

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

**EDIÉLI MAIA PADILHA**

**PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DA MADEIRA DE *Pinus patula* Schltl.  
& Cham.**

CURITIBANOS

2016

**EDIÉLI MAIA PADILHA**

**PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DA MADEIRA DE *Pinus patula* Schltl.  
& Cham.**

Trabalho de conclusão de curso de graduação (TCC) apresentado a banca examinadora do Curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Curitibanos, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal.

Orientadora: Profa. Dra. Karina Soares Modes

**CURITIBANOS**

2016

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Padilha, Ediéli Maia  
Propriedades Físicas e Mecânicas da Madeira de Pinus  
patula Schlttdl. & Cham. / Ediéli Maia Padilha ;  
orientadora, Karina Soares Modes - Curitibanos, SC, 2016.  
34 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -  
Universidade Federal de Santa Catarina, Campus  
Curitibanos. Graduação em Engenharia Florestal.

Inclui referências

1. Engenharia Florestal. 2. Densidade básica. 3.  
Propriedades Físicas e Mecânicas da Madeira. 4. Pinus  
patula. I. Soares Modes, Karina . II. Universidade Federal  
de Santa Catarina. Graduação em Engenharia Florestal. III.  
Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
Coordenação do Curso de Engenharia Florestal  
Rodovia Ulysses Gaboardi km 3  
CEP: 89520-000 - Curitibanos - SC  
TELEFONE: (048)3721-4170 E-mail: [engenharia.florestal@contato.ufsc.br](mailto:engenharia.florestal@contato.ufsc.br)

---

EDIÉLI MAIA PADILHA


**PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DA MADEIRA DE *Pinus patula*  
Schltdl. & Cham.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Banca Examinadora da Universidade Federal de Santa Catarina, Campus de Curitibanos, como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal.

**Orientador: Profa. Dra. Karina Soares Modes**

Data da Defesa: 05/12/2016

**MEMBROS COMPONENTES DA BANCA EXAMINADORA:**



Presidente e Membro Titular: Profa. Dra. Karina Soares Modes  
Universidade Federal de Santa Catarina  
Campus Universitário Curitibanos



Membro Titular: Prof. Dr. Magnos Alan Vivian  
Universidade Federal de Santa Catarina  
Campus Universitário Curitibanos



Membro Titular: Profa. Dra. Andressa Vasconcelos Flores  
Universidade Federal de Santa Catarina  
Campus Universitário Curitibanos

Local: Universidade Federal de Santa Catarina  
Campus de Curitibanos  
Coordenação do Curso de Graduação em Engenharia Florestal

## RESUMO

O uso de espécies de rápido crescimento para reflorestamento, como as do gênero *Pinus*, vem aumentando devido a crescente demanda por madeira para diversas finalidades e o maior rigor na fiscalização da extração e transporte de madeira procedente de florestas nativas. Diante das taxas de crescimento satisfatórias registradas para o gênero *Pinus* no estado de Santa Catarina, aliada a necessidade de redução da dependência de espécies de coníferas tradicionais para o abastecimento do parque industrial madeireiro, este trabalho teve por objetivo a caracterização física e mecânica da madeira do *Pinus patula*. Para isto foram abatidas duas árvores da espécie com 15 anos, das quais foi extraída a primeira tora com 2,0 m de comprimento e diâmetro médio de 20,3 cm. Da base de cada tora foi removido 1 disco do qual se confeccionaram corpos de prova nas posições próxima à medula e casca para determinação da variação radial da densidade e retratibilidade da madeira, segundo procedimentos descritos na NBR 7190 (1997). Do torete restante foram confeccionados corpos de prova para determinação da resistência e rigidez da madeira ao ensaio de flexão estática, de acordo a norma COPANT 555 (1972). A densidade básica ( $0,35 \text{ g/cm}^3$ ) e aparente ( $0,43 \text{ g/cm}^3$ ) registradas permitem classificar a madeira desta espécie como leve, na idade considerada. Houve uma tendência de aumento tanto nos valores de densidade como da instabilidade dimensional da madeira próxima a casca em relação a madeira próxima a medula e o alto coeficiente de anisotropia calculado (acima de 2,0) deve ser levado em consideração na elaboração de programas de secagem para esta espécie. A resistência mecânica da espécie na idade considerada foi inferior à registrada para outras espécies do gênero *Pinus* e a equação gerada para estimativa da rigidez apresentou maior coeficiente de determinação, o que permite estimar a variação de rigidez para a madeira de *Pinus patula* em quaisquer valores de densidade de sua madeira.

**Palavras chaves:** coníferas, densidade básica, retratibilidade, flexão estática.

## ABSTRACT

The use of fast growing species for reforestation, such as those of the *Pinus* genus, has been increasing due to the increasing demand for wood for various purposes and the greater rigor in the control of the extraction and transport of wood from native forests. In view of the satisfactory growth rates registered for the genus *Pinus* in the state of Santa Catarina, together with the need to reduce the dependence of traditional conifer species for the supply of the industrial timber industry, this work aimed at the physical and mechanical characterization of *Pinus patula*. Two trees of the species were slaughtered at the age of 15, from which the first log was extracted with 2.0 m in length and a mean diameter of 20.3 cm. From the base of each log was removed 1 disk from which specimens were prepared in positions near the marrow and bark to determine the radial variation of wood density and retranspiration, according to procedures described in NBR 7190 (1997). From the remaining torere, test specimens were prepared to determine the strength and stiffness of the wood in the static bending test according to COPANT 555 (1972). The basic density (0.35 g / cm<sup>3</sup>) and apparent (0.43 g / cm<sup>3</sup>) recorded allowed to classify the wood of this species as light, in the considered age. There was a trend of increasing both the density values and the dimensional instability of the near-bark wood in relation to wood near the medulla and the high coefficient of calculated anisotropy (above 2.0) should be taken into account in the elaboration of Drying for this species. The mechanical strength of the species at the considered age was lower than that recorded for other species of the genus *Pinus* and the equation generated for estimating the stiffness showed a higher coefficient of determination, which allows to estimate the stiffness variation for *Pinus patula* wood at any values of Density of its wood.

**Key words:** conifers, basic density, shrinkability, static bending

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
<b>2 OBJETIVOS .....</b>	<b>12</b>
2.1 OBJETIVO GERAL.....	12
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	12
<b>3 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>13</b>
3.1 <i>Pinus patula</i> Schltdl. & Cham.....	13
3.2 PROPRIEDADES FÍSICAS DA MADEIRA .....	13
3.2.1 Densidade e estabilidade dimensional .....	13
3.3 Propriedades mecânicas da madeira .....	15
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>17</b>
4.1 OBTENÇÃO E PREPARO DO MATERIAL.....	17
4.2 PROPRIEDADES FÍSICAS.....	18
4.3 PROPRIEDADES MECÂNICAS .....	21
4.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	23
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>24</b>
5.1 PROPRIEDADES FÍSICAS.....	24
5.2 PROPRIEDADES MECÂNICAS .....	28
<b>6 CONCLUSÕES.....</b>	<b>31</b>
<b>7 RECOMENDAÇÕES FUTURAS.....</b>	<b>32</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>33</b>

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 — Disco retirado da base da primeira tora amostrada. Disco extraído da árvore 1 (A); Disco extraído da árvore 2 (B). .....	17
Figura 2 — Representação do corpo de prova utilizado na determinação das propriedades físicas.....	18
Figura 3 — Corpos de prova com os sentidos anatômicos delimitados.....	18
Figura 4 — Determinação da massa dos corpos de prova em balança de precisão (A); Determinação das dimensões dos corpos de prova em cada sentido anatômicos com paquímetro (B).....	19
Figura 5 — Representação do corpo de prova para determinação das propriedades mecânicas. ....	21
Figura 6 — Corpos de prova em condicionamento no interior da Câmara climática (A); Ensaio de flexão estática em máquina universal de ensaios mecânicos (B). ....	22
Figura 7 — Valores médios para a contração linear total para as duas posições radiais avaliadas. Médias seguidas por uma mesma letra minúscula para propriedade entre posições radiais não diferem entre si de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade. ....	24
Figura 8 — Valores médios de densidade básica para as duas posições radiais avaliadas. Médias seguidas por uma mesma letra minúscula entre posições radiais não diferem entre si de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade. ....	25
Figura 9 — Relação entre o módulo de elasticidade (MOE) e a densidade.....	29
Figura 10 — Relação entre o módulo de ruptura (MOR) e a densidade.....	29



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 — Valores médios de densidade e estabilidade dimensional observada para a madeira de <i>Pinus patula</i> e de resultados de estudos disponíveis com a madeira do gênero <i>Pinus</i> . .....	27
Tabela 2 — Valores médios de densidade aparente (DA), Módulo de ruptura (MOR) e módulo de elasticidade (MOE). .....	28

## 1 INTRODUÇÃO

O setor brasileiro de florestas tornou-se, nos últimos anos, um dos mais relevantes no cenário global. Segundo dados da Indústria Brasileira de Árvores (IBÁ, 2016) os 7,8 milhões de hectares de árvores plantadas existentes em 2015, são responsáveis por 91% de toda a madeira produzida para fins industriais no País. De acordo com a mesma fonte, a área total com florestas plantadas é resultado do investimento, principalmente de empresas do segmento de celulose e papel (34%), seguidos da iniciativa de proprietários independentes e fomentados que investem em plantios florestais para comercialização da madeira *in natura* (29%), e em menor participação aparece o segmento de siderurgia a carvão vegetal, que representa 14% do total de investimento da área plantada.

O número de indústrias na região sul que demandam a madeira de coníferas justifica a relevante quantia dessas florestas, sendo elas, principalmente, indústrias de celulose e papel, painéis de madeira industrializada e siderurgia a carvão vegetal (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS-ABRAF, 2013). Segundo dados do World Wildlife Fund For Nature (WWF, 2011), a demanda de madeira deve triplicar até o ano de 2050, e por este motivo a tendência é que o setor florestal se expanda ainda mais.

De acordo com a Associação Catarinense de Empresas Florestais (2016) Santa Catarina detém 660,7 mil hectares com florestas plantadas, o que coloca o estado como o 6º maior no país, sendo que a grande maioria destas (82%, ou equivalente a 541,2 mil ha) é com o gênero *Pinus*. Segundo a ABRAF (2014) a taxa de crescimento média deste gênero é de 44 m<sup>3</sup>/ha/ano, considerada referência mundial, estando 40% acima da média nacional, 60% superiores a média da América Latina e mais de 100% superiores aos EUA e África do Sul.

Em relação às espécies dominantes nos plantios de *Pinus* no Brasil, na Região Sul e parte do Sudeste do Estado de São Paulo estão o *Pinus elliottii* e *Pinus taeda* especialmente o último. De acordo com Aguiar et al. (2011) as duas espécies apresentam grande valor econômico, resistência à geada e alta produtividade, com predominância da espécie *Pinus taeda* nos planaltos da Região Sul, até o norte do Paraná, e da espécie *Pinus elliottii* na Região Sul, como um todo, parte do Sudeste, no Estado de São Paulo e nas regiões serranas do sul de Minas Gerais.

Considerando a importância do gênero *Pinus* para o abastecimento do setor madeireiro do estado de Santa Catarina, bem como as particularidades climáticas que possibilitam o alcance de níveis de produtividade elevados, é importante a caracterização da madeira de

espécies de coníferas de conhecimento pouco consolidado a fim de ampliar as opções de matéria prima hoje disponíveis.

Assim se faz necessário propor alternativas para abastecimento da indústria com características de crescimento equivalente a de espécies de uso tradicional, diversificando a oferta de matéria prima e com isso reduzindo a pressão sobre estas, bem como o desmatamento das florestas nativas. Dentre as opções de espécies de coníferas de rápido crescimento, pode-se destacar o *Pinus patula*, originária do México.

No Brasil, o melhor desenvolvimento do *Pinus patula* ocorre em regiões de altitude elevada (900 m ou mais) como na Serra da Mantiqueira, no Nordeste do estado de São Paulo, Sudeste de Minas Gerais, Sudoeste do Paraná, Oeste de Santa Catarina e Nordeste do Rio Grande do Sul, onde apresenta produtividade maior que a do *Pinus taeda* (PEREIRA, 2014).

Apesar da espécie *Pinus patula* Schltdl. & Cham, pertencer ao segundo gênero mais cultivado no Brasil, há poucas informações sobre as potencialidades tecnológicas de sua madeira no estado de Santa Catarina, o que demanda estudos que investiguem de que forma as propriedades físico-mecânicas de sua madeira divergem de outras espécies do mesmo gênero e de conhecimento consolidado, de maneira a introduzi-la para abastecimento dos mesmos segmentos, reduzindo a pressão sobre as espécies madeireiras de uso tradicional, diversificando a base florestal do estado. Além disso, a comparação dos dados obtidos com o registrado para outras espécies de coníferas de mesmo gênero (*Pinus*) e conhecimento consolidado servirá de subsídio na previsão da variabilidade dos produtos e necessidade de ajustes em processos de industrialização já consolidados e que venham a empregar a madeira de *Pinus patula* como matéria prima.

Segundo Klock (2000), a utilização intensiva da madeira para fins industriais ou construtivos só pode ocorrer a partir do conhecimento adequado de suas propriedades. Nesse sentido Oliveira (2007) destaca que as propriedades físicas e mecânicas da madeira fornecem inúmeras informações para tornar seu uso adequado, seja ela utilizada como matéria prima para a indústria moveleira ou como material de construção.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Caracterizar as propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Pinus patula* aos 15 anos.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar a madeira quanto à estabilidade dimensional;
- Caracterizar a madeira quanto à densidade básica e aparente (12% de umidade);
- Verificar o comportamento radial da estabilidade dimensional e densidade da madeira;
- Determinar a resistência mecânica da madeira submetida ao ensaio de flexão estática.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 *Pinus patula* Schltdl. & Cham.

De acordo com Gillespie (1992), a espécie *Pinus patula* tem ocorrência natural em alguns estados do México, podendo se dispersar em uma faixa entre a latitude 13° e 24°N e longitude 85° 100°W e, mesmo tendo uma faixa restrita de ocorrência, a espécie vem sendo plantada desde 1940 em outros países, tanto nos trópicos quanto nas zonas temperadas.

Segundo Pinusletter (2009) a espécie possui copa arredondada, aberta, sendo que sua altura pode alcançar até 30 metros e seu diâmetro varia de 50 a 90 centímetros, a casca possui coloração marrom-avermelhado e o número de acículas varia entre 3 e 4 são as acículas a principal característica que permite a identificação da espécie, possuem coloração verde-pálida, são finas e pendentes, diferentemente das espécies mais conhecidas do gênero.

Eleotério e Malchiorretto (2003) relatam que a madeira de *Pinus patula* pode ser considerada leve, de baixa durabilidade natural, fácil trabalhabilidade, secagem e impregnação. Além destas, caracterizam o seu alburno como de coloração que varia de branco a amarelado claro, enquanto o cerne é rosado e, frequentemente, indistinguível, já os anéis de crescimento são bem marcados, de coloração marrom. Além disso, a madeira possui grande quantidade de nós e baixa produção de resina, apresentando textura ligeiramente grossa e irregular, com grã reta e espiralada.

Com relação à utilização, a madeira dessa espécie é indicada para a produção de madeira serrada, peças de móveis, painéis compensados e aglomerados e como possui baixo teor de resina, pode também ser empregada como matéria-prima na produção de polpa celulósica (ELEOTÉRIO; MELCHIORETTO, 2003). Segundo Melchiorretto (2010) esses usos são permitidos devido ao fato da madeira possuir uma densidade de aproximadamente 0,4 g/cm<sup>3</sup>, semelhante ao *Pinus elliottii* Engelm.

A espécie *Pinus patula* de acordo com Gillespie (1992), é provavelmente uma das que possui maior crescimento entre as espécies tropicais do gênero. A média de incremento anual encontrado na literatura (44 cm<sup>3</sup>/ha/ano) varia muito, dependendo da qualidade do sítio e do manejo. Porém, de forma geral, as características da espécie a classificam como sendo de alto rendimento industrial.

#### 3.2 PROPRIEDADES FÍSICAS DA MADEIRA

##### 3.2.1 Densidade e estabilidade dimensional

Segundo Klock (2000) a madeira, que é composta por agregações de células vegetais, é uma das principais matérias-primas industriais, apresentando características tais como anisotropia (propriedades distintas nos diferentes sentidos de crescimento), higroscopicidade (capacidade de perder ou adquirir umidade dependendo das condições ambientais) e variabilidade nas propriedades.

Existe alguns fatores que influenciam a adequação da madeira para diversos fins, sendo eles a densidade, uniformidade de anéis de crescimento, porcentagem de cerne e alborno, comprimento de fibra, inclinação da grã, porcentagem de vasos em folhosas, presença de madeira juvenil e lenho de reação, composição celular, presença de nós, orientação de grã e composição química (CHIES, 2005).

Além destes fatores mencionados acima, as características da madeira são influenciadas por outros como a diferença entre as condições de temperatura, composição e umidade do solo no local de crescimento da árvore, densidade e tipo de manejo aplicado ao povoamento, incidência de chuvas e a posição da árvore no talhão, que podem provocar diferenças significativas na madeira formada até mesmo em árvores da mesma espécie (CALIL JUNIOR et al., 2000 apud MOTTA, 2011).

Quando se deseja avaliar a qualidade de uma determinada madeira, devem-se conhecer primeiramente os valores médios de sua massa específica e também variações dessa ao longo das direções axial e radial (COSTA, 2006). A respeito dessa variabilidade, Couto (2011) afirma que há diversos níveis de variação, existindo diferença entre espécie, entre indivíduos da mesma espécie e inclusive em diferentes posições dentro do fuste.

De acordo com Larson (2001) a densidade da madeira é talvez o critério mais antigo e mais amplamente utilizado para avaliar a qualidade da madeira e suas propriedades de resistência. Quando se trabalha com madeira, os termos “densidade” e “massa específica” representam a mesma característica (COSTA, 2006).

A densidade é um importante fator na determinação das propriedades físicas e mecânicas que caracterizam diferentes espécies de madeiras, diferentes árvores de uma dada espécie e diferentes regiões de uma mesma árvore (FOELKEL, 1971).

As variações da densidade dependem das mudanças na proporção dos vasos e da espessura da parede celular das fibras/traqueídeos. O incremento da densidade 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 (OLIVEIRA e SILVA, 2003).

Segundo Rezende et al. (1995) a densidade da madeira está intimamente ligada ao seu teor de umidade por consequência das variações de massa e de volume. Sabe-se também, que a retratibilidade total da madeira aumenta com sua densidade, sendo importante relacionar essas duas propriedades (POTULSKI, 2010).

Segundo o IPT (1985) a retratibilidade é a variação dimensional da madeira e ocorre quando há alteração no teor de umidade da mesma, sendo que as variações nas dimensões das peças de madeira começam a ocorrer, quando esta perde ou ganha umidade, abaixo do ponto de saturação das fibras (PSF).

A contração e o inchamento, em última análise, correspondem às alterações na quantidade de água de impregnação, isto é, a secagem ou o ganho de umidade abaixo do ponto de saturação das fibras (cerca de 28% de teor de umidade em base seca). A maior alteração dimensional da madeira se manifesta no sentido tangencial aos anéis de crescimento, seguida pela dimensão radial, sendo praticamente desprezível no sentido longitudinal (OLIVEIRA; SILVA, 2003).

### 3.3 Propriedades mecânicas da madeira

Para avaliar a qualidade da madeira sólida e definir sua melhor utilização, o conhecimento das propriedades mecânicas como a flexão estática se faz necessário, uma vez que, a boa correlação entre a resistência mecânica e a rigidez à flexão, tem sido usada como critério para a classificação estrutural das peças de madeira (CARREIRA; DIAS, 2009 apud TRAMONTINA et al.,2013).

Segundo Meirelles e Pala (2010) a resistência da madeira difere segundo os três eixos principais: longitudinal, radial e tangencial, sendo que a resistência da madeira na direção paralela as fibras é muito grande devido a densidade e a continuidade da fibra na direção longitudinal, enquanto que na direção perpendicular a fibra (tangencial e radial) existem maiores vazios.

De acordo com Motta (2011) a estrutura anatômica condiciona as propriedades da madeira, devendo-se distinguir valores correspondentes à tração daqueles referentes à compressão, assim como os valores correspondentes à direção paralela às fibras em relação à direção perpendicular às fibras.

A respeito das variações em termos de estrutura anatômica no sentido medula-casca, Calonego et al. (2005) destacam que a incumbência por tais variações deve ser atribuída,

majoritariamente, devido às mudanças no comprimento das fibras e/ou traqueóides; ângulo microfibrilar; proporções dos tipos de células; diâmetro celular e espessura da parede celular.

Melo (1999) cita que existem alguns fatores que influenciam as propriedades mecânicas da madeira, como o teor de água, a densidade, a velocidade da aplicação da carga, a duração da carga, defeitos intrínsecos à madeira, lenho juvenil e mesmo a temperatura. Pinto et al. (2007) relatam que tal número de variáveis permite concluir que a madeira é um material de comportamento extremamente complexo.

De acordo com Carvalho (1996), a resistência à flexão pode ser definida como a resistência da madeira a forças ao longo do seu comprimento. Para determinação de flexão estática uma carga é aplicada tangencialmente aos anéis de crescimento em uma amostra apoiada nos extremos (LIMA JUNIOR et al. 2008). Ela é considerada uma das mais importantes propriedades mecânicas para caracterizar a madeira como material de construção, ou seja, na fabricação de casas, pontes, telhados, construções marítimas, e em todas as demais construções de madeira (OLIVEIRA, 1997).



## 4 MATERIAL E MÉTODOS

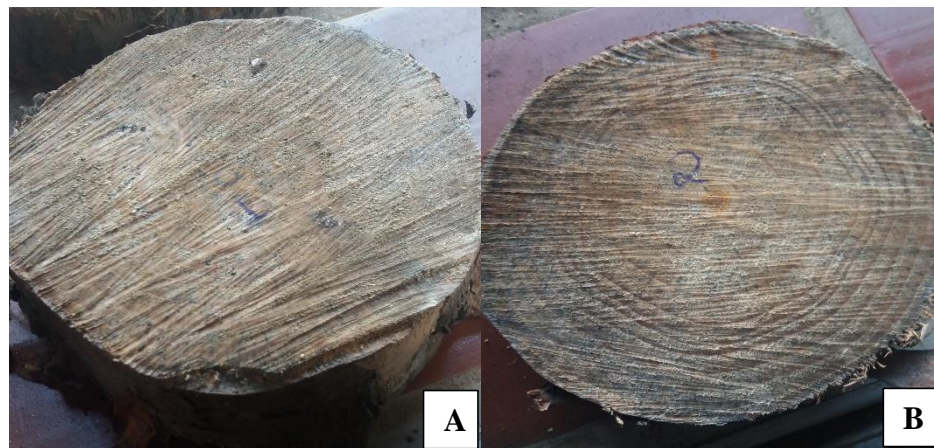
### 4.1 OBTENÇÃO E PREPARO DO MATERIAL

Para a realização do estudo foram abatidas duas árvores da espécie *Pinus patula* Schltdl. & Cham. provenientes de um povoamento com 15 anos de idade, pertencente à empresa Seiva (Grupo Gerdau S. A.), localizada no município de Ponte Alta do Norte – SC.

O clima da região é identificado como Cfb, de acordo com a classificação de Köppen, com chuvas uniformemente distribuídas durante todo o ano. A ocorrência de geadas na região é comum nos períodos de inverno, com registro de 27 geadas por ano, aproximadamente. A temperatura média anual é de 17,8 °C e precipitação anual de 1.841 mm.

De cada árvore foi amostrada a primeira tora com comprimento de 2,0 m e diâmetro médio de 20,3 cm. Da base de cada tora foi extraído 1 (um) disco, com espessura de 7,0 cm conforme ilustrado na Figura 1, que foi empregado nos procedimentos de determinação da densidade e retratibilidade.

Figura 1 — Disco retirado da base da primeira tora amostrada. Disco extraído da árvore 1 (A); Disco extraído da árvore 2 (B).



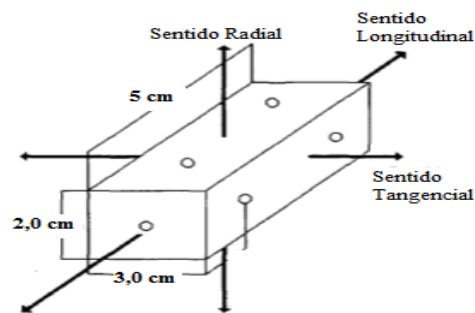
Fonte: O autor (2016).

Da tora restante foram removidas duas costaneiras em serra fita e gerado um semibloco com 8,0 cm de espessura e largura correspondente ao diâmetro da tora que foi desdobrado em serra circular para confecção de corpos de prova para caracterização das propriedades mecânicas da madeira.

## 4.2 PROPRIEDADES FÍSICAS

Para esta determinação da densidade e retratibilidade, de cada disco foram extraídos corpos de prova de dimensão 3,0 x 2,0 x 5,0 cm (Figura 2), nas posições próximo a medula (0%) e a casca (100%) da distância radial. Os corpos de prova foram dimensionados levando em consideração a norma brasileira NBR 7190 (1997).

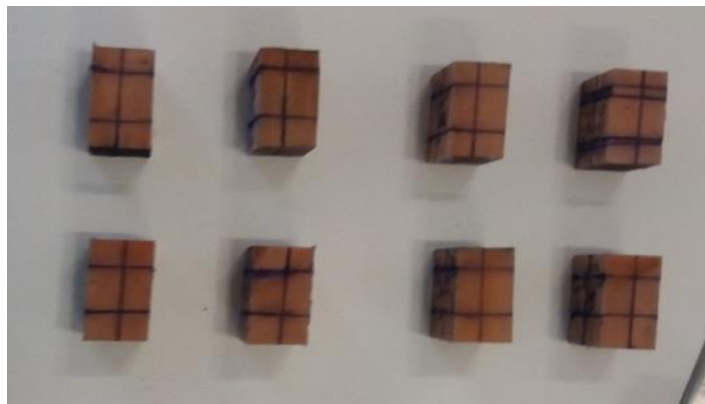
Figura 2 — Representação do corpo de prova utilizado na determinação das propriedades físicas.



Fonte: adaptada de Neto et al. (2009).

Os corpos de prova após confecção tiveram os sentidos anatômicos delimitados e marcados (Figura 3).

Figura 3 — Corpos de prova com os sentidos anatômicos delimitados.

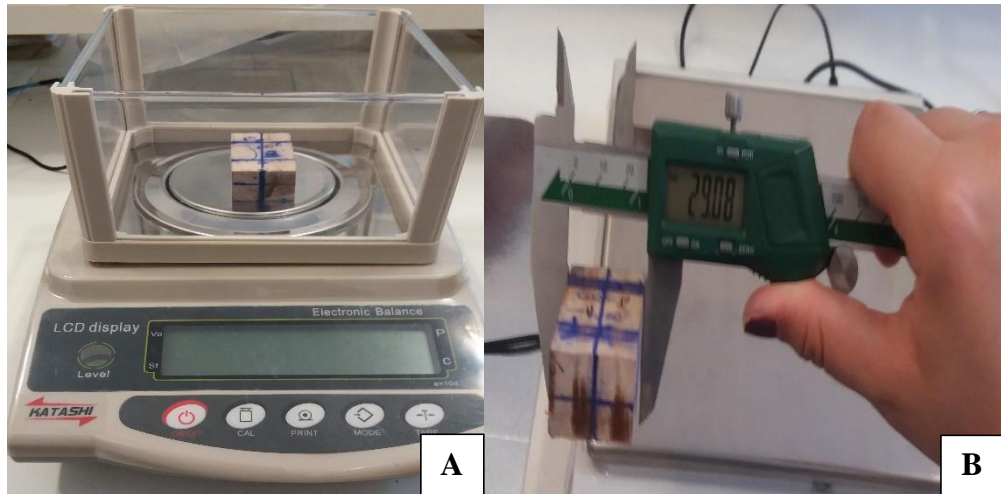


Fonte: O autor (2016).

Em seguida as amostras foram submersas em água à temperatura ambiente para saturação da parede celular por aproximadamente 30 dias. Na sequência foram pesadas em

balança de precisão (0,01 g) (Figura 4 A) e tiveram os sentidos anatômicos mensurados com auxílio de paquímetro digital (Figura 4 B).

Figura 4 — Determinação da massa dos corpos de prova em balança de precisão (A); Determinação das dimensões dos corpos de prova em cada sentido anatômicos com paquímetro (B).



Fonte: O autor (2016).

Na sequência, as amostras foram condicionadas em câmara climática à temperatura de 20°C e umidade relativa de 65% até peso constante e em seguida repetida as mesmas avaliações. Após o material foi posto para secar em estufa de circulação forçada de ar à temperatura de 103 ± 2°C, realizando-se após peso constante, nova pesagem e mensuração dos sentidos anatômicos.

De posse das informações foi determinada a retratibilidade linear parcial e total através da Equação 1.

$$R = \frac{D_v - D_u}{D_v} \times 100 \quad (1)$$

Sendo: R= Retratibilidade linear, em %;  $D_v$ = Dimensão linear na condição de volume (climatizado e 0%) saturado, em cm;  $D_u$ = Dimensão linear na condição de umidade desejada, em cm.

Para a determinação da retratibilidade volumétrica parcial e total, utilizou-se a Equação 2.

$$R_v = \frac{V_v - V_u}{V_v} \times 100 \quad (2)$$

Sendo:  $R_v$ = Retratibilidade volumétrica, em %;  $V_v$ = Volume (climatizado e 0%) saturado máximo, em  $\text{cm}^3$ ;  $V_u$ = Volume na umidade desejada, em  $\text{cm}^3$ .

Para a determinação da retratibilidade linear e volumétrica parcial foi considerada a retração sofrida pela madeira desde a condição de saturação da parede celular até a condição de equilíbrio higroscópico à condição ambiente de  $20 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $65 \pm 3\%$ , enquanto que para a retratibilidade linear e volumétrica total, considerou-se o intervalo entre a condição de saturação da parede celular e a condição de madeira anidra.

Com os valores obtidos para massa anidra ( $M_0$ ) após secagem em estufa a  $103^\circ\text{C}$ , e do volume saturado da amostra ( $V_v$ ), após período de imersão em água, e da massa ( $M_{12}$ ) e volume ( $V_{12}$ ) do material após período de condicionamento em câmara climática foi possível determinar as relações para cálculo da densidade básica e densidade aparente a 12% de umidade, segundo as Equações 3 e 4, respectivamente.

$$\rho_b = \frac{M_0}{V_v} \quad (3)$$

Sendo:  $\rho_b$ = Densidade básica,  $\text{g}/\text{cm}^3$ .

$$\rho_{12\%} = \frac{M_{12}}{V_{12}} \quad (4)$$

Sendo:  $\rho_{12\%}$ = Densidade a 12% de umidade,  $\text{g}/\text{cm}^3$ .

Determinou-se também o coeficiente de retratibilidade, segundo a Equação 5, da mesma forma que utilizado por Batista et al. (2010) e o coeficiente de anisotropia para a contração total (Equação 6).

O cálculo do coeficiente de retratibilidade foi conduzido para cada sentido anatômico. Os valores de dimensão linear e massa a 12% de umidade se referem à madeira após equilíbrio higroscópico com as condições de climatização em câmara operando a  $20^\circ\text{C}$  e 65% de umidade relativa.

$$Q\beta = \frac{(D_{12\%} - D_{0\%}) \times M_{0\%}}{(M_{12\%} - M_{0\%}) \times D_{12\%}} \quad (5)$$

Sendo:  $Q\beta$  = coeficiente de retratibilidade, em uma dada direção estrutural (%/‰);  $D12\%$  = dimensão a 12% de umidade, em uma dada direção estrutural (cm);  $D0\%$  = dimensão a 0% de umidade, em uma dada direção estrutural (cm);  $M12\%$  = massa a 12% de umidade (g);  $M0\%$  = massa seca a 0% de umidade.

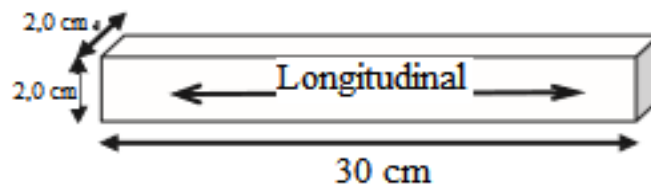
$$CA = \frac{\beta T}{\beta R} \quad (6)$$

Sendo:  $CA$  = Coeficiente de anisotropia para a contração;  $\beta T$  = contração tangencial total;  $\beta R$  = contração radial total.

#### 4.3 PROPRIEDADES MECÂNICAS

Para esta determinação foram confeccionados corpos de prova com dimensão de 2,0 x 2,0 x 30,0 cm (Figura 5), sendo a última dimensão no sentido longitudinal de acordo com a norma COPANT 555 (1972).

Figura 5 — Representação do corpo de prova para determinação das propriedades mecânicas.



Fonte: adaptada de Neto et al. (2009).

Depois de confeccionados os corpos de prova foram mantidos em condicionamento em câmara climática com temperatura e umidade relativa ajustada para  $20 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $65 \pm 3\%$ , respectivamente (Figura 6 A), a fim de atingir a umidade de equilíbrio higroscópico de aproximadamente 12% de umidade. Os ensaios foram realizados em máquina universal de ensaios com capacidade de carga de 30 toneladas, localizada no Laboratório de Recursos Florestais II da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) (Figura 6 B).

Figura 6 — Corpos de prova em condicionamento no interior da Câmara climática (A); Ensaio de flexão estática em máquina universal de ensaios mecânicos (B).



Fonte: O autor (2016).

A dimensão dos corpos de prova e metodologia de execução do ensaio de flexão estática foi conduzida segundo a norma COPANT 555 (1972). Antes do ensaio foi determinada a massa e volume de cada corpo de prova para o cálculo da densidade na condição de climatização para posterior estimativa da resistência mecânica e rigidez da madeira em função dessa propriedade física.

A rigidez da madeira, expressa pelo módulo de elasticidade (MOE), foi determinada pela Equação 7.

$$MOE = \frac{1}{4} \times \frac{(P_2 - P_1)}{(L_2 - L_1)} \times \frac{L^3}{b \cdot h^3} \quad (7)$$

Sendo: MOE = módulo de elasticidade (N/mm<sup>2</sup>); P = carga registrada na zona linear do gráfico “carga x deformação” (N); L = comprimento do vão entre os apoios (mm); h = altura da seção transversal do corpo de prova (mm); b = largura da seção transversal do corpo de prova (mm); d = deformação correspondente a carga registrada na zona linear do gráfico “carga x deformação” (mm).

Já a resistência da madeira (MOR) ao esforço de flexão ao longo do comprimento do corpo de prova foi determinada pela Equação 8.

$$MOR = \frac{3}{2} \times \frac{P_{\text{máx}} \cdot L}{b \cdot h^2} \quad (8)$$

Sendo: MOR = módulo de ruptura (N/mm<sup>2</sup>); P<sub>máx</sub> = carga máxima, antes da ruptura (N); L = comprimento do vão entre os apoios (mm); h = altura da seção transversal do corpo de prova (mm); b = largura da seção transversal do corpo de prova (mm).

#### 4.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para a análise dos dados foi aplicado o Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC). Os dados de densidade e retratibilidade entre as posições radiais (0% e 100%) foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro, utilizando o Programa ASSISTAT Versão 7.7. Os dados de resistência mecânica e densidade aparente na condição de condicionamento dos corpos de prova foram submetidos à análise de regressão em Excel versão 2013 para obtenção de modelo matemático para estimativa dos parâmetros de resistência e rigidez da espécie de madeira em estudo, em função da densidade aparente.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 PROPRIEDADES FÍSICAS

Na Figura 7 constam os valores médios de contração linear total para os sentidos anatômicos longitudinal, radial, tangencial e a volumétrica e na Figura 8 os valores médios de densidade básica, registrados para as duas posições radiais avaliadas, juntamente com o teste de médias.

Figura 7 — Valores médios para a contração linear total para as duas posições radiais avaliadas. Médias seguidas por uma mesma letra minúscula para propriedade entre posições radiais não diferem entre si de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

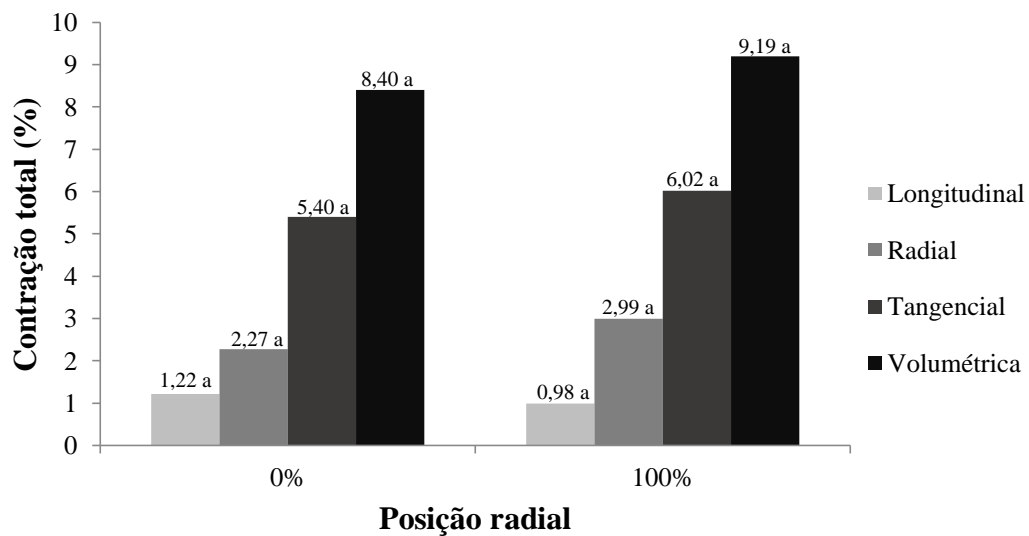
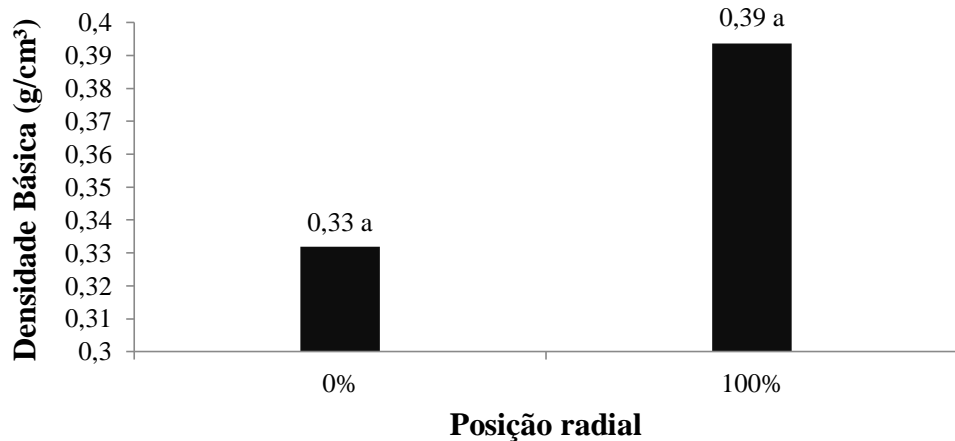




Figura 8 — Valores médios de densidade básica para as duas posições radiais avaliadas. Médias seguidas por uma mesma letra minúscula entre posições radiais não diferem entre si de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade.



Observa-se nas Figuras 7 e 8, que não houve diferença estatística para as características de contração total e densidade básica entre as posições radiais próximas a medula (0%) e casca (100%) avaliadas.

Verifica-se que a magnitude da porcentagem de contração linear é compatível com o registrado na literatura em ordem crescente do comportamento anisotrópico. Segundo Durlo (1992) de maneira geral a madeira contrai-se e incha muito pouco no sentido longitudinal, cujos valores situam-se entre 0,05 e 1,0%, seguido das contrações ou inchamento lineares no sentido radial, entre 2,2 e 5,2%, e do sentido tangencial, entre 4,0 e 9,0%. Nesse sentido verificam-se para a madeira de *Pinus patula* avaliada que as porcentagens registradas para as contrações lineares foram muito próximos aos limites mínimos estipulados para estas propriedades, o que evidencia as boas propriedades quanto a estabilidade dimensional desta espécie ao se considerar as características de contração linear de forma isolada.

O maior valor de densidade básica foi registrado na posição próxima a casca (100%), o que por consequência levou a um aumento dos valores de contração em porcentagem registrados, com exceção da contração longitudinal. Segundo Rocha (2000), a magnitude das variações dimensionais da madeira é normalmente maior para espécies de elevada densidade, em função da maior quantidade de madeira por unidade de volume. Além disso, madeiras de maior densidade, para um mesmo teor de umidade, contêm mais água na parede celular, contribuindo para tais variações dimensionais.

Os valores de densidade básica registrados nas duas posições radiais avaliadas são muito próximos ao registrado no estudo de Melo et al. (2013) com a madeira de *Pinus elliottii* entre 8 e 15 anos de idade, sendo eles 0,302 g/cm<sup>3</sup> próximo a medula e 0,398 g/cm<sup>3</sup> próximo a casca. Os autores atribuem a tendência de aumento nos valores de densidade básica em coníferas à maior quantidade de lenho tardio presente no anel de crescimento e o desenvolvimento do lenho adulto.

Com relação a este aspecto Pelozzi et al. (2012) ao analisarem a variação entre densidade básica e estabilidade dimensional entre a madeira juvenil e adulta encontraram para a madeira juvenil de *Pinus elliottii* valores inferiores de densidade básica, maior estabilidade dimensional nos sentidos radial e tangencial, e um aumento nos valores de inchamentos lineares longitudinais máximos, mesma tendência observada na Figura 7 para a madeira da posição próxima a medula, configurando a característica de lenho juvenil na região mais próxima a medula. Para os mesmos autores a maior contração longitudinal justifica-se pelo maior ângulo fibrilar (especialmente na camada S2), quando comparado com o lenho adulto.

Ballarin e Palma (2003) ao avaliar a extensão radial da madeira adulta e juvenil na espécie *Pinus taeda*, tomando por base o comprimento dos traqueídeos axiais, observaram que na referida espécie, de mesmo gênero que a avaliada no presente estudo, a região de madeira juvenil ocorreu desde o centro da árvore até o 14º anel de crescimento, e a madeira de transição passando a ocorrer entre este e o 18º anel.

Embora deva se levar em consideração que as condições de crescimento influenciam as características da madeira formada por determinada espécie, antecipando ou prolongando a idade de formação da madeira adulta, o estudo relatado e conduzido com a madeira de mesmo gênero pode ajudar a elucidar o fato de não ter sido verificada diferença estatística entre as propriedades físicas da madeira das porções avaliadas. Pode-se, portanto atribuir este resultado ao fato das posições avaliadas para a madeira de *Pinus patula* aos 15 anos de idade estar supostamente englobadas no intervalo de formação da madeira juvenil, que no estudo de Ballarin e Palma (2003) se estendeu até os 14 anos.

No entanto este fato só poderá ser confirmado com a aplicação de estudos com os parâmetros morfológicos da madeira avaliada.

Na Tabela 1 consta o valor resultante da média das duas posições radiais avaliadas no presente estudo para a densidade básica e aparente, contração máxima para os sentidos linear e volumétrico, coeficiente de retratibilidade para os três sentidos anatômicos e coeficiente de anisotropia, juntamente com o resultado de estudos conduzidos por outros autores com a madeira de outras espécies de *Pinus*.

Tabela 1 — Valores médios de densidade e estabilidade dimensional observada para a madeira de *Pinus patula* e de resultados de estudos disponíveis com a madeira do gênero *Pinus*.

Autor	Espécie	Proc.	Idade	Densidade (g/cm <sup>3</sup> )		Contração Máxima (%)				Coeficiente de Retratibilidade			
				DB	DA	T	R	L	V	T	R	L	CA
Presente estudo	<i>P. patula</i>	SC	15	0,35	0,43	5,71	2,63	1,1	8,79	0,20	0,09	0,02	2,32
Klock (2000)	<i>P. taeda</i>	PR	11	0,41	0,50	6,77	3,97	0,22	10,6	0,23	0,15	-	1,48
	<i>P. maximinoi</i>		11	0,40	0,47	6,06	2,92	0,39	9,08	0,24	0,13	-	-
Rezende (2003)	<i>P. caribaea</i>	SP	15	0,50	-	5,79	4,39	0,64	10,6	-	-	-	-

Legenda: DB: densidade básica; DA: Densidade aparente; T: Tangencial; R: Radial; L: Longitudinal; V: Volumétrica; CA: Coeficiente de anisotropia.

Com relação a densidade básica e aparente observa-se que o valor registrado foi inferior aos de estudos com madeira do gênero *Pinus* de mesma idade e até mesmo de idade inferior, fato que pode estar relacionado as condições de crescimento e tratos silviculturais aplicados ao povoamento. Estes fatores tem forte influência sobre a largura dos anéis de crescimento influenciando ainda sobre a proporção entre os lenhos inicial e tardio que devido as diferenças anatômicas influenciam sobremaneira a densidade da madeira.

O valor médio da densidade básica (0,35 g/cm<sup>3</sup>), da espécie aos 15 anos permite classificar sua madeira como leve (densidade básica < 0,50 g/cm<sup>3</sup>), de acordo com Mendes et al. (2000). Juizo et al. (2014) ao avaliar esta mesma propriedade para a madeira de *Pinus patula* de povoamentos aos 38 anos de idade registraram uma densidade de 0,42 g/cm<sup>3</sup>, o que mantém a mesma classificação da madeira desta espécie quanto a densidade, mesmo em idade bastante superior.

Com exceção da contração no sentido longitudinal as porcentagens médias de contração e coeficiente de retratibilidade obtidas para a madeira de *Pinus patula* foram inferiores a registrada pelas madeiras dos estudos utilizados para comparação, o que pode ser atribuído a sua menor densidade. Porém no que se refere ao coeficiente de anisotropia o valor é superior ao registrado pelo estudo de Klock (2000) com a madeira de *P. taeda* o que revela que embora as porcentagens de contração sofridas pela madeira de *P. patula* tenham sido inferiores, quando avaliada a diferença de contração entre os sentidos tangencial e radial (coeficiente de anisotropia), verifica-se a maior movimentação dimensional entre os referidos sentidos, fato que deve ser levado em consideração no uso da madeira desta espécie. Segundo Durlo (1992) quanto maior o coeficiente de anisotropia, tanto mais problemático será o uso da madeira para situações em que pode haver mudanças de seu teor de umidade, no que se refere

ao surgimento de defeitos, especialmente modificações das formas das seções transversais ou do eixo longitudinal das peças de madeira, tais como curvaturas, torções e encanoamentos. Portanto, para o referido autor o coeficiente de anisotropia, juntamente com a contração, torna-se um parâmetro para avaliar a estabilidade dimensional da madeira.

## 5.2 PROPRIEDADES MECÂNICAS

Na Tabela 2 estão expostos os valores de resistência e rigidez da madeira de *Pinus patula* submetida ao ensaio de flexão estática, expressas pelo Módulo de Ruptura (MOR) e Módulo de Elasticidade (MOE), respectivamente, juntamente com a densidade aparente dos corpos de prova avaliados e as mesmas propriedades obtidas de estudos com a madeira do gênero *Pinus*.

Tabela 2 — Valores médios de densidade aparente (DA), Módulo de ruptura (MOR) e módulo de elasticidade (MOE).

Autor	Procedência	Espécie	Idade	DA (g/cm <sup>3</sup> )	MOR (N/mm <sup>2</sup> )	MOE (N/mm <sup>2</sup> )
Presente estudo	SC	<i>P. patula</i>	15	0,35	51,20	6511,02
Ballarin e Palma (2003)	SP	<i>P. taeda</i>	14	0,53	87,03	10894,00
Bortoletto Júnior (2008)	SP	<i>P. merkusii</i>	26	0,43	86,00	11696,00
		<i>P. elliottii</i>	20	-	70,00	10632,00

Comparando os resultados obtidos no presente estudo com os apresentados pelos autores listados, observa-se que a madeira de *Pinus patula* avaliada apresentou valores médios de resistência (MOR) e rigidez (MOE) inferiores ao registrado por estudos com a madeira do mesmo gênero, até mesmo em idade inferior, aproximando-se mais dos resultados registrados por Bortoletto Júnior (2008) com a madeira de *P. elliottii* aos 20 anos, em que se mostrou inferior em 26,86% para o módulo de ruptura (MOR) e 38,76% inferior para o módulo de elasticidade.

Nas Figuras 9 e 10, constam as equações de regressão, ajustadas para estimativa do MOE e o MOR, em função da densidade aparente dos corpos de prova após condicionamento em câmara climatizada a temperatura de 20°C ±1° e 65% ±3% de umidade relativa. Para ambas as propriedades estabeleceu-se uma relação linear, com os dois parâmetros tendendo a aumentar com a densidade aparente.

Figura 9 — Relação entre o módulo de elasticidade (MOE) e a densidade.

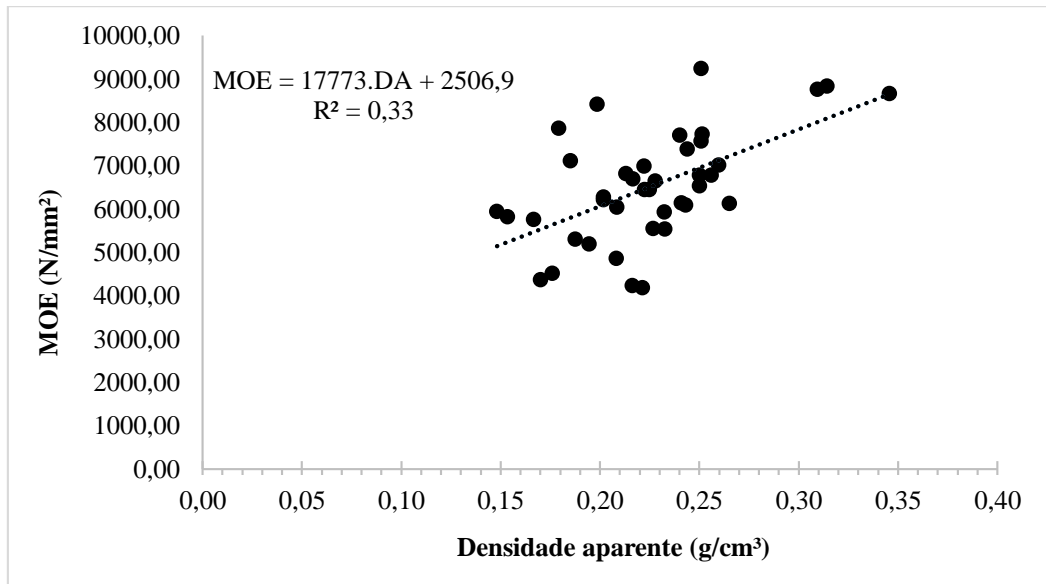
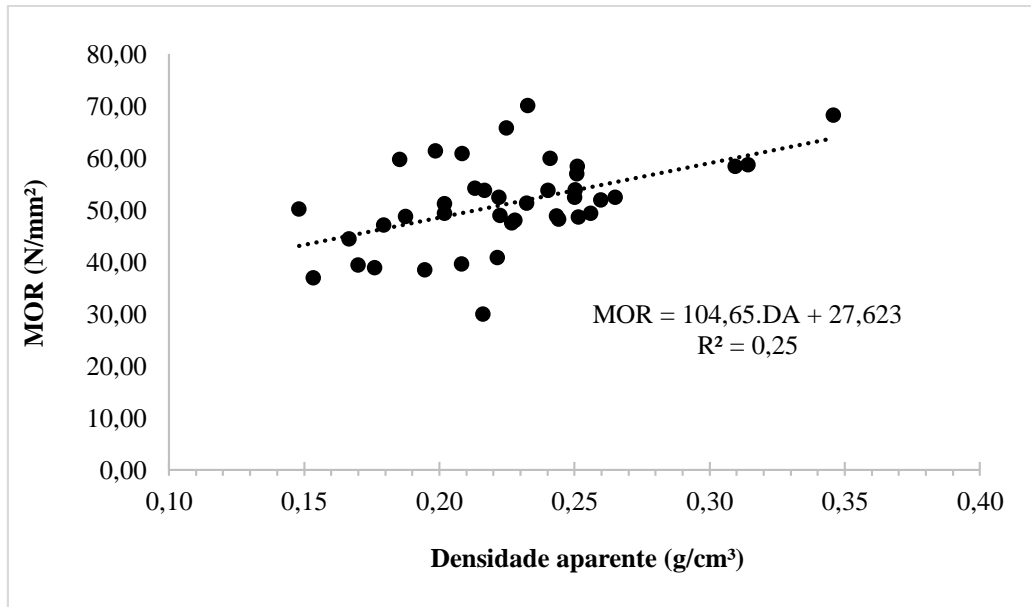


Figura 10 — Relação entre o módulo de ruptura (MOR) e a densidade.



Observa-se que os dados de rigidez (MOE) apresentaram melhor relação com a densidade aparente da madeira, em função do maior coeficiente de determinação ( $R^2$ ) obtido (0,3321) da equação gerada para estimativa dessa propriedade. Esse resultado está de acordo com o registrado por Lucas Filho (2012) que observou um coeficiente de correlação superior ( $R=0,85$ ) entre MOE e densidade da madeira em comparação com o registrado para a mesma relação envolvendo o MOR ( $R=0,79$ ). Embora os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) registrados para as equações de estimativa possam ser considerados baixos, são característicos de madeira juvenil, uma vez que Ballarin e Palma (2003) ao avaliar este tipo de lenho da

madeira de *Pinus taeda*, registraram para equações envolvendo a mesma relação coeficiente de determinação ( $R^2$ ) de 0,28 para o MOE e 0,26 para o MOR, portanto muito próximos e com a mesma tendência observada no presente estudo.

## 6 CONCLUSÕES

Com relação aos resultados obtidos para a madeira de *Pinus patula* aos 15 anos de idade, pode-se afirmar:

A densidade básica e aparente registrada permite classificar a madeira desta espécie como leve;

Houve uma tendência de aumento tanto nos valores de densidade como da instabilidade dimensional da madeira próxima a casca em relação a madeira próxima a medula, embora não tenha sido verificada diferença estatística entre os valores observados, o que pode ser atribuído ao fato das posições avaliadas (0% e 100%) pertencerem a um mesmo tipo de lenho (madeira juvenil);

O coeficiente de anisotropia calculado (acima de 2,0) caracteriza a madeira de *P. patula* avaliada como de baixa estabilidade dimensional, devendo ser levada em consideração esta característica na elaboração de programas de secagem para esta espécie;

A resistência mecânica da espécie na idade considerada foi inferior a registrada para outras espécie do gênero *Pinus* e os coeficientes de determinação gerados das equações para estimativa das propriedades de resistência e rigidez em função da densidade aparente da madeira foram muito próximos ao registrado na literatura para madeira juvenil de espécie de mesmo gênero;

A equação gerada para estimativa da rigidez (MOE) apresentou maior coeficiente de determinação, o que permite estimar com maior confiabilidade a variação de rigidez para a madeira de *Pinus patula* em quaisquer valores de densidade da madeira.

## 7 RECOMENDAÇÕES FUTURAS

Realizar a caracterização morfológica da madeira de *Pinus patula* a fim de verificar a proporção real de madeira juvenil presente no fuste desta espécie aos 15 anos.

Complementar a caracterização mecânica desta espécie aos 15 anos com os ensaios de compressão e cisalhamento paralelo à grã.

Caracterizar a composição química da madeira de *Pinus patula* a fim de, aliada a caracterização morfológica, verificar seu potencial para produção de celulose e papel na idade considerada.



## REFERÊNCIAS

ABRAF – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES FLORESTAIS DE FLORESTAS PLANTADAS. **Anuário estatístico 2013, ano base 2012**. 148 p. Brasília: 2013.

ABRAF – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES FLORESTAIS DE FLORESTAS PLANTADAS. **Anuário estatístico 2014, ano base 2013**. p.41. Lages, Santa Catarina: 2014.

AGUIAR, A. V.; SOUSA, V. A.; FRITZSONS. E.; JUNIOR. E. P. J. **Programa de melhoramento de *Pinus* da Embrapa Florestas**. Colombo: Embrapa Florestas, 2011. 83 p. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7190: **projeto de estruturas de madeira**. Rio de Janeiro, 1997. 107p.

ASSOCIACAO CATARINENSE DE EMPRESAS FLORESTAIS. Anuário estatístico de base florestal para o estado de Santa Catarina 2016 (ano base 2015). Lages: ACR, 2015. p.105.

BALLARIN, A. W.; PALMA, H. A. L. Propriedades de resistência e rigidez da madeira juvenil e adulta de *Pinus taeda* L. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.27, n.3, p.371-380, 2003.

BORTOLETO JÚNIOR, G. Estudo de algumas propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Pinus merkusii*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 36, n. 79, p. 237-243, 2008.

CALIL JÚNIOR, C. et al. **Estruturas de madeira**. São Carlos: USP-Departamento de Engenharia de Estruturas, 2000. p. 101.

CALONEGO, F.W.; SEVERO, E. T. D.; ASSI, P. P. Mensuração do comprimento das fibras para a determinação da madeira juvenil em *Eucalyptus citriodora*. **Scientia Forestalis**, n. 68, p.113-121, 2005.

CARVALHO, A. **Madeiras Portuguesas. Estrutura anatómica, Propriedades e Utilizações**. Lisboa: Direcção Geral das Florestas, 1996. p. 340.

CHIES, D. **Influência do espaçamento sobre a qualidade e o rendimento da madeira serrada de *Pinus taeda* L.** 2005. 12f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

COMISIÓN PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS. COPANT 555: **Método de Ensayo de Flexión Estática**. Buenos Aires, 1973. p. 10.

COSTA, E. V. **Caracterização físico-energética da madeira e produtividade de reflorestamentos de clones de híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla***. 2006. 98 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal Paulista, Botucatu, 2006.

COUTO, A.M. **Modelagem da densidade básica e caracterização química em clones de *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus grandis***. 2011. 72 f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia da Madeira) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.

DURLO, M. A. **Tecnologia da madeira**: retratibilidade. Santa Maria: CEPEF/ FATEC, 1992. p. 33.

FOELKEL, C.E.B.; BRASIL, M.A.M.; BARRICHELO, L.E.G. Métodos para determinação da densidade básica de cavacos para coníferas e folhosas. **IPEF**, n.2/3, p.65-74, 1971.

GILLESPIE, A. J. R. *Pinus patula* Schiede and Deppe. New Orleans, LA: Forest Service, 1992. 5 p.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Relatório Anual 2016**. Brasília, 2016. 100 p. Disponível em: < [http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA\\_RelatorioAnual2016\\_.pdf](http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2016_.pdf)>. Acesso em: 20/09/2016.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS – IPT. **Madeira**: o que é e como pode ser processada e utilizada. São Paulo: ABPM, 1985. 189p. (Boletim ABPM, 36).

JUIZO, F. G. C.; LOIOLA, L. P.; ZEN, R. L.; MARCHESAN, R.; CARVALHO, D. E.; BILA, N. F.; EGAS, A. F.; ROCHA, M. P.; KLITZKE, R. J. Variação radial das propriedades físicas da madeira de *Pinus patula* plantados em Moçambique. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 35, n. 83, p. 285-292, 2015.

KLOCK, U. **Qualidade da madeira juvenil de *Pinus maximinoi* H.E. Moore**. 2000. 291p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.

LARSON, P. R.; KRETSCHMANN, D. E., CLARK, A.; ISEBRANDS, J. G. **Formation and properties of juvenile wood in southern pines: A synopsis**. Madison: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 2001. p. 42.

LIMA JUNIOR, D. L. et al. **Madeira de lei**. Universidade do Amazonas - UNAMA. 27p. 2008. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/madeira-de-leipdf-a14501.html>>. Acesso em: 06 de outubro de 2016.

MEIRELLES, C. R.; PALA, A. **Apostila de Processo construtivo em madeira**, 2010. p. 67.

MELCHIORETTO, D.; ELEOTÉRIO, J.R. **Caracterização, classificação e comparação da madeira de *Pinus patula*, *P. elliottii* e *P. taeda* através de suas propriedades físicas e mecânicas**. Congresso Regional De Iniciação Científica e Tecnológica, XVIII, 2003, Blumenau, SC. Anais... Blumenau, 2003. Disponível em: Acesso em: 21 jan. 2010.

MELO, J. R. **Secagem de madeiras**: teoria e prática de secagem artificial de madeiras. Lisboa: Estação Florestal Nacional, 1999. p. 381.

MELO, R. R. de; SILVESTRE, R.; OLIVEIRA, T. M.; PEDROSA, T. D. Variação radial e longitudinal da densidade básica da madeira de *Pinus elliottii* Engelm. com diferentes idade. **Ciência da Madeira**, Pelotas, v. 4, n. 1, p. 83-92, 2013.

MENDES, L. M.; SILVA, J. R. M.; TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T. **Variação da densidade da madeira de *Pinus oocarpa* Schiede ex Schldtl no sentido longitudinal dos caules**. Cerne, Lavras, v. 5, n. 1, p. 1-7, 2000.

MOTTA, J. P. **Propriedades tecnológicas da madeira de *Tectona grandis* L.f. proveniente do Vale do Rio Doce, Minas Gerais.** Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre -ES, 2011. p. 125.

NETO, S. P. M.; TELES, R. F.; RODRIGUES, T. O.; VALE, A. T.; SOUZA, M. R. **Propriedades mecânicas da madeira de cinco procedências de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* implantados no cerrado do Distrito Federal, DF.** Embrapa cerrados, Planaltina, 2009. p. 20.

OLIVEIRA, J. T. S. **Caracterização da madeira de eucalipto para a construção civil.** 1997. 429f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

OLIVEIRA, J. T. S. **Propriedades físicas e mecânicas da madeira.** Jerônimo Monteiro: Suprema Gráfica e Editora. p. 129 – 163, 2007.

OLIVEIRA, J. T. S.; SILVA, J. C; Variação radial da retratibilidade e densidade básica da madeira de *Eucalyptus saligna* Sm. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.27, n.3, p.381-385, 2003.

PELOZZI, M. M. A.; SEVERO, E. T. D.; CALONEGO, F. W.; RODRIGUES, P. L. M. Propriedades físicas dos lenhos juvenil e adulto de *Pinus elliottii* Engelm var. *elliottii* e de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 2, p. 305-313, 2012.

PEREIRA, G. F.; **Comparação das propriedades físicas de painéis de madeira aglomerada de *Pinus patula* e *Pinus sp.* de origem industrial.** 2014. 56 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Catarina, Curitibanos, SC, 2014.

PINTO, M. L. **Propriedades e Características da Madeira de Teca (*Tectona grandis*) em função da idade.** 2007. 124p. Tese (Doutorado em engenharia civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

PINUSLETTER. Os Pinus no Brasil: Pinus patula. Grau Celsius: Porto Alegre, n. 15, maio de 2009. Disponível em: < [http://www.celso-foelkel.com.br/pinus\\_15.html](http://www.celso-foelkel.com.br/pinus_15.html)>. Acesso em 15 out. 2015.

POTULSKI, D, C; **Densidade e retratibilidade da madeira juvenil *Pinus maximinoi* H. E. Moore e *Pinus taeda* L.** 2010. 48 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Industrial Madeireira) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

REZENDE, M. A. **Retratibilidade da madeira de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e de *Eucalyptus grandis* e suas relações com umidade e densidade.** IPEF, n. 64, p. 120-125, 2003.

REZENDE, M. A.; SAGLIETTI, J. R. C.; GUERRINI, I. A. **Estudo das interrelações entre massa específica, retratibilidade e umidade da madeira do *Pinus caribaea* var. *hondurensis* aos 8 anos de idade.** IPEF, n. 48/49, p. 133-141, 1995.

ROCHA, M. P. *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Eucalyptus dunnii* Maiden **como fontes de matéria-prima para serrarias**. 2000. 185f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.

TRAMONTINA, J.; TOMASI, J. C.; TRES, J.; CHECHI, L.; DENARDI, L. **Propriedades de flexão estática da madeira úmida a 12% de umidade da espécie *Ateleia glazioviana* BAILL.** Enciclopédia Biosfera, Goiânia, v.9, n.16, p. 1833-1839, 2013.

WORLD WILDLIFE FUND FOR NATURE. **Living Forest Report: Chapter 2**, 2011  
Disponível em: < [http://assets.panda.org/downloads/living\\_forests\\_chapter2\\_report.pdf](http://assets.panda.org/downloads/living_forests_chapter2_report.pdf) >.  
Acesso em: 20/09/2016.