

Avaliação da Estabilidade Dimensional de Espécies de Pinus Tropicais

Rosilani Trianoski¹, Jorge Luis Monteiro de Matos¹,
Setsuo Iwakiri¹, José Guilherme Prata¹

¹Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal – DETE,
Universidade Federal do Paraná – UFPR, Curitiba/PR, Brasil

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a estabilidade dimensional de espécies de Pinus tropicais, além de estabelecer correlações entre a contração volumétrica, a anisotropia de contração e a massa específica. Foram utilizadas sete espécies de Pinus tropicais: *Pinus caribaea* var. *bahamensis*, *Pinus caribaea* var. *caribaea*, *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, *Pinus chiapensis*, *Pinus maximinoi*, *Pinus oocarpa* e *Pinus tecunumanii*, mais o *Pinus taeda* (referência), todas provenientes de plantios experimentais com 17 e 18 anos, localizados em Ventania-PR e Itararé-SP. A estabilidade dimensional foi avaliada segundo a Norma COPANT 462 (1972c). Os resultados indicaram que o *Pinus chiapensis* é uma espécie pouco estável ($A_c > 2,6$) e as demais espécies de Pinus tropicais e o *Pinus taeda* apresentam estabilidade média baixa (2,1 a 2,5). As correlações entre as propriedades propostas não se apresentaram fortemente correlacionadas, provavelmente em virtude da presença de resina e extrativos, os quais alteraram a massa específica, inibindo a contração.

Palavras-chave: qualidade da madeira, contração, anisotropia.

Evaluation of Dimensional Stability of Tropical Pine Species

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the dimensional stability of tropical pine species and establish correlations between shrinkage, anisotropy, and density. Seven species of tropical pines were utilized: *Pinus caribaea* var. *bahamensis*, *Pinus caribaea* var. *caribaea*, *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, *Pinus chiapensis*, *Pinus maximinoi*, *Pinus oocarpa*, and *Pinus tecunumanii*; *Pinus taeda* was also used as reference. The samples were from 17 and 18-year-old experimental plantings located in the municipalities of Ventania, State of Parana and Itararé, State of Sao Paulo. Dimensional stability was evaluated according to the COPANT 462 (1972c) norm. The results indicated that *Pinus chiapensis* is an unstable species ($A_c > 2.6$), and that other tropical pine species and *Pinus taeda* presented low average stability (2.1 to 2.5). There were no strong correlations between the properties proposed probably due to the presence of resin and extractives, which can alter density and inhibit contraction.

Keywords: wood quality, shrinkage, anisotropy.

1. INTRODUÇÃO

As alterações dimensionais e a anisotropia de contração são características indesejáveis para a madeira, limitando o seu uso para diversas finalidades (Keinert Junior et al., 1992) e exigindo técnicas adequadas de processamento e utilização (Kollmann, 1959; Durlo & Marchiori, 1992). Desta forma, o estudo e o conhecimento do comportamento destas alterações em diferentes espécies, sobretudo nas de rápido crescimento, são essenciais para sua correta utilização industrial, tanto na construção civil como na produção de móveis e outros produtos sólidos de maior valor agregado.

Dentre as espécies de rápido crescimento, destacam-se as do gênero *Pinus*, com aproximadamente 1,6 milhão de hectares de área de plantios comerciais (ABRAF, 2012). Segundo Prata (2006), as maiores áreas plantadas são de *Pinus taeda* e *Pinus elliottii*, localizadas principalmente nas Regiões Sul e Sudeste por apresentarem boa adaptação ao clima e ao tipo de solo.

Em função deste fato, são as duas espécies de *Pinus* mais utilizadas industrialmente; no entanto, pesquisas têm sido direcionadas para avaliar o potencial de algumas espécies de *Pinus* tropicais em termos silviculturais e de qualidade da madeira, visando a promover plantios em escala comercial para fins de produção industrial (Iwakiri et al., 2009). Segundo o levantamento da Abraf, citado por Prata (2010), do total das florestas plantadas com espécies do gênero *Pinus*, aproximadamente 20% desta área são das espécies tropicais.

Uma das barreiras apresentadas pelas espécies de *Pinus* tropicais para o aumento das áreas de plantio e, principalmente, para sua utilização diz respeito ao desconhecimento das propriedades de sua madeira; isto induz e fortalece ainda mais a necessidade de estudos de caracterização das propriedades tecnológicas da madeira destas espécies.

Nesse contexto, em razão da importância do conhecimento das propriedades da madeira, sobretudo de espécies de rápido crescimento, que têm se tornando uma importante fonte de suprimento para a indústria de base florestal, tanto pelo aumento do volume ofertado como pelo aumento da diversidade de matéria-prima, esta

pesquisa tem como objetivos avaliar as propriedades de estabilidade dimensional de sete espécies de *Pinus* tropicais, compará-las com o *Pinus taeda* (referência) e estabelecer correlações entre as propriedades de contração volumétrica, anisotropia de contração e massa específica da madeira.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas nesta pesquisa sete espécies de *Pinus* tropicais: *Pinus caribaea* var. *bahamensis*, *Pinus caribaea* var. *caribaea*, *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, *Pinus chiapensis*, *Pinus maximinoi*, *Pinus oocarpa* e *Pinus tecunumanii*. O *Pinus taeda*, espécie de clima temperado, foi também utilizado na pesquisa como parâmetro de comparação de propriedades, visto que é a espécie de *Pinus* com maior área plantada e a mais utilizada industrialmente.

Todas as espécies são provenientes de plantios experimentais com 17 e 18 anos de idade, em espaçamento 2,5 m × 2,5 m, localizados nas regiões de Itararé-SP (24° 06' 33" S e 49° 19' 57" W) e Ventania-PR (24° 14' 45" S e 50° 14' 34" W), de propriedade da Valor Florestal em parceria com a Central América and México Coniferous Resources Cooperative (CAMCORE) e o Centro de Conservação Genética e Melhoramento de Pinheiros Tropicais (CCGMPT).

Foram coletadas cinco árvores por espécie (COPANT 458, 1972a), as quais foram seccionadas nas posições de 0%, 25%, 50%, 75% e 100% da altura comercial. De cada tora, foi selecionado sistematicamente um torete (1 m) para a confecção dos corpos de prova para o estudo da estabilidade dimensional, compreendendo, desta forma, toda a variabilidade existente no fuste. Após a confecção, os corpos de prova foram medidos nos seguintes estados: verde (saturado), a 12% de umidade de equilíbrio e a 0% de umidade, conforme procedimento da Norma COPANT 462 (1972c) – Método de determinación de la contracción. Foram também determinadas as massas específicas nas respectivas condições de ensaio, segundo a Norma COPANT 461 (1972b) - Determinación del peso específico aparente.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise estatística por meio de testes: Teste de Grubbs, Teste Shapiro Wilks, Teste de Bartlett e Análise

de Variância (ANOVA). Quando necessário, foi efetuada a transformação das variáveis por meio de funções matemáticas para se obter homogeneidade de variâncias. Rejeitada a hipótese de igualdade, os dados foram submetidos ao Teste de Tukey para comparação das médias entre as espécies. Foram também realizadas análises de correlação (Pearson) entre estabilidade dimensional e massa específica, a fim avaliar as relações existentes entre as propriedades. Todas as análises estatísticas propostas foram efetuadas no Programa *Statgraphics Centurion XV*, a 5% de probabilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, são apresentados os valores médios das contrações radial, tangencial e volumétrica, e da anisotropia de contração. São apresentados também os valores médios de massa específica verde, massa específica aparente a 12% e 0% de umidade, e massa específica básica, para fins de comparação.

Para a contração tangencial, os valores variaram entre 5,74% e 6,55%, sendo o menor valor médio apresentado pelo *Pinus caribaea* var. *hondurensis*

e o valor mais elevado, obtido a partir do *Pinus tecunumanii*. Comparando-se com a espécie utilizada como referência, é possível constatar que nenhuma das espécies apresentou diferença estatística significativa em relação ao *Pinus taeda*. Por outro lado, foram evidenciadas diferenças estatísticas significativas entre as espécies *Pinus tecunumanii*, *Pinus oocarpa*, *Pinus chiapensis* e *Pinus caribaea* var. *hondurensis*.

Em relação à contração radial, os valores médios variaram de 1,88% a 3,38%, sendo o *Pinus taeda* a espécie que apresentou o maior valor médio, o qual diferiu estatisticamente de todas as espécies, exceto do *Pinus oocarpa*. O menor valor foi apresentado pelo *Pinus chiapensis*, sendo este estatisticamente diferente de todas as demais espécies estudadas.

Para a contração volumétrica, o intervalo de variação foi de 8,67% a 10,65%, estando em conformidade com os valores apresentados por Koch (1972), que afirma que, em espécies do gênero *Pinus*, é bastante comum encontrar contrações de até 12%. Para esta variável, o maior valor médio foi obtido a partir do *Pinus taeda*; esta espécie não apresentou diferença estatística significativa em

Tabela 1. Resultados médios da estabilidade dimensional e da massa específica das espécies de *Pinus* tropicais e *Pinus taeda*.

Table 1. Average values of dimensional stability and wood density of tropical pines species and *Pinus taeda*.

Espécie	β_{TANG}	β_{RAD}	β_{VOL}	A_c	ME _{verde}	ME _{12%}	ME _{básica}	ME _{0%}
	(%)	(%)	(%)		(g/cm ³)	(g/cm ³)	(g/cm ³)	(g/cm ³)
<i>Pinus caribaea</i> var. <i>bahamensis</i>	6,12 ^{ab} (22,17)	2,64 ^{bc} (37,16)	8,78 ^c (22,25)	2,51 ^b (25,67)	0,769 ^b (26,70)	0,456 ^{de} (17,30)	0,382 ^{de} (16,52)	0,420 ^{ef} (18,22)
<i>Pinus caribaea</i> var. <i>caribaea</i>	6,01 ^{ab} (27,10)	2,62 ^{bc} (40,22)	8,69 ^c (26,48)	2,45 ^b (20,38)	0,761 ^b (24,23)	0,477 ^{cd} (22,66)	0,411 ^c (27,98)	0,440 ^{de} (23,06)
<i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i>	5,74 ^b (21,65)	2,42 ^c (31,66)	8,95 ^{bc} (22,79)	2,52 ^b (28,36)	0,991 ^a (14,36)	0,497 ^{bc} (14,10)	0,417 ^{cd} (13,81)	0,459 ^{cd} (14,85)
<i>Pinus chiapensis</i>	5,77 ^b (22,55)	1,88 ^d (30,75)	8,67 ^c (19,12)	3,26 ^a (27,14)	0,781 ^b (24,71)	0,442 ^c (10,77)	0,373 ^c (10,82)	0,408 ^f (10,72)
<i>Pinus maximinoi</i>	6,34 ^{ab} (18,76)	2,74 ^{bc} (31,47)	9,86 ^{ab} (20,51)	2,45 ^b (28,30)	0,964 ^a (17,95)	0,519 ^{ab} (16,25)	0,434 ^{abc} (14,44)	0,482 ^{abc} (14,58)
<i>Pinus oocarpa</i>	6,47 ^a (24,17)	2,89 ^{ab} (38,30)	10,22 ^a (25,97)	2,45 ^b (33,03)	0,984 ^a (17,89)	0,547 ^a (15,11)	0,452 ^{ab} (14,26)	0,505 ^{ab} (15,79)
<i>Pinus tecunumanii</i>	6,55 ^a (21,67)	2,81 ^{bc} (35,55)	10,07 ^a (23,67)	2,50 ^b (24,76)	0,988 ^a (16,85)	0,555 ^a (13,24)	0,463 ^a (12,70)	0,516 ^a (14,30)
<i>Pinus taeda</i> (referência)	6,44 ^{ab} (17,92)	3,38 ^a (38,30)	10,64 ^a (20,85)	2,20 ^c (28,08)	0,960 ^a (7,25)	0,502 ^{bc} (17,29)	0,415 ^{cde} (16,22)	0,467 ^{bcd} (18,53)
<i>p</i>	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*

β_{TANG} : Contração tangencial; β_{RAD} : Contração radial; β_{VOL} : Contração volumétrica; A_c : Anisotropia de contração; ME_{verde}: Massa específica verde; ME_{12%}: Massa específica aparente a 12%; ME_{básica}: Massa específica básica; ME_{0%}: Massa específica a 0%; Médias seguidas de mesma letra na mesma coluna são estatisticamente iguais pelo Teste de Tukey a 95% de probabilidade; *significativo a 5% de probabilidade; ^{ns}não significativo; Valores entre parênteses referem-se ao coeficiente de variação das amostras.

relação às espécies *Pinus maximinoi*, *Pinus oocarpa* e *Pinus tecunumanii*, formando um grupo homogêneo superior de maior contração volumétrica. Diversamente, o *Pinus chiapensis* apresentou o menor valor médio, sendo este estatisticamente igual às três variedades de *Pinus caribaea*. Vale ressaltar que embora o *Pinus maximinoi* tenha sido agrupado em uma classe superior de contração volumétrica, esta espécie não apresenta diferença estatística significativa em relação ao *Pinus caribaea* var. *hondurensis*.

De maneira geral e segundo os intervalos de variação descritos por Tsoumis (1991), para contração de madeiras classificadas como *softwood*, verifica-se que todas as espécies apresentaram-se dentro da faixa de variação de 4,0% a 9,1% para contração tangencial, de 2,1% a 5,1% para contração radial, e de 6,8% a 14% para contração volumétrica. Ressalta-se que apenas o *Pinus chiapensis* apresentou valor médio de contração radial (1,88%) ligeiramente abaixo do valor mencionado pelo referido autor, o que possivelmente implica em menor estabilidade dimensional da espécie.

Para a anisotropia de contração, observa-se que a maior razão entre contração tangencial e contração radial foi observada na espécie *Pinus chiapensis*, com valor de 3,26, que apresenta diferença estatística significativa em relação às demais espécies estudadas. Já o menor valor médio de anisotropia de contração foi apresentado pelo *Pinus taeda* (2,20), sendo este, também, estatisticamente diferente de todas as outras espécies. Entre as demais espécies de Pinus tropicais, os valores médios variaram na faixa de 2,54 a 2,52, formando um grupo homogêneo intermediário de anisotropia.

Estabelecendo-se classes de qualidade em função do coeficiente de anisotropia, segundo a classificação apresentada por Klitzke (2007), verifica-se que nenhuma espécie apresentou anisotropia de contração inferior a 1,5 e no intervalo entre 1,6 a 2,0, o que caracteriza madeiras estáveis e de excelente qualidade, e madeira com qualidade normal, respectivamente. Exceto o *Pinus chiapensis*, todas as demais espécies apresentaram anisotropia de contração no intervalo de 2,1 a 2,5, caracterizando espécies com madeira de qualidade média baixa, nas quais podem ocorrer defeitos – como rachaduras,

empenamentos, trincas superficiais, etc –, caso o processo de secagem não seja bem conduzido. Para o *Pinus chiapensis*, a anisotropia de contração foi de 3,26, o que caracteriza a espécie como produtora de madeira muito instável e de baixa qualidade (>2,6), requerendo, assim, cuidados específicos durante a secagem.

Em observação aos coeficientes de variação encontrados para as propriedades estudadas, verifica-se que os valores médios apresentam-se bastante elevados; no entanto, estes podem ser justificados principalmente pelo tipo de amostragem adotada, que compreende todo o fuste comercial e engloba toda a variabilidade existente na árvore. Além disso, a presença de madeira juvenil e adulta nas árvores, as quais apresentam propriedades opostas entre si pelas suas características anatômicas, físicas e químicas (instabilidade × estabilidade), possivelmente contribuiu para elevar ainda mais o coeficiente de variação.

Em comparação com resultados disponíveis na literatura para estas mesmas espécies, verifica-se que Banks (1977) obteve valores médios de 6,70%, 3,20%, 10,30% e 2,09, para contração tangencial, radial, volumétrica e anisotropia de contração, respectivamente, a partir do *Pinus caribaea* var. *caribaea*, oriundo de plantios de 26 anos, em que, possivelmente, a maior idade e outras condições de crescimento implicaram em maior massa específica (0,546 g/cm³ a 12% de umidade). Esta maior massa específica provavelmente aumentou os valores de contração nos diferentes planos anatômicos; no entanto, tornou a diferença de contração nos planos tangencial e radial menor, gerando, assim, menor coeficiente de anisotropia, o que confirma que a madeira com maior idade é mais estável.

Em relação ao *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, Klock (1989) apresenta, para plantio de 14 anos, contrações médias de 6,53% para o sentido tangencial, 3,39% para o sentido radial, contração volumétrica de 9,93%, e anisotropia de contração média de 2,03. Para o povoamento de 20 anos, este mesmo autor descreve valores médios de 8,10% para contração tangencial, 4,01% para contração radial, 12,07% para contração volumétrica e anisotropia de contração média de 2,23. Em relação a estes resultados, é observado que os valores médios obtidos na

presente pesquisa para as contrações são inferiores; no entanto, o índice de anisotropia é superior em ambos os casos. Gonzalez et al. (2009), avaliando árvores desta espécie, obtiveram valores de 5,73% a 6,18% para contração tangencial, 3,35% a 4,17% para contração radial, 9,54% a 9,90 para contração volumétrica e anisotropia de contração entre 1,37 a 1,84. Em comparação a esses dados referenciais, nota-se que os valores das contrações obtidas neste trabalho foram menores; no entanto, a anisotropia de contração foi maior. Este resultado pode ser explicado pelo fato de que tais autores utilizaram em seu experimento árvores com 23 anos de idade, cuja madeira apresenta maior massa específica ($0,46 \text{ g/cm}^3$) e as contrações são normalmente maiores na madeira de massa específica mais elevada (Tsoumis, 1991). Vicente et al. (2005), estudando esta mesma espécie, determinaram valores médios de 6,05%, 3,45% e 9,53% para contração tangencial, radial e volumétrica, respectivamente, e coeficiente de anisotropia de 1,80, a partir de árvores de 19 anos localizadas em Planaltina-DF. Nota-se que os valores das contrações foram ligeiramente superiores; no entanto, a anisotropia de contração foi bem menor.

Para o *Pinus chiapensis*, Malan (2001), estudando a qualidade da madeira desta espécie, com 14 anos de idade e localizada na região de Mpumalanga, na África do Sul, apresenta valores médios de contração tangencial no intervalo de 5,80% a 7,30%, e contração radial entre 1,50% e 2,10%. Consequentemente, a partir destes resultados, supõe-se que a contração volumétrica apresentou variação no intervalo de 7,30% a 9,40%. Embora não se possa fazer uma comparação direta com os resultados deste trabalho, em virtude de que o referido autor apresenta valores médios por regiões de crescimento, pode-se dizer que os valores obtidos a partir das duas pesquisas apresentam resultados similares, mesmo crescendo em regiões distintas.

Em relação ao *Pinus maximinoi*, observa-se que os valores médios são similares aos apresentados por Klock (2000), que obteve contração tangencial de 6,06%, contração radial de 2,92%, contração volumétrica de 9,08% e anisotropia de contração de 2,21. Esperava-se que, por serem utilizados os mesmos plantios, no entanto com diferentes idades (10×18 anos), os valores determinados pelo referido autor apresentassem um comportamento

mais instável (anisotropia de contração maior), por se tratar exclusivamente de madeira juvenil e com menor massa específica. Por outro lado, esse resultado pode também ser justificado pela posição de retirada das amostras, em que Klock (2000) utilizou corpos de prova retirados entre o DAP e 25% da altura comercial, diferindo deste trabalho, no qual foram obtidas amostras em todas as alturas do fuste comercial.

Em relação às propriedades dimensionais da espécie *Pinus oocarpa*, Klock (1989) descreve resultados médios (região interna + região externa) para contração tangencial de 6,74% e 7,17%; contração radial, de 3,41% e 3,68%; contração volumétrica média, de 10,14% e 10,76%, e anisotropia de contração, de 2,03 e 2,04, para árvores obtidas em plantios na região de Agudos-SP, com 14 e 18 anos, respectivamente. Os resultados médios determinados na presente pesquisa para as contrações nos diferentes planos permitem afirmar que são similares aos resultados das contrações obtidas por Klock (1989) para ambas as idades; no entanto, a anisotropia de contração encontrada pelo referido autor é relativamente menor à deste trabalho, indicando que a madeira proveniente do plantio de Ventania-PR possui comportamento mais instável.

Para a espécie *Pinus tecunumanii*, Vicente et al. (2005) apresentam resultados médios de 5,58% para contração tangencial, 3,09% para contração radial, 8,81% para contração volumétrica e 1,85 para anisotropia de contração, a partir de diferentes procedências, de 19 e 20 anos, plantadas na região de Planaltina-DF. Moraes Neto et al. (2009) encontraram valores médios de 7,10%, 3,80%, 11,40% e 2,07, para contração tangencial, radial, volumétrica e anisotropia de contração, respectivamente, para árvores de 23 anos, também plantadas na região de Planaltina; no entanto, estas árvores eram de procedências diferentes. Verifica-se que os resultados apresentados nas diferentes pesquisas apresentam similaridades e as prováveis diferenças estão associadas aos aspectos de idade, massa específica, amostragem, condições de crescimento e, consequentemente, diferentes procedências.

Para o *Pinus taeda*, espécie utilizada como referência em relação às espécies de *Pinus* tropicais,

os valores das propriedades de estabilidade dimensional são similares aos valores mencionados pelo USDA (1985), por Keinert Junior et al. (1992), Klock (2000), Chies (2005) e Oliveira et al. (2006).

Na Tabela 2, são apresentados os resultados médios dos coeficientes de retratibilidade obtidos a partir das espécies estudadas.

Os resultados indicam que a espécie utilizada como referência apresentou os maiores valores médios para dois dos três coeficientes avaliados (radial e volumétrico). Entre as espécies de *Pinus* tropicais, o *Pinus tecunumanii* se destacou nos coeficientes tangencial e radial, e o *Pinus caribaea* var. *hondurensis* apresentou o maior percentual de variação volumétrica com a variação do teor de umidade.

Observa-se também, para os coeficientes de retratibilidade, elevados valores de coeficientes de variação, os quais são calculados utilizando-se o conjunto de dados apresentados na Tabela 1, e que já apresentaram elevada variação entre as amostras. Comparando-se os resultados indicados na Tabela 2 com os valores mencionados na literatura, verifica-se que tais valores são similares aos apresentados por

Moreschi (2010), que apresenta valores de 0,26%/ e 0,15%/ para coeficientes de retratibilidade tangencial e radial, respectivamente, a partir de *Pinus* sp.

3.1. Correlações entre massa específica, contração volumétrica e anisotropia de contração

Na Tabela 3, são apresentados os valores obtidos para as relações existentes entre massa específica, contração volumétrica e anisotropia de contração.

Os coeficientes de correlações demonstram relações positivas entre massa específica e contração volumétrica para a maioria das espécies; no entanto, estas duas propriedades não se apresentam fortemente correlacionadas em grande parte dos casos. Estas baixas correlações podem ser explicadas segundo a justificativa de Choong et al. (1989), os quais, avaliando *Pinus palustris* e *Pinus elliottii*, também não obtiveram boas correlações entre estas propriedades, e atribuíram este resultado à formação de cerne e ao elevado teor de extrativos nesta região; tais características não favorecem apenas a elevação da massa específica, mas também inibem a contração

Tabela 2. Resultados médios dos coeficientes de retratibilidade.

Table 2. Average values of shrinkage coefficients.

Espécie	Q_{TANG}	Q_{RAD}	Q_{VOL}
	(%/%)	(%/%)	(%/%)
<i>Pinus caribaea</i> var. <i>bahamensis</i>	0,239 ^b (24,67)	0,110 ^{cd} (41,65)	0,363 ^d (23,53)
<i>Pinus caribaea</i> var. <i>caribaea</i>	0,245 ^b (29,82)	0,114 ^{cd} (45,41)	0,376 ^{cd} (28,91)
<i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i>	0,253 ^{ab} (30,45)	0,128 ^{abc} (37,54)	0,426 ^{ab} (28,02)
<i>Pinus chiapensis</i>	0,247 ^b (24,97)	0,080 ^e (36,21)	0,378 ^{bcd} (20,06)
<i>Pinus maximinoi</i>	0,251 ^{ab} (33,34)	0,127 ^{bcd} (35,15)	0,415 ^{abc} (29,52)
<i>Pinus oocarpa</i>	0,226 ^b (43,03)	0,107 ^d (41,02)	0,373 ^{cd} (30,17)
<i>Pinus tecunumanii</i>	0,276 ^a (21,60)	0,139 ^{ab} (32,43)	0,411 ^a (23,80)
<i>Pinus taeda</i> (referência)	0,253 ^{ab} (17,47)	0,150 ^a (35,72)	0,447 ^a (21,46)
<i>p</i>	0,001*	0,000*	0,000*

Q_{TANG} : Coeficiente de retratibilidade tangencial; Q_{RAD} : Coeficiente de retratibilidade radial; Q_{VOL} : Coeficiente de retratibilidade volumétrica. Médias seguidas de mesma letra na mesma coluna são estatisticamente iguais pelo Teste de Tukey a 95%. Valores entre parênteses referem-se ao coeficiente de variação entre amostras.

Tabela 3. Correlações entre massa específica básica, contração volumétrica e anisotropia de contração.**Table 3.** Correlations between wood density, volumetric contraction and anisotropy.

Espécie	Variável	β_{VOL}	A_c	Variável	A_c
<i>Pinus caribaea</i> var. <i>bahamensis</i>	ME _{básica}	0,64*	-0,58	β_{VOL}	-0,52
<i>Pinus caribaea</i> var. <i>caribaea</i>	ME _{básica}	0,25	-0,50	β_{VOL}	-0,88*
<i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i>	ME _{básica}	0,37	-0,08	β_{VOL}	-0,38
<i>Pinus chiapensis</i>	ME _{básica}	-0,47	-0,11	β_{VOL}	-0,56
<i>Pinus maximinoi</i>	ME _{básica}	0,69	0,20	β_{VOL}	-0,69
<i>Pinus oocarpa</i>	ME _{básica}	0,49	-0,27	β_{VOL}	-0,68
<i>Pinus tecunumanii</i>	ME _{básica}	0,67*	-0,53	β_{VOL}	-0,38
<i>Pinus taeda</i>	ME _{básica}	0,87*	-0,57	β_{VOL}	-0,37

β_{vol} : Contração volumétrica; A_c : Anisotropia de contração; *significativos a 95% de probabilidade; sinal negativo (-) indica que a propriedade está inversamente correlacionada à massa específica.

por ocuparem a região amorfa na celulose da parede celular. Desta forma, considerando-se a explicação dos autores mencionados, vale lembrar que as três variedades do *Pinus caribaea* são produtoras de resina, segundo a literatura (Capitani et al., 1980; Chudnoff, 1984; Gibson, 1987; Francis, 1992; Gurgel Garrido et al., 1996; Freitas et al., 2005; Missio et al., 2007), assim como o *Pinus oocarpa* (Lamprecht, 1990); conclui-se, a partir destas justificativas, que as baixas correlações apresentadas na Tabela 3 podem estar associadas a este fator. Para o *Pinus maximinoi*, embora a literatura não mencione a presença de resina na espécie, foram verificadas regiões com formação de cerne, assim como para o *Pinus chiapensis*, na medida em que Dvorak & Donahue (1988) e Mendes (2001) afirmam que a madeira produzida por esta última espécie apresenta zona de cerne bem definida. Para o *Pinus tecunumanii* e, principalmente, para o *Pinus taeda*, que não apresentam a presença de resina nem elevados teores de extrativos, as propriedades apresentam-se melhor correlacionadas.

Os coeficientes de correlação obtidos a partir das variáveis massa específica e anisotropia de contração não apresentaram correlações significativas para todas as espécies, estando este resultado, possivelmente, associado aos fatores produção de resina e presença de extrativos, como relatado no parágrafo anterior.

Diversamente, a relação negativa – tanto para as correlações entre massa específica e anisotropia de contração quanto para contração volumétrica e anisotropia – se deve ao fato de que quanto menor a massa específica, menor é a contração volumétrica e

maior é a anisotropia de contração, ou seja, quando a contração volumétrica sofre alteração positiva, ocorre a tendência de redução do coeficiente de anisotropia.

4. CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos, as seguintes conclusões podem ser apresentadas:

- As espécies de *Pinus* tropicais, nas condições deste estudo, apresentaram instabilidade dimensional média alta, o que indica produção de madeira com qualidade média baixa;
- O *Pinus chiapensis*, entre as espécies de *Pinus* tropicais estudadas, é a espécie mais instável (>2,6), o que indica produção de madeira de baixa qualidade para geração de produtos sólidos;
- Todas as espécies de *Pinus* tropicais apresentaram anisotropia de contração superior ao *Pinus taeda*, espécie tradicionalmente utilizada pela indústria madeireira; e
- As correlações entre massa específica, contração volumétrica e anisotropia de contração também não se apresentaram fortes, provavelmente em função da presença de resina e extrativos nas espécies estudadas, os quais alteraram a massa específica e inibiram a contração.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela concessão de bolsa de estudos e a empresa Valor Florestal pelo uso dos plantios experimentais.

STATUS DA SUBMISSÃO

Recebido: 05/09/2012

Aceito: 24/01/2013

Publicado: 30/09/2013

AUTOR(ES) PARA CORRESPONDÊNCIA

Rosilani Trianoski

Departamento de Engenharia e
Tecnologia Florestal – DETF,
Universidade Federal do Paraná – UFPR,
CEP 80210-170, Curitiba, PR, Brasil
e-mail: rosillani@gmail.com

REFERÊNCIAS

- Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas – ABRAF. *Anuário estatístico da ABRAF 2012*: ano base 2011. Brasília; 2012. 149 p.
- Banks CH. Some observations on the quality of the timber of South African grown *Pinus caribaea* var. *caribaea* and var. *hondurensis*. *South African Forestry Journal* 1977; 102: 1-7. <http://dx.doi.org/10.1080/00382167.1977.9629779>
- Capitani LR, Speltz GE, Brito JO, Barricheli LEGA. Potencialidade de resinagem de quatro espécies de Pinus tropicais, na região de Sacramento – MG. *Circular Técnica IPEF* 1980; 10: 10 p.
- Chies D. *Influência do espaçamento sobre a qualidade e o rendimento da madeira serrada de Pinus taeda L.* [dissertação]. Curitiba: Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná; 2005.
- Choong DJ, Fogg PJ, Shoulders E. Cultural treatment and Wood-type effects on Wood properties. *Wood and Fiber Science* 1989; 21(2): 193-206.
- Chudnoff M. *Tropical Timbers of the World*. Washington: USDA; 1984. Agriculture Handbook.
- Comissão Panamericana de Normas Técnicas – COPANT. *COPANT 458*: Amostragem. COPANT; 1972a.
- Comissão Panamericana de Normas Técnicas – COPANT. *COPANT 461*: Determinación del peso específico aparente. COPANT; 1972b.
- Comissão Panamericana de Normas Técnicas – COPANT. *COPANT 462*: Método de determinación de la contracción. COPANT; 1972c.
- Durlo MA, Marchiori, JNC. *Tecnologia da madeira*: retratibilidade. Santa Maria: UFSM; 1992.
- Dvorak WS, Donahue JK. *Pinus maximinoi seed collections in México and Central América*. CAMCORE; 1988.
- Francis JK. *Pinus caribaea Morelet. Caribbean pine*. New Orleans: Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station; 1992.
- Freitas MM, Sebbenn, AM, Marais E, Zanatto ACS, Sousa CMR, Lemos SV. Parâmetros genéticos em progênies de polinização aberta de *Pinus caribaea* var. *bahamensis*, aos 22 anos de idade. *Revista do Instituto Florestal* 2005; 17(1): 103-111.
- Gibson GL. A review of provenance testing of commercially important tropical pines. In: *Anais do simpósio sobre silvicultura y mejoramiento genético de espécies forestales*; 1987; Buenos Aires. Buenos Aires: CIEF; 1987. p. 29-61.
- Gonzalez JC, Vieira FS, Camargos JAA, Zerbini NJ. Influência do sítio nas propriedades da madeira de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. *Cerne* 2009; 15(2): 251-255.
- Gurgel Garrido LMA, Romanelli RC, Garrido MAO. Variabilidade genética de produção de resina, DAP e altura em *Pinus caribaea* Mor. var. *bahamensis*. Barr. et Golf. *Revista do Instituto Florestal* 1996; 8(1): 89-98.
- Iwakiri S, Matos J LM, Lima AJM, Ferreira ES, Batista DC, Romão SAA. Produção de painéis compensados de Pinus tropicais colados com resina fenol-formaldeído. *Floresta* 2009; 39(3): 669-673.
- Keinert Junior S, Rozas ECE, Esturion JA, Matsunaga DK, Michaque MAM, Rincoski CR. Relação entre a contração e o teor de umidade da madeira de *Pinus taeda* e *Pinus elliottii*, em vários ângulos de grã. *Ciência Florestal* 1992; 2(1): 81-86.
- Klitzke RJ. Secagem da madeira. In: Oliveira JTS, Fiedler NC, Nogueira M, editor. *Tecnologias aplicadas ao setor florestal brasileiro*. Jerônimo Monteiro; 2007.
- Klock U. *Qualidade da madeira de Pinus oocarpa Schiede e Pinus caribaea var. hondurensis Barr e Golf.* [dissertação]. Curitiba: Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná; 1989.
- Klock U. *Qualidade da madeira de Pinus maximinoi H. E. Moore* [tese]. Curitiba, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, 2000.
- Koch P. *Utilization of the Southern pines*. Madison: USDA Forest Service Agricultural; 1972.
- Kollmann FFP. *Tecnologia de la Madera y sus aplicaciones*. Madrid: Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias y Servicio de la Madera; 1959.
- Lamprecht H. *Silvicultura nos trópicos: ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas – possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado*. Rossdorf: TZ – Verl.- Ges; 1990.

- Malan FS. The wood quality of *Pinus chiapensis* (Mart.) Andresen grown in the Mpumalanga forest region. *Southern African Forestry Journal* 2001; 192: 51-58. <http://dx.doi.org/10.1080/20702620.2001.10434133>
- Mendes LM. *Pinus* spp. na produção de painéis de partículas orientadas (OSB) [tese]. Curitiba: Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná; 2001.
- Missio RF, Moraes MLT, Dias LAS. Efeito do desbaste seletivo sobre a divergência genética em progênies de *Pinus caribaea* Morelet var. *bahamensis*. *Scientia Forestalis* 2007; 73: 27-36.
- Moraes Neto SP, Melo JT, Teles RF, Rodrigues TO. Variação das propriedades físicas da madeira de cinco procedências de *Pinus tecunumanii* no Cerrado do Distrito Federal. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento* 2009, 252: 1-20.
- Moreschi JC. *Propriedades tecnológicas da madeira*. 3. ed. Curitiba: DETF; 2010.
- Oliveira FL, Lima J N, Garcia JN, Florsheim SMB. Propriedades da madeira de *Pinus taeda* em função da idade e da posição radial na tora. *Revista do Instituto Florestal* 2006; 18: 59-70.
- Prata JG. *Desempenho de um Sistema de Qualidade em uma Fábrica de Painéis Compensados* [dissertação]. Curitiba: Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná; 2006.
- Prata JG. *Estudo da viabilidade tecnológica do uso de espécies de Pinus tropicais para produção de painéis colados lateralmente (Edge Glued Panels – EGP)* [tese]. Curitiba: Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, 2010.
- Tsoumis GT. *Science and technology of wood: structure, properties, utilization*. New York: Chapman and Hall; 1991.
- United States Department of Agriculture – USDA. *The Southern Pines: An American Wood* United States. Madison: Department of Agriculture; 1985.
- Vicente ATV, Moura VPG, Fiorentini EA, Souza MR. Variação radial e axial da massa específica básica e das contrações de madeira de quatro procedências de *Pinus*. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento* 2005; 28: 1-27.