidade básica (g cm ⁻³) | Coefficiente de variação (%) |
|------------|--|------------------------------|
| 0 | 0,335 a | 18,25 |
| 2 | 0,309 b | 17,72 |
| 4 | 0,305 b | 14,65 |
| 6 | 0,302 b | 14,15 |
| 8 | 0,302 b | 10,71 |
| 10 | 0,296 b | 11,06 |
| 12 | 0,299 b | 9,85 |

Médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 95% de probabilidade.

Concomitantemente com a variação média ao longo do fuste, foi observada uma relação entre a densidade básica no sentido radial (interna, intermediária e externa), com o aumento na altura da árvore (Figura 1).

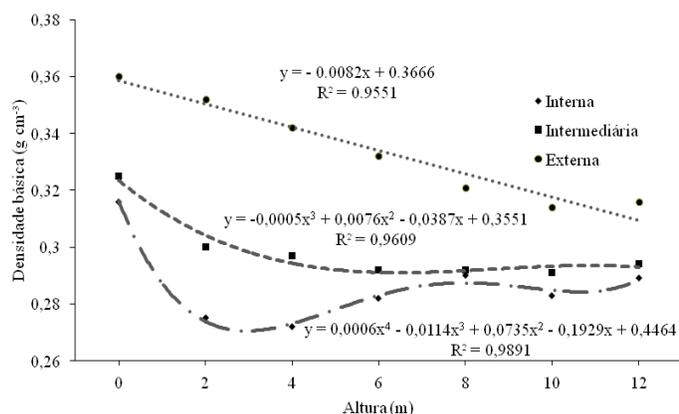


Figura 1. Variação da densidade básica nas posições interna, intermediária e externa em função da altura.

Figure 1. Variation of the basic density for the internal, intermediate and external positions as a function of height.

Foi possível observar que os ajustes (R^2) apresentaram resultados satisfatórios (Figura 1). Verificou-se a interação entre as variações da densidade básica nos sentidos radial e longitudinal, sendo que na parte externa do sentido radial a densidade apresentou um padrão linear de decréscimo ao longo do fuste. Por sua vez, nas porções intermediária e interna ocorreu redução da densidade básica da base para o topo, contudo essa redução não seguiu um padrão uniforme.

Conclusões

A densidade básica média de *Pinus patula* com 9 anos de idade foi de 0,307 g cm⁻³, ocorrendo aumento no sentido radial da parte interna para a parte externa. No sentido longitudinal foi observado decréscimo apenas da base até 2 m de altura.

Observou-se interação entre as variações da densidade básica nos sentidos radial e longitudinal, indicando que a densidade da madeira de *P. patula* varia nos diferentes sentidos de crescimento.

Referências

Aguiar, A. V. et al. Espécies de pinus mais plantadas no Brasil: *Pinus patula*. In: Aguiar, A. V. (Ed.). **Sistemas de produção: cultivo do pinus**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2014. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br>. Acesso em: 5 dez 2018.

Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas. **Anuário estatístico da ABRAF 2013**: ano base 2012. Brasília, DF, 2013. 149 p.

Ballarin, A.W. & Nogueira, M. Determinação do módulo de elasticidade da madeira juvenil e adulta de *Pinus taeda* por ultra-som. **Engenharia Agrícola**, v. 25, n. 1, p. 19-28, 2005.

Bartlett, M. S. Properties of sufficiency and statistical tests. **Proceedings of the Royal Society A**, v. 160, n. 901, p. 268-282, 1937. DOI: 10.1098/rspa.1937.0109.

Chimello, J. **Anotações sobre anatomia e identificação de madeiras**. São Paulo: IPT, 1980.

Chudnoff, M. **Tropical timbers of the world**. Washington, DC: U. S. Department of Agriculture, Forest Service, 1984. 466 p. (Agriculture handbook number, 607).

Dvorak, W. S. *Pinus patula* Schiede & Schltdl. & Cham. In: Vozzo, J. A. (Ed.). **Tropical tree seed manual**. [S.l.]: USDA Forest Service, 2003. p. 632-635.

Foelkel, C. E. B. et al. Variabilidade no sentido radial de madeira de *Pinus elliottii*. **IPEF**, n. 10, p. 1-11, 1975.

Foelkel, C. E. B. Qualidade da madeira de eucalipto para atendimento das exigências do mercado de celulose e papel. In: IUFRO CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT EUCALYPTS=CONFERÊNCIA IUFRO SOBRE SILVICULTURA E MELHORAMENTO DE EUCALIPTOS, 1997, Salvador. **Proceedings...= Anais...** Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 1997. v. 3, p. 15-22.

Higa, A. R. et al. Variação da densidade básica da madeira de *P. elliottii* var. *elliottii* e *P. taeda*. **IPEF, Piracicaba**, v. 7, p. 79-89, 1973.

Iwakiri, S. et al. Produção de chapas de madeira aglomerada de cinco espécies de pinus tropicais. **Floresta e Ambiente**, v. 8, n. 1, p. 137-142, 2001.

- Lusweti, A. et al. *Pinus patula* (Patula Pine). **Bionet-internacional**. Reino Unido, 2011. Disponível em: < [http://keys.lucidcentral.org/keys/v3/eafrinet/weeds/key/weeds/Media/Html/Pinus_patula_\(Patula_Pine\).htm](http://keys.lucidcentral.org/keys/v3/eafrinet/weeds/key/weeds/Media/Html/Pinus_patula_(Patula_Pine).htm)>. Acesso em: 27 nov 2018.
- Melo, J. E. de et al. Classes de densidade para madeiras da Amazônia brasileira. **Silvicultura**, v. 12, n. 42, p. 695-699, 1992. Edição dos Anais do Congresso Florestal Brasileiro, 6., 1990, Campos do Jordão.
- Melo, R. R. et al. Caracterização física e mecânica da madeira de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 5, n. 1, p. 67-73, 2010.
- Melo, R. R. et al. Variação radial e longitudinal da densidade básica da madeira de *Pinus elliottii* Engelm. com diferentes idades. **Ciência da Madeira**, v. 4, n. 1, p. 83-92, 2013.
- Mendes, L. M. et al. Variação da densidade da madeira de *Pinus oocarpa* Schiede ex Schtdl. no sentido longitudinal dos caules. **Cerne**, v. 5, n. 1, 1999.
- Moreschi, J. C. **Propriedades tecnológicas da madeira**. Curitiba: Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal da UFPR, 2005.
- Moura, V. P. G. et al. Variação da densidade da madeira de espécies e procedências de *Pinus* Centro-Americanos em três locais na região dos Cerrados. **Boletim de Pesquisa Florestal**, n. 22/23, p. 29-44, 1991.
- Plaster, O. B. et al. Comportamento de juntas coladas da madeira serrada de *Eucalyptus* sp. **Cerne**, v. 14, n. 3, p. 251-258, 2008.
- Scott, A. J. & Knott, M. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, p. 507-512, 1974.
- Sousa, R. C. et al. Efeito da idade e da posição radial na densidade básica e dimensões dos traqueídeos da madeira de *Pinus taeda* L. **Revista do Instituto Florestal**, v. 19, n. 2, p. 119-127, 2007.
- Souza, V. R. et al. Densidade básica entre procedências, classes de diâmetro e posição em árvores de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna*. **IPEF**, v. 3, p. 63-72. 1986.
- Tomazello Filho, M. Variação radial da densidade básica e da estrutura anatômica da madeira do *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus grandis*. **IPEF**, n. 29, p. 37-45, 1985.
- Trianoski, R. et al. Variação longitudinal da densidade básica da madeira de espécies de *Pinus* tropicais, **Floresta**, v. 43, n. 3, 2013.
- Trugilho, P. F. et al. Influência da idade nas características físico-químicas e anatômicas da madeira de *Eucalyptus saligna*. **Cerne**, v. 2, n. 1, p. 15, p, 1996.
- Vital, B. R. **Métodos de determinação da densidade da madeira**. Viçosa, MG: Sociedade de Investigação Florestal, 1984. 21 p.