

INFLUENCIA DA ALTURA DA ÁRVORE NAS CARACTERÍSTICAS DAS MADEIRAS DE *Pinus taeda* L. E *Pinus patula* Schltld & Cham

Data de aceite: 21/11/2019

Bibiana Regina Argenta Vidrano

Universidade Federal de Santa Maria, PPGEF,
Santa Maria – RS

Fernando José Borges Gomes

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
(UFRRJ), Seropédica – RJ

Cristiane Pedrazzi

Universidade Federal de Santa Maria,
Departamento de Ciências Florestais, Santa Maria
– RS

Talita Baldin

Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG),
Montes Claros – MG

Luciano Denardi

Universidade Federal de Santa Maria,
Departamento de Ciências Florestais, Santa Maria
– RS

Diego Pierre de Almeida

Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul
(UEMS), Aquidauana – MS

RESUMO: O uso da madeira de pinus cresce a cada ano, e com as tendências de elevação do custo da madeira, florestas de usos múltiplos tem se tornado cada vez mais frequentes, e pesquisas sobre esta madeira ainda são necessárias para destiná-las a um consumo industrial adequado. O objetivo do presente trabalho foi determinar as propriedades

químicas, físicas e anatômicas das madeiras de *Pinus taeda* e *Pinus patula* em três alturas da árvore ao longo do troco. Três árvores de cada espécie foram coletadas de um plantio comercial com espaçamento 2X2m na região sul do Brasil, as quais foram subdivididas em base, meio e topo. As análises químicas e densidade seguiram Normas TAPPI e ABNT e as análises anatômicas foram determinadas por dois métodos: medição visual da porcentagem de lenho inicial e tardio e medição das fibras para determinar as proporções de lenhos juvenil e adulto. Ambas espécies apresentaram menor teor de extrativos, compostos inorgânicos e carboidratos e maior teor de lignina para madeira de topo. A densidade básica das madeiras da base foi superior das madeiras de meio e topo. Em ambas as espécies a madeira de base apresentou uma estabilização no crescimento das fibras, indicando presença de lenho adulto, o que não ocorreu com as madeiras de topo.

PALAVRAS-CHAVE: lenho juvenil e adulto; variabilidade; propriedades física e mecânicas; três alturas.

INFLUENCE OF THE TREE HEIGHT ON THE WOOD CHARACTERISTICS OF *Pinus taeda* L. AND *Pinus patula* Schltld & Cham

ABSTRACT: The need for pine wood grows every year and research on this wood is still

needed to target them for adequate industrial consumption. This paper objective was the chemical, physical and anatomical properties determination of *Pinus taeda* and *Pinus patula* wood in three different height classes. Three trees of each studied species were harvested from a commercial forest with 2X2 meters spacing in the Brazilian's southern region, and the logs were divided into 3 parts classified as bottom, middle and top. Chemical analyzes and density were done by the TAPPI and ABNT standards and anatomical analyzes were determined by two methods: visual measurement of earlywood and latewood percentage and fibers measurement to determine juvenile and adult wood proportion. Both species presented lower extractives, ash and carbohydrates content and higher lignin content for top wood. Basic density of bottom wood was superior to middle and top woods. For both species bottom wood has presented a stabilization in the fibers growth, indicating adult wood presence, which was not observed for the top woods.

KEYWORDS: juvenile and adult wood; variability; physical and mechanical properties; three heights.

1 | INTRODUÇÃO

A madeira, sendo um material heterogêneo, exibe um conjunto de propriedades distintas que a tornam apta para uma vasta gama de usos, e segundo GONÇALEZ et. al (2014) as diversidades de sua estrutura, sobretudo a composição anatômica e química, é refletida em muitas das suas propriedades.

Conforme COTA et. al (2011), a variabilidade entre espécies é atribuída às diferenças genéticas, enquanto que a variabilidade entre clones de uma mesma espécie deve-se a fatores do meio ambiente. Por sua vez, a variabilidade no interior de uma mesma árvore é devida essencialmente aos fatores intrínsecos da madeira que afetam suas características como a densidade, componentes químicos e anatômicos.

O conhecimento da estrutura anatômica da madeira além de auxiliar na identificação da espécie, ajuda no correto direcionamento da madeira ao mercado. Conforme PAULA (2003), o conhecimento da estrutura anatômica da madeira é de fundamental importância no que tange à sua qualificação para atender a grande variedade de usos, evitando-se emprego inadequado e desperdício.

A densidade da madeira está diretamente ligada a anatomia da espécie, e segundo POUBEL et. al (2011), a densidade é um forte indicador de qualidade. Ela varia entre as espécies, dentro de uma mesma espécie e até dentro de uma mesma árvore nos sentidos radial e axial, sendo influenciada por fatores internos (i.e. posição no tronco, proporção de madeira adulta e juvenil, proporção de cerne e alburno) e externos.

A heterogeneidade da madeira no sentido axial é uma fonte de variação

importante, e esta é determinada pelas proporções de madeira juvenil e adulta e suas características físicas, mecânicas, químicas e anatômicas ao longo do raio (GONÇALVES et al., 2007).

Ainda quanto ao uso da madeira como matéria prima para atividades industriais, se observa uma tendência de aumento de custo dessa matéria prima (REFERENCIAS). Para minimizar custo, tem sido comum no setor florestal a prática de florestas para usos múltiplos, que tem como premissa utilizar a madeira para mais de uma atividade industrial, como para serraria e celulose, por exemplo. Ainda quanto ao uso da madeira, é reconhecido que a sua composição anatômica e química tem grande efeito em seu processamento, bem como na qualidade do produto final (REFERENCIAS). Dessa forma, entender as variações na qualidade madeira se torna relevante para que a mesma possa ser utilizada da forma mais racional possível.

Com isto, o objetivo deste estudo foi caracterizar química, física e anatomicamente madeiras de *Pinus taeda* e *Pinus patula*, em diferentes alturas da árvore.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização do estudo foram utilizadas árvores das espécies de *Pinus taeda* e *Pinus patula*, provenientes de plantios comerciais. Foram amostradas 3 árvores de cada espécie com idade de 14 anos, as quais foram derrubadas e seccionadas em toretes de aproximadamente 1m de comprimento em diferentes posições da altura comercial. As alturas escolhidas foram topo com diâmetro abaixo de 18cm, meio com diâmetro entre 18 e 25cm e base com diâmetro acima de 25cm.

Os discos foram seccionados em quatro partes iguais aproveitando-se duas secções opostas para as análises químicas e outras duas para a caracterização física e anatômica. As cunhas destinadas para as análises químicas foram transformadas em cavacos e posteriormente em serragem em moinho Tipo Willey. A serragem foi classificada em peneiras acopladas em agitador eletro-magnético, sendo utilizada a fração 40/60 mesh. Foi necessário secar ao ar livre a serragem até umidade de equilíbrio (aproximadamente 12%). As amostras de madeira (serragem) foram então armazenadas em frascos ermeticamente fechados.

A amostragem e preparação da madeira para as análises químicas seguiram os procedimentos conforme a norma TAPPI (T 264 om – 88). Para a caracterização química das madeiras foram realizadas as seguintes análises: teores de extrativos totais, lignina insolúvel (Lignina Klason) e solúvel em ácido, conteúdos de minerais e de carboidratos (holocelulose = composição dos açúcares). Os procedimentos analíticos empregados foram: extrativos totais (TAPPI T 264 cm-97, adaptada), lignina

insolúvel em ácido (TAPPI T 222 om-98, adaptada), lignina solúvel em ácido (Método de Goldschimid,1971), compostos inorgânicos (TAPPI T 211 om-93) e carboidratos (TAPPI T 249 cm-85).

A densidade básica das madeiras foi determinada de acordo com a norma NBR 11941-02 (ABNT, 2003). Para tanto, as cunhas foram colocadas em um dessecador com água e realizada a aplicação de vácuo, a fim de facilitar o processo de saturação das fibras. Em seguida, foi calculado o volume imerso em água de cada cunha e então levados para uma estufa de circulação forçada de ar na temperatura de $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, até alcançar massa constante, obtendo assim a sua massa seca. A densidade foi obtida através da divisão do peso seco pelo volume saturado.

Para as propriedades anatômicas, nas seções de melhor visualização dos anéis foi removido o centro da cunha (bagueta) para realização da maceração. Na bagueta o lenho tardio no sentido medula-casca foi removido individualmente em cada anel de crescimento. Este lenho foi fragmentado com uso de estilete, em lascas semelhantes a palitos, e acondicionadas em tubos de ensaio numerados de acordo com o anel de crescimento relativo.

A dissociação do tecido lenhoso foi realizada pelo método de ácido nítrico e ácido acético, conforme descrito no procedimento 02 pp-97 do LCP. O produto da dissociação lenhosa resultou em uma pasta de traqueóides de coloração esbranquiçada, que foi disposta em papel filtro sobre um funil, lavada com água destilada e, em seguida, com etanol 50% por duas vezes consecutivas. Depois de concluídos esses procedimentos, o processo foi finalizado com a coloração dos traqueóides em solução aquosa de safranina 1%, durante trinta minutos. Em seguida, foi efetuada, para cada lenho amostrado, a montagem de quatro lâminas permanentes que foram utilizadas para a determinação de cinquenta leituras de comprimento dos traqueóides em microscópio ótico com auxílio do programa Image-Pro Plus.

Conforme descrito por BENDTSEN & SENFT (1986), devido à gradual variação das propriedades da madeira, o ponto em que uma árvore deixa de produzir madeira juvenil e passa a produzir madeira madura não é bem definido. No entanto, há um ponto em que essas propriedades se estabilizam e até decrescem, a partir deste podemos estabelecer que o lenho passa de juvenil para adulto.

As análises estatísticas para propriedades químicas e físicas foram realizadas utilizando-se o software Genes, onde através de um bifatorial 3x2 foram avaliadas as interações entre as alturas axiais e as espécies, com um nível de 5% de significância. Nos fatoriais podemos, por meio dos efeitos das interações, verificar se um fator é independente ou dependente do outro.

Se a interação der não significativa, quer dizer que os fatores são independentes, ou seja, o comportamento da classe de diâmetro não depende da espécie. Nesse

caso as conclusões em separado para as médias serão válidas. Posteriormente os dados foram submetidos à análise de variância e as médias, comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para as propriedades anatômicas foi aplicado um teste de médias, onde a análise de variância e as médias, foram analisadas pelo teste de Tukey com 95% de confiança.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os valores médios para as análises químicas e de densidade básica realizadas nas madeiras de *Pinus taeda* e *Pinus patula* nas diferentes classes de alturas.

	ALTURA	LIGNINA KLASON (%)	LIGNINA SOLÚVEL (%)	EXTRATIVOS TOTAIS (%)	CARBOIDRATOS (%)	CINZAS (%)	DENSIDADE BÁSICA (g/cm ³)
<i>Pinus Patula</i> (P)	Topo (P)	26,58 bA	0,5855 *	2,19 aB	71,32 *	0,16 *	0,402 Ab
	Meio (M)	24,30 aA	0,6467 *	2,22 aA	71,52 *	0,20 *	0,415 Ab
	Base (B)	23,93 aA	0,5827 *	2,41 bA	72,14 *	0,20 *	0,490 Aa
<i>Pinus Taeda</i> (T)	Topo (P)	25,88 bA	0,6145 *	1,96 aA	71,32 *	0,19 *	0,378 Ab
	Meio (M)	25,80 bB	0,6075 *	2,30 bA	72,84 *	0,20 *	0,434 Aa
	Base (B)	24,45 aA	0,6009 *	2,94 cA	72,94 *	0,23 *	0,465 Ba

Tabela 1. Análises químicas e densidade básica realizadas nas madeiras de *Pinus patula* e *Pinus taeda*, nas três alturas das árvores.

* interação não significativa. Interação significativa, as médias seguidas de letras iguais, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Como pode ser observado na Tabela 1, as madeiras de pinus apresentaram teores de lignina total que variaram de 23,9 a 26,6%, os quais estão de acordo com os valores encontrados na literatura (SJÖSTRÖN & ALÉN, 1998; D'ALMEIDA, 1988).

A interação mostra que a madeira topo apresenta valores superiores a madeira base, e na classe de meio, a espécie *Pinus patula* apresenta teor maior de lignina que o *Pinus taeda*. Outros autores também encontram na porção superior da árvore teores mais elevados de lignina. LATORRACA & ALBUQUERQUE (2000) e LARSON et al. (2001) comparando o lenho adulto (proporção maior na base da árvore) e o lenho juvenil (proporção maior no topo da árvore) de espécies de coníferas de rápido crescimento, encontram um maior conteúdo de lignina no lenho juvenil.

BENDTSEN (1978), afirma que as madeiras de coníferas de rápido crescimento não são uniformes, a madeira dos primeiros anéis formados apresenta, entre outras características, um maior teor de lignina. O autor cita também que em anéis sucessivos, verifica-se uma mudança nas características, como diminuição do teor de lignina, caracterizando também uma transição do lenho juvenil para o lenho adulto.

A lignina Klason, ou lignina insolúvel em ácido, apresentou valores crescentes no sentido base-topo da árvore para as duas espécies. O teor de lignina com estruturas químicas menos resistentes à degradação e solubilização, determinada como lignina solúvel, característico das madeiras de coníferas, variou de 0,58 a 0,65%, conforme Tabela 1.

Os teores de lignina solúvel não apresentaram diferenças significativas. Estes valores baixos, próximos a zero, são comuns para as madeiras de coníferas. MORAIS et al. (2005) estudando a madeira de *Pinus oocarpa* verificou, que com os valores de absorvância nos comprimentos de onda de 215 e 280 nm registrados no espectro de ultravioleta (UV) e aplicados à equação, foi calculado um valor negativo. Com isso o autor concluiu que não se obteve lignina solúvel pelo procedimento de Klason. Ele ainda afirma, que as ligninas de madeiras coníferas têm normalmente baixa solubilidade em solução ácida, ao contrário de ligninas de madeiras de folhosas. Os baixos valores de lignina solúvel, quando comparado por exemplo às madeiras de folhosas, é resultado da composição química da lignina das coníferas, que possuem a lignina composta principalmente por unidades guaiacila, sendo assim mais passível de condensamento durante a hidrólise ácida realizada para a análise dos teores de lignina (REFERENCIAS). Estes resultados indicam potenciais usos para a madeira de costaneiras, que seriam de interesse para a produção de polpa celulósica, por exemplo. Para a produção de polpa celulósica menores teores de lignina são desejáveis (REFERENCIAS).

Os componentes da madeira extraíveis em solventes orgânicos neutros e água, comumente denominados de extrativos, apresentaram valores entre 1,96 e 2,94% conforme Tabela 1. Com interação significativa entre os tratamentos, os extrativos apresentaram valores crescentes no sentido topo-base da árvore para as duas espécies, e para a classe de Topo, o *Pinus patula* apresentou maior teor de extrativos do que o *Pinus taeda*.

A variação observada para o teor de extrativos pode estar relacionada à formação do lenho adulto. BURGER & RICHTER (1991) verifica no processo de formação deste lenho o aumento de várias substâncias como tanino, resinas, gorduras, carboidratos e outras substâncias.

PEREIRA & SARDINHA (1984) e GOMINHO et al. (2001) estudando a árvore no sentido base-topo, verificaram uma diminuição do teor de extrativos da base para o topo da árvore. Para os autores esta variação está diretamente relacionada com a presença do cerne, sendo que na base da árvore a porcentagem de cerne é superior ao topo. Conforme a Tabela 1, os teores de carboidratos apresentaram valores superiores a 70%. Estatisticamente não houve diferença significativa nem interação entre os tratamentos. Ainda quanto aos extrativos, o teor destes compostos tende a afetar o uso industrial da madeira. Para fins energéticos, os mesmos são benéficos,

e colaboram para um maior poder calorífico da madeira (REFERENCIAS). Em termos de durabilidade natural da madeira, estudos apontam que maiores teores de extrativos, principalmente lipofílicos, tendem a conferir a madeira uma maior resistência natural (REFERENCIAS). Já para a produção de polpa celulósica, os extrativos não são desejados, sendo menores teores destes na madeira um critério de qualidade da mesma (REFERENCIAS).

Estudando o efeito da classe diamétrica nos parâmetros químicos analisados, VITAL et al. (1989) correlacionaram positivamente o teor de celulose e o sentido topo-base da árvore, ou seja, quanto mais próximo a base maior o teor de carboidratos. Neste estudo, apesar de observarmos um pequeno aumento na direção topo-base, não é possível afirmar que exista essa variação, pois as médias não apresentaram interação e a diferença entre elas não é significativa. Ainda é importante observar que neste estudo foram mensurados os valores de holocelulose, que é o somatório de todas as frações de carboidratos presentes na madeira. Dessa forma, alguma variação pode ter ocorrido entre as frações individuais de celulose e hemiceluloses, pois a tendência é que quando há redução do teor de lignina, também há redução dos teores de hemiceluloses (REFERENCIAS). Contudo o decréscimo de uma fração (hemiceluloses), concomitantemente ao acréscimo de celulose pode ter ocorrido e não foi possível observar a tendência em termos dos teores de holocelulose, mas adianta-se que essa tendência possa ter ocorrido. Esse comportamento é desejável quando se considera o uso da madeira para a produção de polpa celulósica, pois maiores teores de celulose resultam em maiores rendimentos de processo (REFERENCIAS).

Conforme a Tabela 1, os componentes inorgânicos (cinzas) apresentaram valores entre 0,18 e 0,26%. Assim como os carboidratos, as médias não apresentaram interação nos tratamentos. Segundo LEWIN & GOLDSTEIN (1991), na composição das madeiras, em termos médios, o teor de cinzas é representado por aproximadamente 0,4%. Os valores médios deste estudo se encontram abaixo desta média.

Apesar de não haver interação nos tratamentos, os componentes inorgânicos apresentaram diferenças significativas no teste de médias, sendo os valores crescentes no sentido topo-base da árvore para as duas espécies. A madeira *Pinus taeda* apresentou em média maior porcentagem de cinza que o *Pinus patula*. Ainda sobre os conteúdos de minerais, e aplicação industrial da madeira em muitos cenários eles são indesejáveis, tais como na produção de energia e celulose, por exemplo. Os elementos metálicos são responsáveis por corrosão e incrustações em caldeiras e tubulações, decréscimo de poder calorífico, instabilidade de alvura da polpa celulósica, por exemplo (REFERENCIAS).

Os valores encontrados para os diferentes componentes químicos das madeiras

de *Pinus patula* e *Pinus taeda*, neste estudo, confirmam a composição química média de madeiras de coníferas apresentada por COLODETTE (2001) e KLOCK et al. (2005). Os autores apresentam, em média, os seguintes valores: holocelulose: $69 \pm 4\%$ (celulose: $42 \pm 2\%$ e hemiceluloses: $27 \pm 2\%$); lignina: $28 \pm 2\%$ e extrativos: $5 \pm 3\%$. Segundo COLODETTE (2001) as variações em composição química podem ser atribuídas às variações entre espécies, embora exista variações significativas dentro de indivíduo, podendo variar a composição de acordo com a altura do tronco.

A densidade da madeira é uma característica complexa resultante da combinação de diversos fatores, e sabe-se que há relação com as dimensões das fibras, particularmente espessura da parede e volume dos vasos proporcionam entre madeira primaveril e outonal, e arranjo dos elementos anatômicos (REFERENCIAS). VITAL et al. (1981) encontraram um decréscimo significativo na densidade da madeira no sentido axial da árvore.

GAMA et al. (2014) afirma que a densidade básica ao longo do fuste, tem uma tendência linear decrescente, reduzindo a densidade básica da base ao topo. Este estudo foi conduzido nas alturas de 0, 25, 50, 75 e 100% da altura comercial. Segundo os autores, há uma diminuição brusca da posição 0% até à posição 25%, uma pequena variação entre as posições 25% e 75%, voltando a cair bruscamente até 100%. Neste estudo, uma tendência semelhante foi encontrada nas espécies *Pinus patula* e *Pinus taeda*. De acordo com o teste de bifatorial 3x2 apresentado na Tabela 1, foram encontradas evidências de diferenças significativas, ao nível de 5 % de probabilidade, entre os tratamentos. Além de evidenciar que há diferença significativa nas médias de densidade, segundo teste de Tukey ao nível de significância de 5%, onde podemos observar que a densidade básica tende a crescer no sentido topo-base para as duas espécies, sabendo que esta propriedade da madeira é muito complexa e resultante da combinação de diversos fatores, como por exemplo a relação com as dimensões das fibras.

Nylinder (1953), trabalhando com *Pinus spp.* aos 50 anos de idade, encontrou um acréscimo da densidade até cerca de 10% da altura total da árvore, decrescendo em seguida até o topo. E Vital et al (1981), encontraram um decréscimo significativo na densidade da madeira no sentido axial da árvore, bem como apresentado neste trabalho.

A Figura 1 apresentam o comprimento dos traqueídeos por anéis de crescimento, correspondentes as idades das árvores, para as alturas axiais base e topo das madeiras de *Pinus taeda* e *Pinus patula*.

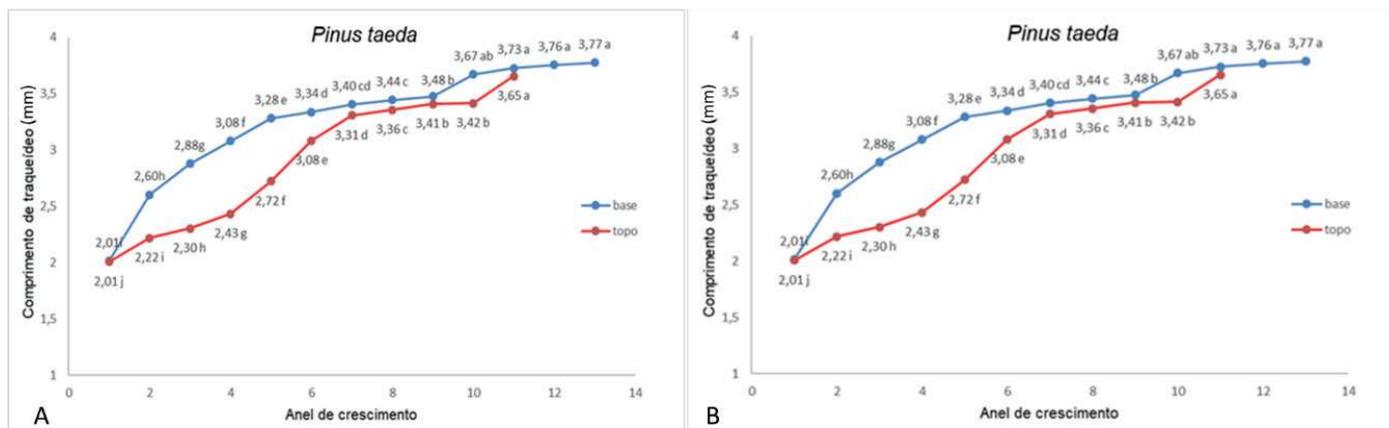


Figura 1. Comprimento dos traqueídeos por anel de crescimento em *Pinus patula* (A) e *Pinus taeda* (B) na classe Topo e Base.

Comparação das médias através do Teste de Tukey ao nível de significância de 5%, medias seguidas pela mesma letra não são significativamente diferentes.

Conforme a Figura 1 (A), foi observado aumento do comprimento dos traqueídeos com o aumento da idade da árvore (anéis de crescimento), o que pode ser verificado no teste de médias, que sugere que esta classe diamétrica topo não apresenta lenho adulto. Já na madeira de base de *Pinus patula* como podemos observar, nas idades de 9 a 14 anos o crescimento dos traqueídeos tendem a estabilizar, sendo nestas idades o comprimento dos traqueídeos idênticos estatisticamente. Com isso podemos afirmar que, esta parcela (anéis de crescimento entre 9 e 14 anos) forma o lenho adulto na classe diamétrica.

A Figura 1 (B) apresenta as medições dos traqueídeos do *Pinus taeda* correspondente a classe diamétrica topo. Podemos observar, pelo teste de médias, que o comprimento dos traqueídeos foi crescente com o aumento da idade da árvore (anéis de crescimento), o que indica a existência de lenho inicial na classe diamétrica.

Na classe diamétrica base do *Pinus taeda* (Figura 1B), até a idade de 10 anos observou-se o aumento do comprimento dos traqueídeos e que, posteriormente, até a idade máxima (14 anos), o comprimento estabiliza, como o indicado no teste de médias. Assim, podemos afirmar que a partir dos 10 anos temos a formação do lenho adulto, e que as idades abaixo desta o lenho encontrado é o juvenil.

Ao observar a Figura 1 é possível verificar que o crescimento dos traqueídeos nos anos iniciais é mais acentuado, diminuindo gradativamente até estabilizar. PALERMO et al. (2013) também encontrou este comportamento, afirmando que o ponto de inflexão da curva permiti delimitar as regiões no lenho, sendo a região de incremento rápido considerada zona juvenil, a região de incremento lento região de transição e a região de estabilização zona adulta.

A quantidade de lenho juvenil e/ou adulto pode ter influência no uso final da madeira. Conforme TREVISAN et al. (2014), a madeira juvenil em maior proporção

no fuste e suas características físicas, mecânicas, químicas e anatômicas diminuem a qualidade da madeira para uso industrial.

Segundo BALLARIN & PALMA (2004), as propriedades químicas, físicas, anatômicas e mecânicas da madeira formada nos primeiros anos de vida das árvores são diferentes, e muitas vezes inferiores às da madeira formada na fase adulta da árvore. De modo geral, o crescimento rápido nas plantações origina a formação de madeira de qualidade inferior e que, atualmente, é grande a proporção de madeira juvenil comercializada nos mercados, trazendo como resultado problemas de qualidade nos produtos obtidos deste tipo de matéria prima.

4 | CONCLUSÕES

Em ambas as espécies estudadas, os teores de extrativos, de compostos inorgânicos e de carboidratos tenderam a diminuir no sentido base-topo, enquanto que os teores de lignina aumentaram. A densidade básica das madeiras de *Pinus patula* e *Pinus taeda* tenderam a diminuir no sentido base-topo da árvore. A classe diamétrica base apresenta, para as duas espécies, maior volume de lenho adulto que a topo.

Isso é de grande relevância para o estudo, pois, a madeira com maior densidade, e maiores dimensões de fibras para a indústria de celulose e papel, pode ser encarada sob os seguintes aspectos: são fatores a serem considerados na produção de celulose, tanto em termos de rendimento por digestor individual quanto em rendimento por unidade de volume de madeira; a densidade uniformizada dentro de um determinado lote de madeira é desejável para a obtenção de um produto final padronizado; a velocidade de impregnação da madeira pelo licor de cozimento e consequente ritmo de deslignificação são influenciados pela densidade, sendo de se esperar que, dentro de uma mesma espécie, madeiras menos densas, como as do topo, sejam mais facilmente deslignificadas; com respeito ao papel obtido de coníferas encontra-se uma relação direta entre a densidade e o tamanho das fibras com a propriedade de resistência ao rasgo.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - **ABNT**. Normas técnicas. Rio de Janeiro, 2003.

BALLARIN, A. W; PALMA, H. A. L. Resistência e rigidez da madeira pinus. **Revista da Madeira**. Ed. 83. Ago. 2004.

BENDTSEN, B. A.; SENFT, J. Mechanical and anatomical properties in individual growth rings of plantation grown eastern cottonwood and loblolly pine. **Wood and Fiber Science**, v. 18, n.11, p.23-38,

1986.

BENDTSEN B. A. Properties of wood from improved and intensively managed trees. **Forest Products Journal**. 28(10): 69-72. 1978.

BURGER, L. M.; RICHTER, H. G. **Anatomia da madeira**. São Paulo: Nobel, 154 p. 1991.

COLODETTE, J. L. **QUÍMICA DA MADEIRA**. Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Engenharia Florestal, Laboratório de Celulose e Papel. 2001.

COTA, L. G. et al. **Genetic diversity of *Annona crassiflora* (Annonaceae)** in northern Minas Gerais State. *Genetics and Molecular Research* 10 (3): 2172-2180. 2011.

D'ÁLMEIDA, M. L. O.; **Celulose e papel** – Tecnologia de fabricação da pasta celulósica, 2 ed, IPT: São Paulo. 1988.

GAMA, A. T. et al. Variações da densidade básica da casca e da madeira do Barbatimão (*Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville) **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.10, n.18; p. 2014.

GONÇALEZ, J. C. et al. Wood Fiber size and density relationship along the stem of *Eucalyptus urograndis*. **Scientia Foestalis**, Piracicaba, v. 42, n. 101, p. 81-89. 2014.

GONÇALVES, M. P. M. et al. Variação radial da densidade básica e comprimento das fibras da madeira de *Tectona grandis* L. **Floresta e Ambiente**, v.14, n.1, p.70-75, 2007.

GOMINHO, J. et al. Within-tree variation of heartwood extractives and wood density in the eucalypt hybrid *urograndis* (*Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*) . **Wood and Fiber Science**, 33. 2001.

KLOCK, U. et al. **QUÍMICA DA MADEIRA**. Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal. 2005

LARSON P. R. Et al. Formation and properties of juvenile wood in southern pines: a synopsis. **Forest Products Laboratory**; General Technical Report. 2001.

LATORRACA J.V.F; ALBUQUERQUE C. E. C. Efeito do rápido crescimento sobre as propriedades da madeira. **Floresta e Ambiente** 2000; 7 (1): 279-291.

LEWIN, M.; GOLDSTEIN, I. S. **Wood Structure and Composition**. New York. M. Decker, p. 488. 1991.

MOKFIENSKI, A. et al. Importância da densidade e do teor de carboidratos totais da madeira de eucalipto no desempenho da linha de fibras. In: **Colóquio Internacional sobre Celulose Kraft de Eucalipto**. 2003, Viçosa: 2003. p15-38.

MORAIS, S. A. L. et al. Análise da madeira do *Pinus oocarpa*. **Revista Árvore**. on-line version ISSN 1806-9088. vol.29 no.3 Viçosa May/June 2005.

NYLINDER, P. - 1953 - Variations in density of planted spruce. Skogsferningsinst, p. 1- 44. In: The influence of environmental and genetics on pulwood. quality: na annotated bibliography. **TAPPI** monograph series, pág. 541, 1962.

PALERMO, G. P. M. et al. Delimitação entre os lenhos juvenil e adulto de *Pinus elliottii* Engelm. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.37, n.1, p.191-200, 2013.

PAULA, J. E. Caracterização anatômica da madeira de sete espécies da Amazônia com vistas à

produção de energia e papel. **Acta Amazonica**. ISSN 0044-5967. vol. 33, no. 2, p. 243-262, Manaus, Apr/June 2003.

PEREIRA, H.; SARDINHA, R. Chemical composition of *Eucalyptus globulus*. *Appita* 37 (8): 661-664. 1984.

POUBEL, D. S. et al. Estrutura Anatômica e Propriedades Físicas da Madeira de *Eucalyptus pellita* F. Muell. **Floresta e Ambiente**. ISSN 1415-0980. Vol 18(2), p. 117-126. 2011.

SANTOS, S. R. Influência da qualidade da madeira de híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* e do processo Kraft de polpação na qualidade da polpa branqueada, 2005. 172f.
Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

SHIMOYAMA, V.R.S.; BARRICHELO, L.E.G. Influência de características anatômicas e químicas sobre a densidade básica da madeira de *Eucalyptus* spp. In: **Congresso Anual de Celulose e Papel**, 24., 1991, São Paulo. Anais... São Paulo, ABTCP, 1991. p.178-183.

SJÖSTRÖM, E.; ALÉN, R. **Analytical Methods in wood chemistry, pulping, and papermaking**. Springer. Germany, 1998. 316p.

SOUZA, V. R. et al. Densidade básica entre procedências, classes de diâmetro e posições em árvores de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna*. **IPEF**, n.33, p.65-72, ESALQ-USP, Departamento de Ciências Florestais 13400 - Piracicaba – SP. ago.1986.

TREVISAN, R. et al. Idade de segregação do lenho juvenil e adulto para *Pinus elliottii* Engel. **Ciência Rural**, ISSN 0103-8478. Santa Maria, v.44, n.4, p.634-638, abr, 2014.

TRIANOSKI, R. et al. Avaliação longitudinal da densidade básica da madeira de espécies de pinus tropicais. **FLORESTA**, Curitiba, PR, v. 43, n. 3, p. 503 - 510, jul. / set. 2013.

VITAL, B. R. et al. Influência da casca no rendimento e qualidade de carvão vegetal de *Eucalyptus grandis*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 41-42, p. 44-49, jan./dez. 1989.