

WAGNER DAVEL CANAL

**EFEITO DA IDADE E DA POSIÇÃO RADIAL NAS PROPRIEDADES
ANATÔMICAS, FÍSICAS E QUÍMICAS DA MADEIRA DE *Tectona grandis***

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2017

Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa

T

Canal, Wagner Davel, 1991-
C212e Efeito da idade e da posição radial nas propriedades
2017 anatômicas, físicas e químicas da madeira de *Tectona grandis* /
Wagner Davel Canal. – Viçosa, MG, 2017.
vi, 55f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Ana Márcia Macedo Ladeira Carvalho.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
Inclui bibliografia.

1. Teca (Árvore). 2. *Tectona grandis*. 3. Idade. 4. Madeira
- Anatomia. 5. Madeira - Química. I. Universidade Federal de
Viçosa. Departamento de Engenharia Florestal. Programa de
Pós-graduação em Ciência Florestal. II. Título.

CDO adapt. CDD 22 ed. 634.97

WAGNER DAVEL CANAL


**EFEITO DA IDADE E DA POSIÇÃO RADIAL NAS PROPRIEDADES
ANATÔMICAS, FÍSICAS E QUÍMICAS DA MADEIRA DE *Tectona grandis***

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do programa de Pós-graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 23 de junho de 2017.



Marcos Oliveira de Paula



Vinícius Resende de Castro



Angélica de Cássia Oliveira Carneiro



Benedito Rocha Vital



Ana Márcia Macedo Ladeira Carvalho
(Orientadora)

AGRADECIMENTOS

A Deus, por proporcionar tantas alegrias em minha vida.

Aos meus pais, Gerson e Julia, e à minha irmã, cunhado e sobrinha, Fabiana, Silvio e Maya, pelo incentivo aos meus estudos.

Aos amigos de Castelo: Viviane, Gabi, Larice, Bismark e Vinícius, pelos momentos de alegria e trocas de experiência em cada reencontro.

Aos amigos de Jerônimo Monteiro: Fábio, André, Timóteo e Felipe, minha gratidão pela amizade, estadia, cafés matinais, pizzas e churrascos durante minha curta, porém prazerosa, passagem por esta cidade.

Aos amigos da ENF 2009 (Diogo, Indira, Julyana, Luiz, Mateus, Vicente) e tantos outros amigos e funcionários do DEF que, ao longo desses oito anos em Viçosa, tornaram minha vida pessoal e profissional inesquecível, garantindo muitas risadas e excelentes trocas de experiência nos momentos de trabalho e estudos.

Aos amigos Guilherme, João Gabriel, Mateus, Thaís e Fabiana pela ajuda na estatística e escrita deste trabalho.

À Viviane, pela imensa ajuda na escrita desse trabalho.

Aos meus estagiários Pedro, Amanda e Flávia, pelas ajudas nos testes realizados ao longo de todo meu experimento. Esse trabalho é nosso!

A todos os colegas e funcionários do LaPeM, e DCFM/UFES, em especial ao Chico Bizerra, Osvaldo, Zé Geraldo e à Leila, pelo suporte logístico do experimento e análises anatômicas da madeira.

À Universidade Federal de Viçosa, pelo incentivo em almejar novos horizontes, ao CNPq, pela concessão da bolsa de mestrado e à Guavirá Industrial e Agroflorestal *Ltda.*, pela doação das toras de teca.

À Thaís Nogueira, por conseguir, em seu estágio na referida empresa, o material para realização dos estudos.

À minha orientadora, Ana Márcia, pela confiança e apoio, aos meus coorientadores, Benedito e Cassinha, pelos ensinamentos durante nossa convivência.

Aos professores Marcos e Vinícius pelas palavras de motivação e dicas na confecção dos corpos de prova para os ensaios físicos da madeira.

À prof^a Graziela, pelo acompanhamento nas análises do ângulo microfibrilar e apoio na escrita desse trabalho. Você foi fundamental para o desenvolvimento do segundo capítulo!

SUMÁRIO

RESUMO	v
ABSTRACT	vi
INTRODUÇÃO GERAL	1
REVISÃO DE LITERATURA	3
1. Madeira de Teca	3
2. Cerne e Alburno de Teca.....	4
3. Teor de Extrativos de Teca.....	5
4. Propriedades Anatômicas da Madeira de Teca	6
5. Propriedades Físicas da Madeira de Teca	6
REFERÊNCIAS	9
CAPÍTULO I.....	12
PROPRIEDADES FÍSICAS, TEOR DE EXTRATIVOS E RELAÇÃO CERNE/ALBURNO DA MADEIRA DE <i>Tectona grandis</i> EM FUNÇÃO DA IDADE.....	12
1. INTRODUÇÃO	13
2.1. Material.....	14
2.2. Seccionamento das Árvores	14
2.3. Relação Cerne/Alburno	14
2.4. Propriedades Físicas da Madeira	15
2.4.1. <i>Amostragem e preparo das amostras</i>	15
2.4.2. <i>Determinação do teor de umidade de equilíbrio higroscópico, retratibilidade e densidade básica da madeira</i>	16
2.4.3. <i>Permeabilidade</i>	17
2.5. Teor de Extrativos da Madeira	18
2.6. Delineamento Experimental	19
3.1. Relação Cerne/alburno	20
3.2. Teor de Materiais Extrativos da Madeira	21
3.3. Teor de Umidade de Equilíbrio Higroscópico da Madeira.....	22
3.4. Densidade Básica da Madeira.....	22
3.5. Retratibilidade.....	23
3.5.1. <i>Retrações lineares e volumétrica da madeira</i>	23
3.5.2. <i>Fator anisotrópico da madeira</i>	24
3.6. Permeabilidade da madeira.....	25
REFERÊNCIAS	29
CAPÍTULO II.....	33
VARIABILIDADE RADIAL DAS PROPRIEDADES ANATÔMICAS E FÍSICAS DA MADEIRA DE <i>Tectona grandis</i> EM DIFERENTES IDADES	33
1. INTRODUÇÃO	34
2. MATERIAL E MÉTODOS	35
2.1. Material.....	35
2.2. Seccionamento das Árvores	35
2.3. Amostragem e Preparo das Amostras.....	35
2.4. Propriedades Anatômicas	36

2.4.1.	<i>Determinação do número de elementos anatômicos a serem analisados</i>	36
2.4.2.	<i>Morfologia de vasos e fibras</i>	36
2.4.3.	<i>Ângulo microfibrilar da parede das fibras</i>	38
2.5.	Retratibilidade e Densidade da Madeira.....	39
2.6.	Análise Estatística	40
3.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
3.1.	Correlações entre Propriedades da Madeira, Posição Radial e Idade.....	41
3.2.	Propriedades Anatômicas da Madeira	42
3.2.1.	<i>Ângulo microfibrilar</i>	42
3.2.2.	<i>Comprimento das fibras</i>	43
3.2.3.	<i>Espessura de parede</i>	44
3.2.4.	<i>Diâmetro e frequência de poros</i>	45
3.3.	Densidade Básica da Madeira.....	46
3.4.	Retratibilidade da Madeira	47
3.5.	Correlações entre Propriedades Anatômicas e Físicas da Madeira	49
4.	CONCLUSÕES.....	51
	REFERÊNCIAS	52
	RECOMENDAÇÕES.....	54
	CONCLUSÕES GERAIS	55

RESUMO

CANAL, Wagner Davel, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, junho de 2017. **Efeito da idade e da posição radial nas propriedades anatômicas, físicas e químicas da madeira de *Tectona grandis***. Orientadora: Ana Márcia Macedo Ladeira Carvalho.

Estudos que relacionam variação das propriedades tecnológicas do lenho da madeira ao longo da idade são importantes para determinar a idade de colheita da floresta, a fim de verificar se a madeira apresenta propriedades satisfatórias para determinado uso. O presente trabalho avaliou alterações nas propriedades da madeira ao longo da idade. No Capítulo I estudou-se influência da idade em teor de extrativos, propriedades físicas e relação cerne/alburno da madeira de *Tectona grandis*. Foi utilizada madeira aos 10, 12, 14 e 16 anos, em quatro repetições. De cada repetição, foram seccionados quatro toretes a 0,5 m (base); 2,3 m; 4,6 m e 6,9 m de altura. Destes, foram determinadas a relação C/A e confeccionadas amostras para umidade de equilíbrio higroscópico, densidade básica, retratibilidade e permeabilidade. O restante do material foi moído para avaliação do teor de extrativos. Os resultados foram comparados com os descritos na literatura. Neste capítulo concluiu-se que existe influência dos teores de extrativos na determinação da UEH, densidade e retratibilidade. A coloração entre cerne e alburno não influenciou a permeabilidade da madeira durante o envelhecimento do lenho. No Capítulo II foi avaliada a variabilidade radial das propriedades anatômicas e físicas da madeira de teca em diferentes idades. Foi utilizada madeira aos 10, 14 e 17 anos, em quatro repetições. De cada repetição, foram seccionados toretes da base (0,5 m acima do solo), divididos em dois discos transversais (superior e inferior) e, de cada disco, foi retirada um bagueta central amostrando as posições radiais de 0, 33, 66 e 99 % do raio. Da bagueta do disco superior, foram avaliadas a inclinação microfibrilar, comprimento, espessura da parede e diâmetro de lume das fibras e, frequência dos poros. Da bagueta do disco inferior, foram determinadas as retratibilidades radial, longitudinal, tangencial, volumétrica, fator anisotrópico e densidade básica. Utilizou-se o coeficiente de Pearson para avaliar o grau de correlação entre as propriedades da madeira e observou-se que variações anatômicas determinaram alterações nas propriedades físicas da madeira. Conclui-se que as correlações encontradas puderam descrever a maturação do lenho e observou-se que na idade de 17 anos, assim como nas regiões próximas à casca, há madeira mais resistente e com menores variações dimensionais.

ABSTRACT

CANAL, Wagner Davel, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, June, 2017. **Effect of age and radial position in the anatomical, physical and chemical properties of *Tectona grandis* wood.** Adviser: Ana Márcia Macedo Ladeira Carvalho.

Studies that relate the variation of the technological properties of the wood throughout the age are important to determine the time to remove the wood with satisfactory physical characteristics for certain use. The present work, was developed based on the alterations of the properties of the wood along the age. Chapter I evaluated the influence of age on extractive contents, physical properties and heartwood / sapwood (H / S) relation of *Tectona grandis* (teak) wood. Wood at 10, 12, 14 and 16 years old was used in four repetitions. From each replicate, were sectioned four torts at 0,5 m (base); 2.3 m; 4.6 m and 6.9 m height. From the torts, the H / S relation was determined and the samples were prepared to calculate the humidity of the hygroscopic equilibrium (HHE), basic density, retractability and permeability. The rest of the material was transformed into sawdust to evaluate the extractive content. The results were compared with the literature for the specie. So, in this chapter it is concluded that there is influence of the extractive contents in the determination of the HHE, density and retractability, and the coloration between heartwood and sapwood was not able to determine the permeability of the wood during its aging. Chapter II evaluated the radial variability of the anatomical and physical properties of teak wood at different ages. Wood at 10, 14 and 17 years old was used in four repetitions. From each repetition, torts were sectioned from the base (0,5 m above the ground), divided into two transverse discs and, from the central bag of each disc, the radial positions of 0, 33, 66 and 99% were sampled of only ray. From the upper bag, the microfibril inclination (MFA), length (CP) and wall thickness (FPE) of the fibers, lumen diameter (DL) and pore frequency (PF) were evaluated. From the lower bag, were determined the radial (RR), longitudinal (RL), tangential (RT), volumetric (RV) retractibilities, and anisotropic factor (FA) and basic density (DB). Pearson's coefficient was used to evaluate the degree of correlation between anatomical and physical properties. It was observed that anatomical variations determined changes in the physical properties of the wood. It is concluded that the correlations found in this study could describe the maturation of the wood and it was observed that the age of 17 years as well as regions close to the bark have more resistant wood and with smaller dimensional variations.

INTRODUÇÃO GERAL

A crescente demanda por bens de consumo vem gerando constantes preocupações acerca do atual modo de desenvolvimento, pautado no uso indiscriminado de recursos finitos. Como alternativa ao consumo de materiais não renováveis, a utilização da madeira, principalmente advinda de plantios comerciais de curta rotação, vem ganhando elevado destaque, pois se trata de recurso renovável, abundante, versátil e atrativo. Portanto, o emprego de madeiras de espécies de crescimento rápido pode se relacionar não somente com as necessidades do mercado, como também ser substituto de materiais não renováveis e garantir a diminuição do desmatamento de florestas nativas.

Para Tsukamoto Filho et al. (2003), a espécie *Tectona grandis* (teca), utilizada em reflorestamentos brasileiros, possui ampla utilização em âmbito nacional e internacional, devido ao seu rápido crescimento que supre a procura por madeira em um curto espaço de tempo. No entanto, o crescimento acelerado da teca plantada no Brasil, como relatado por Leite et al. (2011), pode não acompanhar a completa formação da madeira, o que implica na utilização de material com resistência física inferior. Dessa maneira, o alto incremento volumétrico e as reduzidas idades de colheita da teca no Brasil – que poderia ser sinônimo de ganho em produção – é capaz de, na maioria das vezes, induzir à retirada de material lenhoso com baixa qualidade e, conseqüentemente, baixos rendimentos em madeira serrada.

Como consequência do rápido crescimento da madeira de teca no Brasil, é de se supor que seja insuficiente a produção de materiais extrativos, o que pode impactar nas propriedades da madeira. Além da pequena produção de materiais extrativos, observa-se uma variabilidade nas propriedades anatômicas e físicas da madeira até o seu completo amadurecimento. Em virtude das propriedades tecnológicas inferiores elencadas para a madeira produzida no Brasil, existe a possibilidade do emprego da teca de origem asiática já que, neste continente a espécie cresce naturalmente.

Um dos motivos para o uso da teca do continente asiático é, segundo Bhat et al. (2001), a presença de elevados teores de extrativos, estabilidades anatômica e física da madeira. Tais qualificações dadas à teca advinda da Ásia se deve ao fato de que, na região, as elevadas idades de corte da madeira, praticadas em idades iguais ou superiores a 25 anos, garantem a produção de madeira madura e com grande resistência física. Porém, a colheita da teca em seu local de origem é feita de maneira extrativista e sem o manejo adequado de suas florestas, o que pode promover o colapso da capacidade de regeneração das florestas nativas do

continente. Mesmo com esse problema, ainda assim opta-se pelo cultivo da teca em áreas de reflorestamentos no Brasil, como forma de diminuir a pressão extrativista sobre as florestas naturais do continente asiático.

Nesta perspectiva, a realização deste trabalho se justifica pelo fato de que existem poucos trabalhos que abordam a influência da idade nas propriedades físicas da madeira de teca cultivada no Brasil. Levando-se isso em consideração, esta pesquisa se desenvolveu com o objetivo principal de avaliar o efeito da idade e da posição radial nos teores de extrativos, propriedades anatômicas e físicas da madeira. Sendo assim, para a apresentação dos resultados obtidos, a dissertação foi estruturada em dois capítulos, conforme apresentado a seguir:

Capítulo I: Propriedades físicas, teor de extrativos e relação cerne/alburno da madeira de *Tectona grandis* em função da idade.

Capítulo II: Variabilidade radial das propriedades anatômicas e físicas da madeira de *Tectona grandis* em diferentes idades.

REVISÃO DE LITERATURA

1. Madeira de Teca

Tectona grandis é uma árvore de grande porte pertencente à família Lammiaceae (antiga Verbenaceae), nativa das florestas tropicais situadas entre 10° S e 25° N no subcontinente Índico e no sudeste asiático, principalmente na Índia, Burma, Tailândia, Laos, Camboja, Vietnã e Java (COSTA, 2011). Segundo Ramos et al. (2011) e Bonduelle et al. (2015), madeira *Tectona grandis* possui grande utilidade, devido a sua estabilidade física e durabilidade natural. Em vista das propriedades garantidas à madeira em estudo, a teca possui usos tanto na movelaria quanto na produção de componentes químicos industriais advindos de seus extrativos. Graças à ampla utilização da espécie, Pelissari et al. (2014) enfatizam que não se deve descartar a possibilidade de retirar madeira com propriedades tecnológicas diferenciadas ao longo do crescimento do plantio. Segundo esses autores, práticas de desbastes e retirada da madeira do campo garantem a diversificação do uso da matéria prima e agrega valor às árvores remanescentes. Portanto, os desbastes realizados nos plantios de teca garantem a antecipação das receitas geradas durante todo o seu ciclo produtivo.

Após o desbaste das árvores com dimensões inferiores, as árvores remanescentes no plantio ganham espaço para maior desenvolvimento, o que garante produção de madeira com propriedades físicas e mecânicas e com resistência natural superiores. Em virtude do que ocorre ao longo do crescimento das árvores de teca remanescentes dos desbastes, Tsukamoto Filho et al. (2003) garantem que o material resultante se qualifica com elevado destaque mundial, superando até mesmo a procura pelo mogno. Paes et al. (2015) consideram que os atributos de resistência dos produtos da teca garantem boa característica estética e de acabamento a essa espécie. De acordo com Kokutse et al. (2006), as qualificações dadas à esta madeira asseguram ainda o seu uso em ambientes externos como, por exemplo, estruturas de embarcações, construção de móveis de jardins e usos residenciais. No entanto, Premrasmi e Dietrichs (1967) citam como desvantagem o contato direto com o pó de madeira durante o manuseio da teca, o que pode causar dermatoses em pessoas alérgicas. Os mesmos autores garantem que a causa para a alergia de contato com o pó de madeira durante a manufatura da teca seja a presença dos compostos químicos desoxylapachol e lapachol em seus extrativos.

2. Cerne e Alburno de Teca

No que concerne ao crescimento da árvore de teca, Leite et al. (2011) consideram que o acréscimo em diâmetro do cerne acompanha o afilamento da árvore ao longo do seu desenvolvimento. Nos estudos propostos por Moya et al. (2014), enfatiza-se que o diâmetro do cerne pode ser previsto a partir do diâmetro total da teca em qualquer idade. Além das correlações realizadas com crescimento em diâmetro da árvore, Castro e Raigosa (2000) consideram que o avanço da idade também proporciona produção diferenciada de cerne e alburno e garante melhor aceitabilidade da madeira. Diante dos fatores mencionados acima, considera-se que o avanço da idade dos plantios de teca é importante para se determinar madeira com maiores diâmetros de cerne e, conseqüentemente, maior destaque de cores entre cerne e alburno.

Ainda com relação ao crescimento em idade e conseqüente envelhecimento das árvores de teca, Taylor et al. (2002) destacam que o cerne pode ser distinguido do alburno pela sua coloração escura e pelo aumento da resistência a organismos xilófagos, devido à maior impregnação de materiais extrativos nessa região. Este desenvolvimento da madeira de teca (cernificação), pode garantir maior resistência a organismos biodeterioradores na região do cerne, de acordo com Higuchi (1997). Em virtude das diferenças fisiológicas acarretadas pela cernificação da teca, Finger et al. (2003) observam que, nas regiões de cerne e alburno, possivelmente, se observará diferenças de resistência física. Em estudos mais específicos, Kokutse et al. (2006) mostraram que, não somente as regiões de cerne e alburno, como também os cernes internos, intermediários e externos possuem diferenças quanto às suas cores, resistências natural, física e mecânica. Thulasidas et al. (2006) mencionam ainda que a coloração diferenciada no cerne é um dos critérios de qualidade para avaliar sua adequação em determinados usos finais, uma vez que se observa redução da quantidade ou envelhecimento dos extrativos presentes no cerne dessa madeira, o que determina distintos graus de resistência física e natural.

Considerando a clara diferenciação entre cerne e alburno mencionada anteriormente, espera-se significativa distinção de permeabilidade nesses locais para a madeira de teca. A hipótese levantada anteriormente deve ser considerada devido à relação que existe entre a impregnação por materiais extrativos e o impedimento do fluxo de seiva na região do cerne. No entanto, graças à distinta impregnação nas regiões interna e externa do cerne, como citado por Thulasidas et al. (2006), e a distribuição dos vasos que ocorre em anéis semi-porosos,

como citado por Rao e Rajput (1999), pode-se considerar que o fluxo de fluidos por entre a madeira de teca siga uma tendência específica para essa espécie.

3. Teor de Extrativos de Teca

De acordo com Taylor et al. (2002), o conteúdo extrativo total de uma espécie se correlaciona com as propriedades de resistência natural de sua madeira. Para a *Tectona grandis*, Moya et al. (2014) a relação existente entre a produção de extrativos e o incremento da resistência natural da madeira começa a partir do quarto ano de idade e, primeiramente, diz respeito ao processo de cernificação do lenho – produção de cores diferenciadas. Como etapa complementar ao processo de coloração da madeira, Moreira et al. (2006) citam que, a partir do décimo ano de idade, o metabolismo dos indivíduos de teca biossintetiza compostos aromáticos no cerne, que são responsáveis por garantir sua durabilidade natural. As substâncias extrativas produzidas pelo metabolismo da árvore são da classe das quinonas – tectocnona, obtusifolina, desidro- α -lapachona e lapachol – que conferem reconhecida durabilidade natural à teca. Em função da produção dos compostos preservativos citados anteriormente, Motta et al. (2013) afirmam que a durabilidade natural dada à teca a torna imune à ação de fungos apodrecedores e insetos. Assim, em virtude da elevada resistência a organismos biodeterioradores conferida pelos extrativos da teca, Kokutse et al. (2006) resumem que essa espécie possui grande demanda para usos em diversos tipos de ambientes.

Além da relação envolvendo o teor de extrativos com a resistência natural da teca, Moya e Calvo-Alvarado (2012) destacam que a elevada concentração desses compostos auxilia na formação de tiloses. Já Nobuchi et al. (1996) afirmam ainda que o crescimento da teca também resulta na produção de gotículas lipídicas que se tornarão material ceroso nas regiões internas do tronco. Como consequência da produção de tais compostos pelo metabolismo da árvore, Garcia e Marinônio (2016) consideram ainda que, esses materiais lipídicos tendem a influenciar nas propriedades de resistência física da madeira e na sua estabilidade dimensional.

Em virtude de todos os atributos relativos à resistência física, mecânica e biológica da madeira de teca, Thulasidas et al. (2006) alegam que esta espécie, proveniente de plantios de curta rotação, geralmente tem menor preço, pois possui características como durabilidade natural e propriedades físico/mecânicas inferiores decorrentes do menor tempo de impregnação da madeira por materiais extrativos. Portanto, as propriedades químicas

encontradas nos materiais extrativos produzidos pela *Tectona grandis* garantem satisfatórias resistências a organismos biodeterioradores e estabilidade físico/mecânica à madeira.

4. Propriedades Anatômicas da Madeira de Teca

De acordo com Lima et al. (2011), observa-se que, assim como em qualquer espécie florestal, a variação da anatomia da madeira de teca da medula para a casca implica em variações de ordem física a este material no mesmo sentido, como por exemplo, variações na retratibilidade e densidade. Os autores afirmam ainda que existe íntima relação entre as propriedades físicas e anatômicas da madeira e, além disso, diversos fatores silviculturais, ambientais e a idade do plantio podem ser preponderantes na indução das variações anatômicas e físicas da madeira de teca. Nobuchi et al. (1996) complementam que não devem ser estabelecidas somente relações envolvendo propriedades anatômicas e físicas da madeira de teca, como também devem ser feitos estudos que correlacionem variadas condições de crescimento com a anatomia e qualidade da madeira. Outro fator que também deve ser levado em consideração é a atividade cambial da árvore de teca que, segundo Rao e Rajput (1999), contribui para a variabilidade anatômica da madeira no sentido radial.

No que se refere à produção de madeira madura para a espécie de teca, sob quaisquer condições de crescimento, Bhat et al. (2001) demonstraram que as dimensões das fibras deverão se estabilizar em torno dos 25 anos de idade. Em comparação com a idade de amadurecimento das fibras observada anteriormente, Richter et al., (2003) afirmam que plantios de teca de rápido crescimento praticados no Brasil produzem madeira de baixa qualidade física, uma vez que a sua retirada ocorre em idades entre 15 e 25 anos. Portanto, é possível considerar que, sob quaisquer condições silviculturais e ambientais, as dimensões e frequências dos constituintes anatômicos da madeira de teca seguirão variadas tendências de acréscimos ou reduções na direção da medula para a casca, até o completo amadurecimento do lenho. E, mais especificamente, em plantios brasileiros, em que a idade de corte da teca é praticada em idades inferiores a 25 anos, ainda não se observa a estabilização das dimensões anatômicas nas regiões externas da tora, o que pode indicar características juvenis da madeira.

5. Propriedades Físicas da Madeira de Teca

De acordo com Gutiérrez et al. (2008), toda madeira possui uma série de índices de qualidade físicos como densidade, permeabilidade, teor de umidade de equilíbrio higroscópico, retratibilidade, entre outros que, quando avaliados em conjunto, auxiliam na

tomada de decisão para determinar sua possível utilidade. Bonduelle et al. (2015) complementam essa consideração ao pontuar que o estudo das propriedades físicas da madeira de *Tectona grandis* deve ser realizada para se garantir o seu correto aproveitamento.

Em virtude da importância de se mensurar as propriedades físicas da madeira, Braz et al. (2015) apontam que a avaliação da umidade de equilíbrio higroscópico é de grande interesse para o manuseio de qualquer material lenhoso. De acordo com Fioresi et al. (2014), a interação higroscópica da madeira com o ambiente é determinada, em grande parte, pela sua composição química e os teores de extrativos. Da mesma forma, deve-se levar em consideração as diferenças químicas da madeira de *Tectona grandis* como os teores de celulose, hemiceluloses e materiais extrativos, o que pode garantir diferenciada higroscopicidade a este material. Análogo à composição química da teca, Carvalho et al. (2009) consideram que a composição de material celulósico de qualquer madeira determina grande afinidade com a umidade ambiente relativa a presença de grupos hidroxilas em sua molécula e variados graus de cristalinidade. As hemiceluloses também absorvem umidade devido à ausência de cristalinidade, baixa massa molecular e configuração irregular e ramificada de sua estrutura. No entanto, segundo o IPEF (2003), uma das especificidades da teca é a composição química dos seus materiais extrativos, que, tanto no alburno quanto no cerne, existe a presença de constituintes hidrofóbicos que auxiliam na redução de absorção de água pela madeira. Portanto, a determinação química e, principalmente, dos teores de extrativos da teca é de grande importância para se antecipar às variações dimensionais da madeira frente à umidade ambiente.

Para a definição da densidade básica da madeira de teca, Oliveira e Silva (2003) constataram que variações dessa propriedade dependem de mudanças no diâmetro e na frequência dos vasos. Gonçalves et al. (2007) sugerem que alterações da massa específica da madeira também se relacionam com as modificações ocorridas no diâmetro do lúmen das fibras e, de acordo com o envelhecimento da espécie, tais mudanças tenderão a se estabilizar. Para Castro e Raigosa (2000), outro fator importante para a determinação da densidade da madeira de teca é a distribuição dos seus poros, que ocorre ao redor dos anéis formados no início do período de crescimento da árvore. No tipo de porosidade descrito para a teca, as regiões onde existem maior concentração de poros possuirão menores valores de densidade, devido ao elevado espaço vazio nessa porção da madeira.

Por fim, no que se refere à retratibilidade da madeira de teca, Bonduelle et al. (2015) consideram que os valores desse índice devem ser tratados com elevada importância,

principalmente quando a madeira se destina à produção de bens de consumo permanentes, como na movelaria, por exemplo. Em detrimento da relevância que deve ser dada aos valores de retração da madeira, Oliveira et al. (2010) consideram que um dos fatores utilizados para classificar a variação dimensional deste material é a razão entre as retrações tangenciais e radiais, ou relação T/R. Para tanto, observa-se na Tabela 1, faixas de valores do índice T/R, suas classificações e exemplos de madeiras.

Tabela 1. Grau de estabilidade da madeira (DURLO e MARCHIORI, 1992)

Fator anisotrópico (T/R)	Classificação	Exemplos de madeira
1,2 a 1,5	Muito estável	Cedro, sucupira, mogno, balsa
1,5 a 2,0	Média estabilidade	Ipê, pinus, araucária, peroba-rosa
Acima de 2,0	Pouco estável	Araucária, imbuía, álamo, jatobá

Diante da classificação exposta na Tabela 1, Castro e Raigosa (2000) explicam que índices próximos de 1,0 garantem boa estabilidade dimensional à madeira. Tais autores complementam que, quanto mais próximo da unidade (1,0), mais haverá igualdade entre as retrações tangenciais e radiais, não se observando a formação de fendilamentos ou defeitos de secagem, o que seria uma situação ideal e de elevada resistência à umidade para qualquer madeira. A título de exemplo de aplicação da classificação proposta acima, nos estudos promovidos por Bonduelle et al. (2015), para madeira de teca aos 18 anos, foram encontrados valores de fator anisotrópico de 2,27, que a classifica como material de baixa estabilidade dimensional. Porém, os mesmos autores consideraram a retração tangencial dessa madeira baixa (4,21 %), indicando que o fator anisotrópico tomado de forma isolada não caracteriza a madeira de teca do ponto de vista de estabilidade dimensional. Ou seja, madeiras como a teca, que possuem fator anisotrópico alto e fator de contração baixo, podem ser estáveis dimensionalmente.

REFERÊNCIAS

- BHAT, K. M.; PRIYA, P. B.; RUGMINI, P. Characterization of juvenile wood in teak. **Wood Science and Technology**, Kerala, v. 34, p. 517-532, 2001.
- BONDUELLE, G.M.; IWAKIRI, S.; TRIANOSKI, R.; PRATA, J. G.; ROCHA, V. Y. Análise da massa específica e da retratibilidade da madeira de *Tectona grandis* nos sentidos axial e radial do tronco. **Revista Floresta**, Curitiba, v.45, n.04, p.671-680, 2015.
- BRAZ, R. L.; DUARTE, A. O. C.; OLIVEIRA, J. T. S.; MOTTA, J. P.; ROSADO, A. M. Curva característica de secagem da madeira de *Tectona grandis* e *Acacia mangium* ao ar livre. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 01, n. 22, p. 117 – 123, 2015.
- CARVALHO, W.; CANILHA, L.; FERRAZ, A.; MILAGRES, A. M. F. Uma visão sobre a estrutura, composição e biodegradação da madeira. **Revista Química Nova**, São Paulo, v.32, n.08, p.2191-2195, 2009.
- CASTRO, F. Y.; RAIGOSA, J. Crecimiento y propiedades físico-mecánicas de la madera de teca (*Tectona grandis*) de 17 años de edad em San Joaquin de Abangares, Costa Rica. **Agronomía Costarricense**, v.24, n.02, p.07-23, 2000.
- COSTA, K. L. **Crescimento de *Tectona grandis* (Teca) em sistema silvicultural de talhadia composta em Minas Gerais**. 2011. 77 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.
- DURLO, M. A.; MARCHIORI, J. N. **Tecnologia da madeira**. Santa Maria: CEPEF/FATEC, 1992, 33 p.
- FIORESE, T.; PIROCA, S.; COSTA, H. W. D.; TREVISAN, R.; FORTES, F. O.; GATTO, D. A. Umidade de equilíbrio da madeira na região norte do Rio Grande do Sul em diferentes estações do ano. **Ciência da Madeira**, Pelotas, v.05, n.01, p.34-41, 2014.
- FINGER, F. A.; FINGER, Z.; LOGSDON, N. B. Qualificação da madeira de Teca, *Tectona grandis* L. f., oriunda do primeiro desbaste comercial, com vistas a seu aproveitamento. **Madeira: arquitetura e engenharia**, Manaus, v.03, n.10, p.91-96, 2003.
- GARCIA, R. A.; MARINONIO, G. B. Variação da cor da madeira de teca em função da densidade e do teor de extrativos. **Floresta e ambiente**, Seropédica, v.23, n.1, p.124-134, 2016.
- GONÇALVES, M. P. M.; COFFLER, R.; CARVALHO, A. M. de; GARCIA, R. A. Variação radial da densidade básica e comprimento das fibras da madeira de *Tectona grandis* L. **Floresta e ambiente**, Seropédica, v.14, n.01, p.70-75, 2007.
- GUTIÉRREZ, R. C.; ROMERO, E. J.; CUNUHAY, P. S.; BLANCO, G. L.; FONSECA, C. S. Analisis comparativo de las propiedades físico-mecánicas de la madera de teca (*Tectona grandis* L. F.) de Quevedo y Balzar. **Ciencia y Tecnología**, v.1, n.2, p. 55-63, 2008.
- Higuchi, T. **Biochemistry and Molecular Biology of Wood**. Springer, Berlin. 1997.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTUDOS FLORESTAIS, IPEF. *Tectona grandis* (Teca). 2003. Disponível em: <<http://www.ipef.br/identificacao/tectona.grandis.asp>>. Acesso em: 08 ago 2017.

KOKUTSE, A.D.; STOKES, A.; BAILLÈRES, H.; KOKOU, K.; BAUDASSE, C. Decay resistance of Togolese teak (*Tectona grandis*) heartwood and relationship with colour. **Trees Struc Funt.** v.20, p.219–223, 2006.

LEITE, H. G.; OLIVEIRA-NETO, R. R. de; MONTE, M. A.; FARDIN, L.; ANCANTARA, A. M. de; BINOTI, M. L. M. S.; CASTRO, R. V. O. Modelo de afilamento de cerne de *Tectona grandis* L.f. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v.39, n.89, p.053-059, 2011.

LIMA, I. L.; GARCIA, R.; LONGUI, E. L.; FLORSHEIM, S. M. B. Dimensões anatômicas da madeira de *Tectona grandis* Linn. em função do espaçamento e da posição radial do tronco. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v.39, n.89, p.061-068, 2011.

MOREIRA, R. Y. O.; ARRUDA, M. S. P.; ARRUDA, A. C.; SANTOS, L. S.; MULLER, A. H.; GUILHON, G. M. S. P.; SANTOS, A. S.; TEREZO, E. Antraquinonas e naftoquinonas do caule de um espécime de reflorestamento de *Tectona grandis* (Verbenacea). **Revista brasileira de farmacognosia**, Belém, v.16, n.03, p.392-396, 2006.

MOTTA, J. P.; OLIVEIRA, J. T. S.; PAES, J. B.; ALVES, R. C.; DAMBROZ, G. B. V. Resistência natural de madeira de *Tectona grandis* em ensaio de laboratório. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.43, n.08, p.1393-1398, 2013.

MOYA, R.; CALVO-ALVARADO, J. Variation of wood color parameters of *Tectona grandis* and its relationship with physical environmental factors. **Annals of Forest Science**, Springer Verlag/EDP Sciences, v.69, n.8, p.947-959, 2012.

MOYA, R.; BOND, B.; QUESADA, H. A review of heartwood properties of *Tectona grandis* trees from fast-growth plantations. **Wood Science Technology**, Springer Verlag/EDP Sciences, v.48, p.411–433, 2014.

NOBUCHI, T.; JANMAHASATIEN, S.; SAKAI, M. Seasonal changes of wood formation and some characteristics of heartwood formation in teak (*Tectona grandis* L.) plantation. **Kasetsart Journal Nature Science**. n.30, p.254–263, 1996.

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

OLIVEIRA, J. T. S.; FILHO, M. T.; FIEDLER, N. C. Avaliação da retratibilidade da madeira de sete espécies de *Eucalyptus*. **Revista Árvore**, Viçosa, v.34, n.05, p.929-936, 2010.

PAES, J. B.; SANTOS, L. L.; SILVA, L. F.; MOTTA, J. P.; BRAZ, R. L.; LOMBARDI, L. R. Caracterização tecnológica da madeira juvenil de teca (*Tectona grandis*) visando à produção de móveis. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.10, n.03, p.437-442, 2015.

PELLISSARI, A. L.; GUIMARÃES, P. P.; BEHLING, A.; EBLING, A. A. Cultivo da teca: características da espécie para implantação e condução de povoamentos florestais. **Centro Científico Conhecer**, Goiânia, v.1, n.1, 127 p., 2014.

PREMRASMI, T.; DIETRICH, H. H. Nature and distribution of extractives in teak (*Tectona grandis* Linn.) from Thailand. **The Natural History Bulletin of the Siam Society**. v.22, n.01 e 02, p. 1-14, 1967.

RAO, K.S.; RAJPUT K. S. Seasonal behaviour of vascular cambium in teak (*Tectona grandis*) growing in moist deciduous and dry deciduous forests. **IAWA Journal**, Leiden, v.20, n.01, p.85-93, 1999.

RAMOS, L. M. A.; LATORRACA, J. V. de F.; PASTRO, M. S.; SOUZA, M. T. de.; GARCIA, R. A.; CARVALHO, A. M. de. Variação radial dos caracteres anatômicos da madeira de *Eucalyptus grandis* W. Hill Ex Maiden e idade de transição entre lenho juvenil e adulto. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v.39, n.92, p.411-418, 2011.

RICHTER, H. G.; LEITHOFF, H.; SONNTAG, U. **Characterisation and extension of juvenile wood in plantationgrown teak (*Tectona grandis* L.f.) from Ghana**. In: Quality timber products of teak from sustainable forest management. Proceedings of the international conference on quality timber products of teak from sustainable forest management, 2-5 December. Peechi, India. 2003.

TAYLOR, A. M.; GARTNER, B. R.; MORRELL, J. J. Heartwood formation and natural durability. **Wood and fiber science**, v.34, n.04, p. 587-611, 2002.

THULASIDAS, P. K.; BHAT, K. M.; OKUYAMA, T. Heartwood colour variation in home garden teak (*Tectona grandis*) from wet and dry localities of Kerala, India. **Journal of Tropical Forest Science**, Peechi, v.18, n.01, p. 51-54, 2006.

TSUKAMOTO FILHO, A. A.; SILVA, M. L.; COUTO, L.; MÜLLER, M. D. Análise econômica de um plantio de teca submetido a desbastes. **Revista Árvore**, Viçosa, v.27, n.4, p.487-494, 2003.

CAPÍTULO I
PROPRIEDADES FÍSICAS, TEOR DE EXTRATIVOS E RELAÇÃO
CERNE/ALBURNO DA MADEIRA DE *Tectona grandis* EM FUNÇÃO DA IDADE

Resumo – Este estudo avaliou a influência da idade nos teores de extrativos, propriedades físicas e relação cerne/alburno da madeira de *Tectona grandis*. Foram avaliadas quatro idades (10, 12, 14 e 16 anos) em quatro repetições (árvores) de madeira de teca doada por uma empresa localizada em Nova Maringá (MT). De cada árvore foram retirados 4 toretes (0,5; 2,3; 4,6 e 6,9 m da altura total) para a determinação da relação C/A e, de cada torete, um bagueta central de 3 cm de largura foi amostrada para determinar a umidade de equilíbrio higroscópico, densidade básica e retratibilidade. Paralelo à faixa central de cada torete, foram confeccionadas novas amostras para avaliação da permeabilidade da madeira ao ar. O restante da madeira foi moído e peneirado para análise do teor de extrativos. Os resultados mostraram que a relação C/A aumentou significativamente com a idade em que foi observado o valor máximo de 1,06 aos 14 anos, porém esses valores podem ter sofrido influência do afilamento do tronco, diâmetro da copa e fatores externos. Percebeu-se que houve diferença significativa entre a média dos teores de extrativos aos 10 anos (4,97 %) e as demais idades (com valor médio de 7,30 %). Entretanto, a idade não influenciou a UEH, com média de 13,59 %, provavelmente devido à homogeneidade nas proporções de celulose, hemiceluloses e extrativos, que, apesar da diferença estatística destes compostos, deve-se considerar a heterogeneidade existente em qualquer madeira. A idade também não influenciou nas médias da densidade básica e retratibilidade. Logo, a homogeneidade dos valores de densidade e as reduzidas retrações da madeira se devem à característica dos seus materiais extrativos, que garantem resistência e hidrofobicidade à madeira. O fator anisotrópico foi de 1,97, número que possibilita classificar a madeira como de média estabilidade. Não se observou diminuição da permeabilidade com o aumento da idade, devido às irregularidades nos limites entre o alburno e o cerne, disposição dos poros ao redor dos anéis de crescimento e presença de tiloses em locais variados no tronco. Como conclusões, foi possível perceber que existe grande influência dos teores de extrativos na determinação da UEH, densidade e retratibilidade. Além disso, a coloração entre cerne e alburno não foi capaz de determinar o limite entre cerne e alburno e consequentemente a permeabilidade da madeira, garantindo elevada variação desses valores.

Palavras-chave: avanço da idade; permeabilidade; teca.

1. INTRODUÇÃO

Considera-se que a idade de um povoamento florestal seja fator importante na obtenção de madeira com diversificados graus de qualidade. Com relação à idade das árvores, esta determina a formação do lenho e deve ser levada em consideração para programar a retirada da árvore do campo, de modo que atenda às necessidades de um empreendimento florestal e garanta madeira de qualidade para determinado uso. Portanto, a melhor idade técnica de colheita deve ser aquela que produza madeira com propriedades físicas satisfatórias aliada a maiores rendimentos durante o seu desdobro.

O planejamento tecnológico da produção de madeira acerca da sua idade de colheita deve ser feito, principalmente, para espécies de crescimento rápido e menos conhecidas nacionalmente como a teca (*Tectona grandis*) pois, de acordo com Tsukamoto Filho et al. (2003), desde que foi introduzida no Brasil, na década de 1960, as ótimas condições ambientais e a elevada fertilidade dos solos brasileiros, comparados com a sua região de origem, fizeram com que o ciclo produtivo dessa espécie encurtasse. No entanto, Castro e Raigosa (2000) citam que o elevado crescimento volumétrico da madeira de teca em um curto espaço de tempo pode produzir material instável dimensionalmente e de baixa resistência física, uma vez que se produz elevada quantidade de material juvenil. Na perspectiva de Bhat et al. (2001), a teca concentra todos os padrões de resistência e homogeneidade física em seu local de origem (sudeste asiático), dado o maior tempo de formação da madeira dessa espécie. Devido aos fatores mencionados acima, a influência do local de plantio sobre a taxa de crescimento da teca pode gerar madeira com diferenças químicas, anatômicas e físicas em distintas idades, o que reflete a alteração do ciclo de corte da espécie.

Para tentar encontrar soluções relativas aos problemas oriundos do encurtamento do ciclo produtivo da teca, práticas de desbastes são realizadas pelas empresas produtoras da madeira dessa espécie com o intuito de melhorar as condições de crescimento das árvores remanescentes e aumentar a produção de material lenhoso. No entanto, essas técnicas são realizadas, na maioria das vezes, de forma empírica, em que é considerado somente o incremento em diâmetro das toras remanescentes, sem levar em consideração a qualidade da madeira.

Diante dos fatos, este trabalho objetivou avaliar o efeito idade da madeira de *Tectona grandis* nos valores de materiais extrativos, relação C/A, umidade de equilíbrio higroscópico, densidade básica, retratibilidade e permeabilidade.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Material

Utilizou-se madeira de *Tectona grandis* (teca) proveniente de plantios comerciais da empresa Guavirá Industrial e Agroflorestal *Ltda.*, localizada no município de Nova Maringá, região médio-norte do estado de Mato Grosso, a 440 km da capital Cuiabá – MT.

A região de plantio se localiza no bioma cerrado, com clima caracterizado pela presença de invernos secos e verões chuvosos, classificado como Aw de Koppen (tropical chuvoso). Possui média anual de precipitação da ordem de 1500 mm, variando de 750 mm a 2000 mm. As chuvas são praticamente concentradas no período entre outubro a março, e a temperatura média do mês mais frio é superior a 18°C. Seu solo constitui-se por Latossolos altamente intemperizados, com baixa fertilidade natural. Possui uma combinação de declives suaves, com boa estabilidade de agregados e boas condições de profundidade e drenagem (LOPES e GUILHERME, 1994; RIBEIRO e WALTER, 1998).

2.2. Seccionamento das Árvores

Foram selecionadas aleatoriamente 16 árvores com idades de 10, 12, 14 e 16 anos (4 árvores por idade) com espaçamento médio de 3m x 2m. As árvores foram colhidas e seccionadas em toras de 2,3 metros de comprimento. Foram utilizadas somente as três primeiras toras da árvore, compondo a variação longitudinal, a saber: 0,5 m (base) a 2,3 m; 2,3 m a 4,6 m e 4,6 m a 6,9 m. De cada tora, foram retirados toretes transversais, de 15,0 cm de espessura, em suas extremidades, nas seguintes alturas: 0,5 m (base); 2,3 m; 4,6 m e 6,9 m. A amostragem das toras até a altura de 6,9 m foi proposta de acordo com o diâmetro mínimo utilizável pela empresa, que variou de aproximadamente 30 cm na base até 18 cm no topo, para todas as idades.

2.3. Relação Cerne/Alburno

Como procedimento inicial, realizou-se o polimento das superfícies transversais de cada torete com o uso de lixas de diferentes granulometrias (60, 80 e 100 grânulos por cm²). Esse procedimento foi realizado com o intuito de se observar a coloração correspondente às regiões de cerne e alburno da madeira de teca, uma vez que, de acordo com Moya e Berrocal (2010), essas regiões são caracterizadas por significativas diferenças colorimétricas.

Após o lixamento das superfícies transversais de cada torete, foram calculadas as áreas relativas ao cerne e albarno. O cálculo foi realizado após ter sido traçado duas retas perpendiculares de uma extremidade à outra de cada torete, passando pelo centro da medula. Foram mensurados o diâmetro total e diâmetro do cerne com uma régua de 0,1 cm de precisão. Como ilustração do procedimento, a relação cerne/albarno (C/A) foi obtida pela seguinte fórmula:

$$C/A = \frac{Dc^2}{D^2 - Dc^2}$$

Sendo,

Dc: Diâmetro do cerne, em cm; e,

D: Diâmetro do torete sem casca, em cm.

Os valores médios da relação C/A para cada idade foram ponderados pelo volume das toras delimitado por cada torete consecutivo.

2.4. Propriedades Físicas da Madeira

2.4.1. Amostragem e preparo das amostras

Da bagueta central de 3 cm de largura de cada torete, retirou-se, ao longo das duas regiões radiais, amostras a 0 % (A) – 2,0 mm após a medula, 45 % (B) de distância da medula e 75 % (C) de distância da medula (no sentido medula-casca), não considerando as diferenças existentes entre cerne e albarno, conforme ilustrado na Figura 1.1.

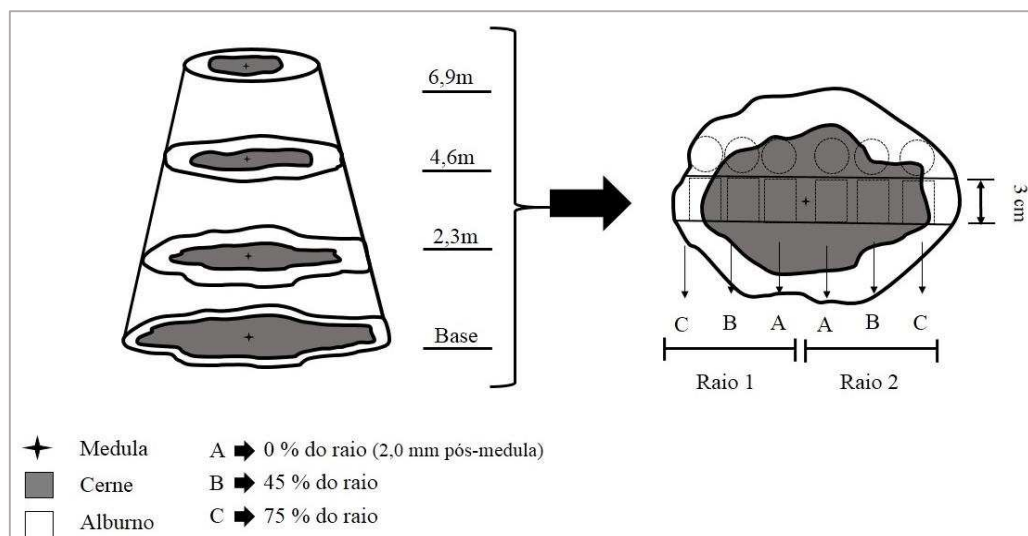


Figura 1.1. Seccionamento das árvores e retirada dos corpos de prova.

Para a determinação da retração, teor de umidade de equilíbrio higroscópico (UEH) e da densidade básica, os corpos de prova tiveram formato prismático de dimensões nominais de 2,0 x 3,0 x 5,0 cm, de acordo com as prescrições da norma ABNT NBR 7190 (ABNT, 1997). Após a retirada dos corpos de prova prismáticos, foram retiradas amostras de madeira de formato cilíndrico paralelamente à faixa diametral para a determinação da permeabilidade, tendo dimensões de 1,7 cm de diâmetro e 4,0 cm de altura.

2.4.2. Determinação do teor de umidade de equilíbrio higroscópico, retratibilidade e densidade básica da madeira

Para a determinação da umidade de equilíbrio higroscópico, todos os corpos de prova de madeira de teca de formato prismático foram armazenados em câmara climática a 20 °C de temperatura e 65 % de umidade relativa até atingir equilíbrio com o ambiente. Para a constatação da massa de equilíbrio da madeira, foram pesadas amostras aleatórias representativas de cada idade até se observar a constância de seus valores. Após a estabilidade da massa das amostras, elas foram levadas para uma estufa de circulação forçada de ar (103 ± 2 °C), até se obter o valor de massa seca para ser calculada a umidade de equilíbrio higroscópico para cada idade, de acordo com a norma da ABNT NBR 7190 (ABNT, 1997).

Posteriormente à determinação do teor de umidade de equilíbrio higroscópico da madeira em cada idade, todos os corpos de prova foram retirados da câmara climática e saturados em água e, em seguida, foram determinados o volume individual dos mesmos com nova imersão em água, de acordo com a norma da ABNT NBR 11941 (ABNT, 2003). Após terem sido tomados os volumes dos corpos de prova, foram mensuradas suas dimensões lineares, com auxílio de um paquímetro digital, realizando três medições em cada plano de corte da madeira, de acordo com a norma da ABNT NBR 7190 (ABNT, 1997).

Como procedimento final, os corpos de prova foram totalmente secos, em estufa de circulação forçada de ar (103 ± 2 °C). Em seguida, obteve-se os valores de massa seca e calculou-se a densidade básica da madeira para cada idade, de acordo com a metodologia prescrita pela ABNT NBR 11941 (ABNT, 2003). Além disso, seus valores de retrações radial, axial e longitudinal tangencial foram determinados após novas medições de suas dimensões lineares, em condição totalmente seca, conforme a norma da ABNT NBR 7190, descrita na Tabela 1.1.

Tabela 1.1. Fórmulas para cálculo das deformações específicas de retração da madeira, da ABNT NBR 7190 (ABNT, 1997)

$Er, 1 = \frac{L1, sat - L1, sec}{L1, sat} * 100$	$RV = \frac{Vsat - Vsec}{Vsec} * 100$
$Er, 2 = \frac{L2, sat - L2, sec}{L2, sat} * 100$	$FA = \frac{Er, 3}{Er, 2}$
$Er, 3 = \frac{L3, sat - L3, sec}{L3, sat} * 100$	$Vsat = L1, sat * L2, sat * L3 sat$
	$Vsec = L1, sec * L2, sec * L3 sec$

Sendo,

Direções preferenciais L1, L2 e L3, correspondentes às direções axial, longitudinal radial e longitudinal tangencial, respectivamente;

Er,1; Er,2 e Er,3: deformações específicas de retrações axial, longitudinal radial e longitudinal tangencial, respectivamente em %;

RV: retração volumétrica total, em %;

FA: fator anisotrópico;

Vsat: volume na condição saturada;

Vsec: volume na condição seca.

Os valores médios das retratibilidades, fator anisotrópico e densidade básica para cada idade foram ponderados pelo volume das toras delimitado por cada torete consecutivo.

2.4.3. Permeabilidade

Após a retirada e confecção dos corpos de prova para a determinação da permeabilidade, procedeu-se à impermeabilização dos mesmos, lateralmente com parafina para impedir a passagem de ar no sentido radial, de acordo com os procedimentos descritos por Baraúna (2010). Posteriormente, foi determinada a permeabilidade da madeira ao ar atmosférico pelo método do fluxômetro, obedecendo a Lei de Darcy, conforme metodologia descrita por Siau (1971) e adaptada por Teixeira (2015).

Para a realização desse procedimento, utilizou-se um equipamento que mede o fluxo de ar e o gradiente de pressão por entre os corpos de prova. Tal equipamento é dotado de quatro fluxômetros conectados a uma bomba de vácuo em série nas seguintes escalas e sequência: 0,04 a 0,5 LPM (Litros Por Minuto); 0,5 a 2,5 LPM; 2,5 a 5,0 LPM e 5,0 a 25,0 LPM, conforme ilustrado na Figura 2. O vácuo aplicado foi de -3 polHg, sendo que a leitura de vazão de ar foi obtida pelo fluxômetro de menor escala possível.

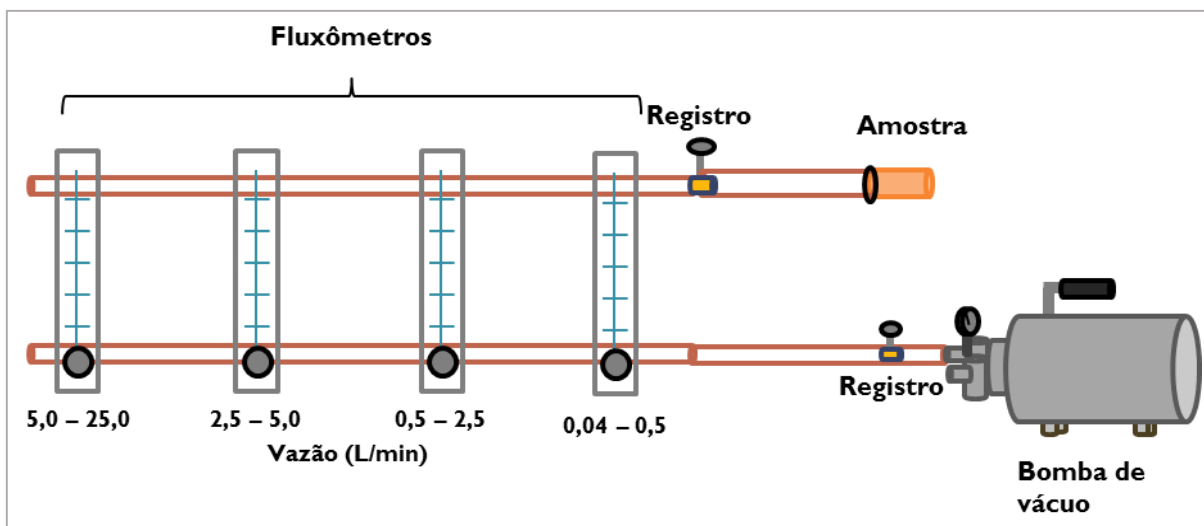


Figura 1.2. Sistema utilizado para medição da permeabilidade da madeira ao ar (TEIXEIRA, 2015).

Calculou-se a permeabilidade da madeira pela relação entre o fluxo de ar e o gradiente de pressão:

$$K = \frac{V \cdot L}{\Delta P \cdot t \cdot A}$$

Sendo,

K = permeabilidade, $\text{cm}^3/\text{cm} \cdot \text{atm} \cdot \text{s}$;

V = volume do líquido fluindo através da amostra, cm^3 ;

L = comprimento da amostra em direção do fluxo, cm;

ΔP = diferença de pressão, em atm;

t = tempo do fluxo, s;

A = área transversal da amostra, perpendicular à direção do fluxo, m^2 .

Os valores médios de permeabilidade para cada idade foram ponderados pelo volume das toras delimitado por cada torete consecutivo.

2.5. Teor de Extrativos da Madeira

Para determinação dos teores de extrativos foram moídas as amostras dos toretes de madeira restantes da confecção dos corpos de prova, formando uma amostra composta por árvores. Posteriormente, utilizou-se a fração que passou pela peneira com malha de 40 mesh sendo que ficou retida na peneira com malha de 60 mesh (ASTM, 1982).

Após a preparação das amostras de madeira moídas, foram determinados os teores absolutamente secos da madeira, conforme a norma TAPPI 264 om-88 (TAPPI, 2001). Por fim, foram determinados os teores de extrativos da madeira em duplicatas, de acordo com a norma TAPPI 204 om-88 (TAPPI, 2001), utilizando-se o método de determinação de extrativos totais, apenas substituindo o etanol/benzeno, pelo etanol/tolueno.

2.6. Delineamento Experimental

O experimento foi instalado segundo um delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos (idades) e quatro repetições (árvores), totalizando 16 unidades amostrais, com o objetivo de avaliar o efeito da idade de colheita na relação cerne/alburno, umidade de equilíbrio higroscópico, densidade básica, estabilidade dimensional e permeabilidade da madeira de teca.

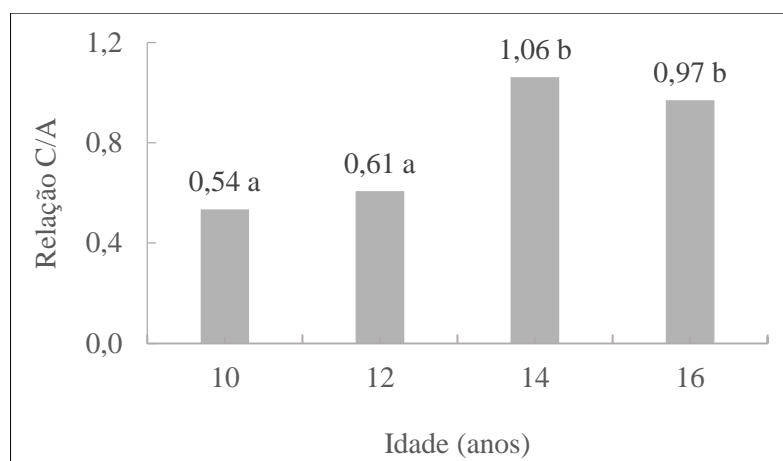
Os dados foram submetidos aos testes de Lilliefors, para testar a normalidade, e Cochran, para testar a homogeneidade das variâncias. Em seguida os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e, quando estabelecidas diferenças significativas entre eles, aplicou-se o teste Tukey em nível de 5% de significância.

Para avaliar o efeito dos tratamentos sobre a permeabilidade média da madeira foi utilizado o cálculo do desvio-padrão, usado como medida de dispersão dos dados em torno da média.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Relação Cerne/alburno

Na Figura 1.3 está apresentada a relação C/A da madeira de teca para as quatro idades avaliadas.



Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si a 5 % de significância pelo teste Tukey.
Figura 1.3. Relação cerne/alburno da madeira de teca em função da idade.

Observa-se o efeito significativo da idade na relação cerne/alburno, que aumentou 44,3 % entre 10 e 16 anos, atingindo valor máximo aos 14 anos. Moya et al. (2014) afirmam que essa estabilidade da relação C/A a partir dos 14 anos de idade pode se relacionar com a estabilização do crescimento de sua copa, já que esses autores consideram que a folhagem da teca é uma ferramenta no controle do crescimento em diâmetro do seu cerne.

Na literatura sobre o assunto, encontram-se considerações como as de Datta e Kumar (1987) que afirmam que a evolução da idade influencia na produção diferenciada de substâncias como amido, lipídios, proteínas, ácidos nucleicos, fenóis e enzimas nas regiões de cerne e alburno da madeira de teca. Em vista disso, segundo Tomazello Filho et al. (2008) e Pereira et al. (2013), são esperados aumentos da relação cerne/alburno ao longo do envelhecimento de qualquer árvore. Para Moya et al. (2014), a formação de cerne na teca começa quando a árvore tem entre quatro e seis anos ou quando o seu diâmetro total é de aproximadamente 6 e 10 cm. Gominho e Pereira (2005), por sua vez, afirmam que acréscimos em cerne são influenciados pelo crescimento em idade e diâmetro das árvores. Já Leite et al. (2011) demonstraram o uso de modelos preditivos de crescimento do cerne de teca ao longo da altura tomando-se como base somente o afilamento do diâmetro da árvore, uma vez que a

quantidade de cerne tende a aumentar exponencialmente com o acréscimo do DAP. Neste sentido, Moya e Calvo-Alvarado (2012) também relacionaram a precipitação mensal com o crescimento em diâmetro total e diâmetro de cerne em árvores de teca, concluindo que essa variável climática é um dos principais fatores que induzem esse crescimento. Moya e Berrocal (2010) afirmam ainda que o crescimento de cerne pode ser influenciado pela variação no teor de extrativos e se correlacionar com parâmetros colorimétricos da madeira. Garcia e Marinonio (2016) alegam que a produção de cerne se relaciona com as propriedades físicas dessa madeira, por consequência da impregnação por materiais extrativos hidrofóbicos durante o processo de envelhecimento e morte das células do lenho.

Com o aumento significativo e a estabilização da relação C/A a partir dos 14 anos, como ilustrado na Figura 1.3, espera-se maior proporção de madeira de cerne e, por conseguinte, maior valoração da madeira de teca. Em relação a isso, Pereira et al. (2013) consideram que a quantidade de cerne na tora é uma característica desejável para a produção de móveis e aplicações na construção civil.

3.2. Teor de Materiais Extrativos da Madeira

Na Tabela 1.2, estão apresentadas as médias dos teores de extrativos na madeira de teca em função da idade de colheita.

Tabela 1.2. Teor de materiais extrativos em função da idade de colheita

Teor de extrativos (%)	Idade (anos)			
	10	12	14	16
	4,97a	7,14b	7,38b	7,40b

*Médias seguidas pela mesma letra diferem entre si a 5 % de significância, pelo teste Tukey.

Observa-se na Tabela 1.2 uma diferença significativa entre a média dos teores de extrativos das madeiras nas idades avaliadas. Segundo Silva e Trugilho (2003), essa diferença se deve à intensificação do envelhecimento e morte das células de parênquima com o avanço da idade das árvores. Nesse processo de morte das células, Micco et al. (2016) consideram que ocorre elevada produção de extrativos e impregnação desses compostos nas paredes das fibras e lume dos demais elementos anatômicos da madeira.

Para a teca, Nobuchi et al. (1996) ao longo do envelhecimento celular, a deposição de materiais lipídicos (ceras e óleos) aumenta e a quantidade de amido presente nas células parênquima diminui. Niamké et al. (2011) complementam que essa produção de material lipídico aumenta significativamente com o envelhecimento da árvore. Levando isso em

consideração, como pontuaram Garcia e Marinonio (2016), a presença de compostos extrativos na madeira de teca é responsável pela sua coloração e resistência física.

No que se refere ao presente estudo, e de acordo com as informações acerca do envelhecimento e morte das células ao longo da idade, observou-se que a produção de extrativos pelo seu metabolismo também se relacionou com a mudança de cor da madeira e não somente com a formação de tiloses e obstrução de seus vasos condutores por compostos fenólicos, como mencionado por Micco et al. (2016). Além disso, a constatação de grande variação da permeabilidade nas regiões internas e externas do lenho no sentido radial não garante a exclusividade de formação de tiloses na região do cerne da madeira. Ainda com relação aos dados da Tabela 1.2, apesar de menores valores dos teores de extrativos aos 10 anos de idade, os mesmos ainda são considerados de grande importância na determinação da homogeneidade da umidade de equilíbrio, densidade e nas variações dimensionais da madeira nas idades avaliadas.

3.3. Teor de Umidade de Equilíbrio Higroscópico da Madeira

De acordo com a análise de variância, não houve efeito significativo da idade na umidade de equilíbrio higroscópico da madeira de teca, já que variou entre 12,36 e 14,70 %, tendo valor médio de 13,59 %. Para Jankowsky e Galvão (1979), a composição química de qualquer madeira condiciona a adsorção e dessorção da umidade ambiente, relacionando-se com o seu valor de umidade de equilíbrio higroscópico.

Nobuchi et al, (1996) apontam que na teca, os extrativos se transformam em cera nas regiões internas do lenho, o que pode garantir maior hidrofobicidade à madeira. Considerando a hidrofobicidade da madeira conferida pelos seus extrativos, no presente estudo, esperavam-se teores de umidade de equilíbrio higroscópico diferentes entre os 10 anos e as demais idades, assim como observado para os teores de materiais extrativos. No entanto, ao se relacionar a propriedade higroscópica da madeira com suas características químicas, deve-se, segundo Silva et. al (2006), considerar a heterogeneidade e complexidade de qualquer material lenhoso. Portanto, este estudo demonstrou que a homogeneidade entre o teor de umidade de equilíbrio da madeira pode não somente depender de seus materiais extrativos.

3.4. Densidade Básica da Madeira

De acordo com a análise de variância não houve efeito significativo da idade na densidade básica da madeira de teca, que variou entre 0,50 g.cm⁻³ aos 10 anos e 0,55 g.cm⁻³ aos 16 anos,

com média de $0,53 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$. Garcia e Marinonio (2016) consideram que essa homogeneidade em seus valores de densidade se deve à característica dos seus materiais extrativos, que conferem resistência e homogeneidade física à esta madeira.

Segundo a classificação do grau de densidade para madeiras de folhosas proposta por Zenid (2007), a madeira de teca possui densidade média que varia entre $0,501 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ e $0,70 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, independentemente da idade avaliada. A ABNT NBR 7190 (ABNT, 1997), por sua vez, insere a teca entre as classes C20 e C30 – com resistências características ao cisalhamento paralelo às fibras entre 4 e 5 Mpa e à compressão paralela às fibras entre 20 e 30 Mpa.

O resultado obtido para a densidade da teca é próximo dos encontrados por diversos autores que também estudaram essa característica em diversas idades. Por exemplo, Chagas et al. (2014), trabalhando com madeira de teca aos quatro, seis e doze anos, não observaram influência da idade na densidade da madeira, que teve valor médio de $0,512 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$. Pinto (2007) também não encontrou diferenças significativas entre as idades de cinco e dez anos de madeira de teca, com valores respectivos de $0,530 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ e $0,550 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$. Bonduelle et al. (2015) não encontraram diferenças significativas de densidade ao longo do sentido base-topo na madeira de teca aos dezoito anos, com valor médio de $0,524 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$. Bhat et al. (2001) encontraram para madeira de teca considerada com características maduras (25 anos), densidade média de $0,57 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$. Os autores ainda afirmaram que essa propriedade possua homogeneidade desde o início do crescimento até o seu completo amadurecimento.

Levando-se em consideração os valores citados pela literatura mencionada anteriormente ($0,512 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, $0,530 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, $0,550 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, $0,524 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ e $0,57 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$) e o valor médio da densidade encontrado neste estudo ($0,530 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$), pode-se supor que a massa específica para a madeira trabalhada permaneça constante desde as idades analisadas até o completo amadurecimento da árvore (25 anos).

3.5. Retrabilidade

3.5.1. Retrações lineares e volumétrica da madeira

De acordo com a análise de variância, não houve efeito significativo da idade da madeira de teca nas retrações tangencial, radial e longitudinal, observando-se valores médios iguais a 5,03 %, 3,15 % e 0,55 %, respectivamente. Como consequência da homogeneidade dessas retrações lineares ao longo da idade, também não foi observado efeito significativo da idade na retração volumétrica total, que teve valor médio de 9,11 %. Um fator decisivo para a

estabilidade dimensional da madeira de teca em qualquer idade é, segundo Garcia e Marinonio (2016), a presença de ceras e óleos formados e depositados nas paredes de suas células, que podem garantir resistência à água e consequente homogeneidade da retratibilidade nas idades avaliadas.

Vale salientar ainda que, conforme citado por Vital e Trugilho (1997) e Rocha (2000), a magnitude das variações dimensionais torna-se maior ou menor com o aumento ou diminuição da densidade da madeira, devido a relação direta entre essas propriedades. Oliveira et al. (2005) complementam que as principais causas de variações anisotrópicas da madeira ocorrem por meio de mudanças em sua densidade. Dessa forma, a não influência da idade na retração da madeira de teca também pode ter sido reflexo da homogeneidade da sua densidade básica ao longo do tempo.

Pinto (2007), Muñoz-Acosta e Moreno-Perez (2013) e Paes et al. (2015) encontraram valores respectivos de retração tangencial de madeira de teca de 3,89 % aos dez anos, 4,24 % aos nove anos e 6,17 % aos seis anos. Em idades mais avançadas de teca, Castro e Raigosa (2000) e Bonduelle et al. (2015) encontraram valores respectivos de retração tangencial de 3,9% aos dezessete anos e 4,21 % aos dezoito anos. Para a retração radial, Castro e Raigosa (2000), Pinto (2007) e Paes et al. (2015) encontraram valores respectivos de 2,2 % aos dezessete anos, 3,31 % aos dez anos e 2,72 % aos seis anos. Cezaro et al. (2016) consideram que os baixos valores de retração longitudinal obtidos para a madeira por eles estudada devem-se à forma alongada e à organização vertical da maioria dos elementos constituintes do lenho pois essa disposição resulta em menor quantidade de parede por unidade de comprimento, em comparação com as existentes nos sentidos tangencial e radial. Além disso, eles elencam que a restrição oferecida pelos raios e a interação entre os lenhos inicial e tardio tenderão a forçar a pequena variação dimensional no plano de corte longitudinal.

Por conta dessa baixa retratibilidade nos três planos de corte da madeira, a sua retração volumétrica está entre a média das madeiras de diferentes espécies nativas brasileiras, como por exemplo o mogno, considerada como uma madeira de elevada estabilidade dimensional e de grande aceitabilidade no mercado moveleiro – 8,6 % (MAINIERI e CHIMELO, 1989).

3.5.2. *Fator anisotrópico da madeira*

De acordo com a análise de variância, não houve efeito significativo da idade da madeira de teca no seu fator anisotrópico, que variou entre 1,69 e 2,63, apresentando valor médio de

1,97, que a classifica como madeira de média estabilidade, como proposto por Durlo e Marchiori (1992).

Uma das explicações para o elevado valor desse índice é que, segundo Oliveira e Silva (2003), existe uma relação inversa entre o fator anisotrópico e a retração radial da madeira. Oliveira et al. (2010) acrescentam que, quanto maior o número de células de raio, maior será a contribuição em termos da restrição de variação dimensional na direção radial, o que diminui as retrações radiais e eleva o fator anisotrópico da madeira. Além disso, os reduzidos valores de suas retrações ao longo da idade tornam a sua variação dimensional compatível com o de madeiras que possuem alta estabilidade, como o mogno brasileiro, que segundo Mainieri e Chimelo (1989) tem fator anisotrópico de 1,41.

Em alguns estudos tecnológicos da madeira de teca aos dezoito anos, Bonduelle et al. (2015) não encontraram diferenças significativas ao longo da posição no fuste, com fator anisotrópico médio de 2,27. Pinto (2007) em seu trabalho com a madeira de teca, também não encontrou diferenças significativas do fator anisotrópico entre as idades de cinco e dez anos. Já Castro e Raigosa (2000) encontraram valor médio de fator anisotrópico de 1,8 para a madeira de teca aos dezessete anos, concluindo que essa madeira possui elevada estabilidade dimensional e não apresenta problemas com rachaduras.

Em suma, apesar dos valores medianos encontrados para o fator anisotrópico da madeira, as baixas e homogêneas retratibilidades lineares e volumétrica podem tornar a madeira de teca, originada de desbastes, altamente atrativa e competitiva para a produção de móveis.

3.6. Permeabilidade da madeira

Os valores médios de permeabilidade da madeira de teca em função da idade estão apresentados na Tabela 1.3.

Tabela 1.3. Valores médios de permeabilidade em função da idade

Permeabilidade (cm ³ ar/cm.atm.s)	Idade (anos)			
	10	12	14	16
	123,65	60,14	120,49	139,32
	(129,52)	(28,41)	(49,60)	(51,18)

*Valores subscritos entre parêntesis são relativos ao desvio-padrão da média.

Foi encontrada grande dispersão dos valores em torno da permeabilidade média para cada idade. Segundo Magalhães (2013), valores de desvio-padrão elevados para a determinação da permeabilidade são ocasionados principalmente à heterogeneidade da madeira, uma vez que

em qualquer árvore existe um gradiente acentuado de propriedades físicas e anatômicas ao longo dos anéis de crescimento. Chagas et al. (2015) também observaram grande variabilidade na permeabilidade durante os seus estudos envolvendo a penetração de preservativo à base de CCA em madeira de teca, caracterizando-a com permeabilidade do tipo parcial e irregular.

As características anatômicas da madeira de teca podem explicar essa alta variabilidade dos valores de permeabilidade, por exemplo a distribuição dos poros que ocorre ao redor dos anéis formados no período de início de estação de crescimento, conforme citado por Chagas et al. (2014). De acordo com essa distribuição dos poros no plano transversal da madeira, alguns corpos de prova foram retirados de regiões com maiores ou menores proporções de lenho tardio, sendo amostrados poros de diferentes diâmetros. Desse modo, acredita-se que a amostragem pode ter influenciado na determinação da permeabilidade, visto que os valores obtidos neste estudo estão próximos aos valores encontrados na literatura no que diz respeito a permeabilidade das madeiras em espécies de folhosas com porosidade difusa.

De acordo com Micco et al. (2016), para madeiras de folhosas, espera-se um fluxo facilitado de fluidos em idades que garantam maiores porcentagens de alburno, uma vez que, quanto mais novo o lenho, menos intenso é o processo natural de cernificação e obstrução dos vasos por tiloses. No presente estudo, não se observou essa tendência de fluxo facilitado pelo alburno da madeira de teca, principalmente devido à sua disposição irregular ao redor dos anéis de crescimento da árvore, o que pode ter ocasionado elevada variabilidade da permeabilidade. Deve-se considerar também as diferenças temporais advindas da impregnação por extrativos durante a formação do cerne e o seu envelhecimento, podendo ser diferente nas regiões média e periférica tanto do cerne, quanto do alburno.

No que diz respeito às características de permeabilidade das regiões de cerne e alburno, previamente ao ensaio de permeabilidade, observou-se em avaliação macroscópica no plano transversal que, alguns corpos de prova de coloração escura estavam total ou parcialmente desobstruídos, ao passo que outros corpos de prova de coloração clara estavam total ou parcialmente obstruídos por tiloses. Essa irregularidade na distribuição de tiloses no sentido radial também pode ter refletido nos valores de permeabilidade da madeira de teca. Diante disso, destaca-se que não se pode delimitar as regiões de cerne e alburno da referida madeira somente pela cor.

Observou-se também que, em inúmeros ensaios, corpos de prova retirados de regiões com coloração clara possuíam extremidades desobstruídas, porém com valores de permeabilidade

inferiores. Portanto, não se deve descartar a possibilidade de ocorrência de obstruções dos elementos de vasos ao longo de todo eixo axial do corpo de prova.

4. CONCLUSÕES

- Não houve efeito da idade da madeira na umidade de equilíbrio higroscópico, densidade básica e retratibilidade da madeira de teca;
- Apesar da diferença dos teores de extrativos entre as idades estudadas, existe grande influência desses materiais na determinação da umidade de equilíbrio higroscópico, densidade básica e retratibilidade da madeira de teca;
- As colorações do lenho da madeira de teca não são capazes de delimitar precisamente, as regiões de cerne e alburno dessa espécie;
- Observou-se grande variabilidade na permeabilidade da madeira de teca, seja pelo padrão de distribuição dos seus poros, distribuição variada de tiloses ao longo do fuste ou pela irregularidade entre as possíveis regiões de cerne e alburno;
- Maiores idades da madeira de teca são as mais indicadas para o uso, dado a homogeneidade em suas propriedades físicas.

REFERÊNCIAS

- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM. **Standard methods of evaluating properties of wood-base fiber and particles materials**. Philladelphia: 1982.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11941**: Madeira: determinação da densidade básica. Rio de Janeiro, 2003. 6 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7190**: Projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro, 1997. 13 p.
- BARAÚNA, E. E. P. **Permeabilidade das madeiras de Amapá** (*Brosimum parinarioides* Ducke) e **Faveira** (*Parkia gigantocarpa* Ducke). 2010. 69 p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- BHAT, K. M.; PRIYA, P. B.; RUGMINI, P. Characterisation of juvenile wood in teak. **Wood Science and Technology**, Kerala, v. 34, p. 517-532, 2001.
- BONDUELLE, G.M.; IWAKIRI, S.; TRIANOSKI, R.; PRATA, J. G.; ROCHA, V. Y. Análise da massa específica e da retratibilidade da madeira de *Tectona grandis* nos sentidos axial e radial do tronco. **Revista Floresta**, Curitiba, v.45, n.04, p.671-680, 2015.
- CASTRO, F. Y.; RAIGOSA, J. Crecimiento y propiedades físico-mecánicas de la madera de teca (*Tectona grandis*) de 17 años de edad em San Joaquin de Abangares, Costa Rica. **Agronomía Costarricense**, v.24, n.02, p.07-23, 2000.
- CEZARO, J. A. de; TREVIZAN, R.; BALBINOT, R. Propriedades físico-mecânicas da madeira de *Chrysophyllum marginatum*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v.36, n.86, p.135-143, 2016.
- CHAGAS, S. F.; EVANGELISTA, W. V.; SILVA, J. C.; CARVALHO, A. M. M. L. Propriedades da madeira de teca de diferentes idades e oriundas de desbaste. **Ciência da madeira**, Pelotas, v.05, n.02, p.138-150, 2014.
- CHAGAS, S. F.; EVANGELISTA, W. V.; SILVA, J. C.; PINHEIRO, M. A. Estudo da retenção e penetração de CCA na madeira de teca, visando uso como mourões tratados. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v.43, n.105, p.155-165, 2015.
- DATTA, S. K.; KUMAR, A. Histochemical studies of the transition from sapwood and heartwood in *Tectona grandis*. **IAWA Bull.** v.08, n.04, p.363-368, 1987.
- DURLO, M. A.; MARCHIORI, J. N. **Tecnologia da madeira**. Santa Maria: CEPEF/FATEC, 1992, 33 p.
- GARCIA, R. A.; MARINONIO, G. B. Variação da cor da madeira de teca em função da densidade e do teor de extrativos. **Floresta e Ambiente**. Seropédica, v.23, n.1, p.124-134, 2016.
- GOMINHO, J.; PEREIRA, H. The influence of tree spacing in heartwood content in *Eucalyptus globulus* Labill. **Wood and Fiber Science**, Berlin, v. 37, n. 4, p. 582-590, 2005.

JANKOWSKY, I. P.; GALVÃO, A. P. M. Influência do teor de extrativos na umidade de equilíbrio da madeira. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n.18, p.01-033, 1979.

LEITE, H. G.; OLIVEIRA-NETO, R. R. de; MONTE, M. A.; FARDIN, L.; ANCANTARA, A. M. de; BINOTI, M. L. M. S.; CASTRO, R. V. O. Modelo de afilamento de cerne de *Tectona grandis* L.f. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v.39, n.89, p.053-059, 2011.

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. A. G. **Solos sob cerrado: manejo da fertilidade para a produção agropecuária**. São Paulo: ANDA, 1994. 62p. (Boletim técnico, 5).

MAGALHÃES, W. L. E. **Aumento da permeabilidade ao ar de madeira maciça submetida a compressão axial**. Colombo, RS: Embrapa, 2003. 04 p. (Comunicado Técnico, 98).

MAINIERI, C.; CHIMELO, J.P. **Fichas de características das madeiras brasileiras**. 2.ed. São Paulo: IPT, 1989. 418 p. (Publ. IPT, 1791).

MICCO, V. de; BALZANO, A.; WHEELER, E. A.; BAAS, P. Tyloses and gums: a review of structure, function and occurrence of vessel occlusions. **IAWA Journal**, v.37, n.2, p.186 – 205, 2016.

MOYA, R.; BERROCAL, A. Wood colour variation in sapwood and heartwood of young trees of *Tectona grandis* and its relationship with plantation characteristics, site, and decay resistance. **Annals of Forest Science**, Springer Verlag/EDP Sciences, v.01, n.67, 2010.

MOYA, R.; CALVO-ALVARADO, J. Variation of wood color parameters of *Tectona grandis* and its relationship with physical environmental factors. **Annals of Forest Science**, Springer Verlag/EDP Sciences, v.69, n.8, p.947-959, 2012.

MOYA, R.; BOND, B.; QUESADA, H. A review of heartwood properties of *Tectona grandis* trees from fast-growth plantations. **Wood Science Technology**, Springer Verlag/EDP Sciences, v.48, p.411–433, 2014.

MUÑOZ-ACOSTA; MORENO-PEREZ. Contracciones y propiedades físicas de *Acacia mangium* Willd., *Tectona grandis* L. f. y *Terminalia amazonia* A. Chev, maderas de plantación em Costa Rica. **Revista Chapingo**. 2013. 16 p. (Boletim Técnico, 1).

NIAMKÉ, F. B.; AMUSANT, N.; CHARPENTIER, J. P.; CHAIX, G.; BAISSAC, Y.; BOUTAHAR, N.; AMISSA, A. A.; KATIKOULIBALY, S.; JAY-ALLEMAND, C. Relationships between biochemical attributes (non-structural carbohydrates and phenolics) and natural durability against fungi in dry teak wood (*Tectona grandis* L. f.). **Annals of Forest Science**, Springer Verlag/EDP Sciences, v.68, p.201–211, 2011.

NOBUCHI, T.; JANMAHASATIEN, S.; SAKAI, M. Seasonal changes of wood formation and some characteristics of heartwood formation in teak (*Tectona grandis* L.) plantation. **Kasetsart Journal Nature Science**. n.30, p.254–263, 1996.

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

OLIVEIRA, J. T. S.; HELLMEISTER, J. C.; TOMAZELLO FILHO, M. Variação do teor de umidade e da densidade básica na madeira de sete espécies de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v.29, n.01, p.115-127, 2005.

OLIVEIRA, J. T. S.; TOMAZELLO FILHO, M.; FIEDLER, N. C. Avaliação da retratibilidade da madeira de sete espécies de *Eucalyptus*. **Revista Árvore**, Viçosa, v.34, n.5, p.929-936, 2010.

PAES, J. B.; SANTOS, L. L.; SILVA, L. F.; MOTTA, J. P.; BRAZ, R. L.; LOMBARDI, L. R. Caracterização tecnológica da madeira juvenil de teca (*Tectona grandis*) visando à produção de móveis. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.10, n.03, p.437-442, 2015.

PEREIRA, B. L. C.; OLIVEIRA, A. C.; CARVALHO, A. M. M. L.; CARNEIRO, A. C. O.; VITAL, B. R.; SANTOS, L. C. Correlações entre a relação Cerne/Alburno da madeira de eucalipto, rendimento e propriedades do carvão vegetal. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v.41, n.98, p.217-225, 2013.

PINTO, M. L. **Propriedades e características da madeira de Teca (*Tectona grandis*) em função da idade**. 2007. 123 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomia do bioma cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S.P. (ed.). **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina, Embrapa-CPAC, 89-166p, 1998.

ROCHA, M. P. ***Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Eucalyptus dunnii* Maiden como fontes de matéria-prima para serrarias**. 2000. 157f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.

SIAU, J. F. **Flow in wood**. Syracuse: Syracuse University, 1971. 131 p.

SILVA, D. A. da; TRUGILHO, P. F. Comportamento dimensional da madeira de cerne e alburno utilizando-se a metodologia de análise de imagem submetida a diferentes temperaturas. **Revista Cerne**, Lavras, v.09, n.01, p.056-0,65, 2003.

SILVA, J. C.; OLIVEIRA, J. T. S.; XAVIER, B. A.; CASTRO, V. R. variação da retratibilidade da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden, em função da idade e da posição radial no tronco. **Revista Árvore**, Viçosa, v.30, n.05, p.803-810, 2006.

TAPPI - Technical Association of the Pulp and Paper Industry. **TAPPI test methods T 204 om-88: solvent extractives of wood and pulp**. In: TAPPI Standard Method. Atlanta, USA. Cd-Rom, 2001.

TAPPI - Technical Association of the Pulp and Paper Industry. **TAPPI test methods T 264 om-88: preparation of wood for chemical analysis**. In: TAPPI Standard Method. Atlanta, USA. Cd-Rom, 2001.

TEIXEIRA, R. U. **Efeito da produtividade florestal e permeabilidade da madeira de eucalipto na velocidade de secagem**. 2015. 51 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

TOMAZELLO FILHO, M.; BRAZOLIN, S.; CHAGAS, M.P.; OLIVEIRA, J.T.S.; BALLARIN, A.W.; BENJAMIN, C.A. Application of X-ray technique in nondestructive evaluation of eucalypt wood. **Maderas: Ciencia y Tecnologia**, Concepcion, v.10, n. 2, p.139-149, 2008.

TSUKAMOTO FILHO, A. A.; SILVA, M. L.; COUTO, L.; MÜLLER, M. D. Análise econômica de um plantio de teca submetido a desbastes. **Revista Árvore**, Viçosa, v.27, n.4, p.487-494, 2003.

VITAL, B. R.; TRUGILHO, P. F. Variação dimensional e uso da madeira de *Eucalyptus*. In: **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 18, n. 186, p. 57-61. 1997.

ZENID, G. J. **Madeiras e suas características**. In: OLIVEIRA, J.T.S.; FIEDLER, N.C.; NOGUEIRA, M. Tecnologias aplicadas ao setor madeireiro. Jerônimo Monteiro: Suprema, 2007, v. 1, p. 125-158.

CAPÍTULO II

VARIABILIDADE RADIAL DAS PROPRIEDADES ANATÔMICAS E FÍSICAS DA MADEIRA DE *Tectona grandis* EM DIFERENTES IDADES

Resumo – O objetivo desta pesquisa foi estudar a variabilidade radial das propriedades anatômicas e físicas da madeira de teca (*Tectona grandis*) em diferentes idades. Foram avaliadas três idades (10, 14 e 17 anos), quatro posições radiais (0, 33, 66 e 100 %), em quatro repetições (árvores), de madeira de teca doada por uma empresa florestal, localizada na cidade de Nova Maringá (MT). Utilizou-se dois discos transversais da base das árvores, sendo que, do disco 1, realizaram-se análises anatômicas e, do disco 2, foram feitos os ensaios físicos. Para verificar as correlações entre as propriedades da madeira, empregou-se o coeficiente de correlação de Pearson, a 5 % de significância e, quando significativas, realizou-se regressões, ao mesmo nível de significância. Os resultados indicaram uma diminuição do ângulo microfibrilar na parede das fibras no sentido medula/casca e com o aumento da idade, com correlações significativas de 82,0 % e 30,0 %, respectivamente. O comprimento das fibras se correlacionou com o sentido radial, obtendo-se valor significativo de 84,0 %; e, a espessura de parede foi significativa no sentido medula/casca e em idade, com correlações respectivas de 65,0 % e 39,0 %. O diâmetro dos poros aumentou no sentido medula/casca, com uma correlação significativa de 61,0 %, e, a frequência dos mesmos diminuiu próximo à casca, com correlação significativa de 52,0 %. As correlações envolvendo as propriedades anatômicas exemplificaram mudanças nas propriedades físicas da madeira. Com isso, a densidade básica no sentido radial e ao longo da idade teve correlações significativas de 44,0 % e 57,0 %, respectivamente. No entanto, aumentos de massa em determinado volume não foram suficientes para garantir aumentos da retratibilidade da madeira, dado à possível característica hidrofóbica dos extrativos da teca, o que acarretou em decréscimos das retrações radial, longitudinal e volumétrica, com correlações respectivas de -45,0 %, -84,0 % e -40,0 %, no sentido medula/casca. Como consequência, observou-se aumentos do fator anisotrópico, com correlação de 60,0 %. Conclui-se que as correlações envolvendo a idade e a posição radial puderam descrever a maturação do lenho, de forma que, aos 17 anos e em regiões próximas à casca, há a presença de madeira mais resistente e com menores variações dimensionais.

Palavras-chave: idade da árvore; maturação do lenho; variações radiais.

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de uma árvore geralmente ocasiona variações nas dimensões dos constituintes anatômicos da madeira, elementos que são chave para se buscar informações acerca da maturidade e conseqüente homogeneidade das propriedades físicas desse material lenhoso.

No que diz respeito ao desenvolvimento da árvore, Gatto et al. (2008) mencionam que as características anatômicas do seu xilema secundário sofrem diversificadas modificações ao longo de sucessivos anéis de crescimento, principalmente de acordo com a espécie e as condições ambientais ao seu redor. Castro e Silva (1992) afirmam que o estudo da variação dos elementos estruturais nos sentidos radial e longitudinal é de grande interesse para pesquisas nas quais a qualidade da madeira é um dos pontos a serem considerados durante o crescimento da árvore. De modo geral, para Zobel e Sprague (1998), a variação do ângulo microfibrilar, comprimento e espessura da parede das fibras, frequência e diâmetro de poros, podem se correlacionar com o grau de maturação do lenho. Além das variações anatômicas, Lima et al (2015) consideram que diferenças físicas no sentido medula-casca, como, por exemplo, a densidade da madeira e suas variações dimensionais, também podem garantir diferenciados graus de qualidade à madeira.

Em virtude da interação que ocorre entre as propriedades anatômicas e físicas no decorrer do desenvolvimento do lenho, a programação da idade de colheita que atenda a determinadas propriedades físicas e anatômicas demandadas, pode possibilitar a antecipação da retirada da árvore do campo e o uso adequado de sua madeira. Diante disso, a madeira de teca, cujas propriedades mecânicas já vêm sendo estudadas, apresenta grande potencial para estudos que correlacionem propriedades anatômicas e físicas em determinadas idades técnicas de colheita. Os referidos estudos possibilitarão realizar deduções acerca da produção de material juvenil ou maduro para determinada finalidade.

Com o objetivo de contribuir para o conhecimento tecnológico da madeira de *Tectona grandis* e auxiliar na tomada de decisão sobre qual idade de corte garante madeira com características anatômicas e físicas estáveis para usos na movelaria, o presente trabalho procurou descrever as propriedades anatômicas e físicas desta madeira ao longo do sentido radial e em diferentes idades.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Material

Utilizou-se de madeira de teca (*Tectona grandis*) proveniente de plantios comerciais de origem seminal da empresa Guavirá Industrial e Agroflorestral *Ltda.*, localizada no município de Nova Maringá, região médio-norte do estado de Mato Grosso, a 440 km da capital Cuiabá – MT.

A região de plantio se encontra no bioma cerrado, com clima caracterizado pela presença de invernos secos e verões chuvosos, classificado como Aw de Koppen (tropical chuvoso), cuja média anual de precipitação é da ordem de 1500 mm, varia de 750 mm a 2000 mm. As chuvas concentram-se praticamente de outubro a março e a temperatura média do mês mais frio é superior a 18°C. Seu solo constitui-se por Latossolos altamente intemperizados, com baixa fertilidade natural, que possui uma combinação de boa estabilidade de agregados e boas condições de profundidade e drenagem (LOPES e GUILHERME, 1994; RIBEIRO e WALTER, 1998).

2.2. Seccionamento das Árvores

Foram selecionadas aleatoriamente 12 árvores, com idades de 10, 14 e 17 anos (4 árvores por idade) e espaçamento médio de 3 x 2 m. De cada árvore, retirou-se um torete a 0,5 m de altura a partir do solo (considerada como a base da árvore), com aproximadamente 15 cm de espessura, perfazendo um total de 12 toretes. A amostragem na região basal das árvores foi realizada pois, de acordo com o observado por Castro e Silva (1992), nessa região, os elementos anatômicos são formados sob total influência do tempo durante o desenvolvimento da árvore e é de fácil constatação a variação nas dimensões das fibras e vasos no sentido medula-casca.

2.3. Amostragem e Preparo das Amostras

Os toretes da base foram seccionados ao meio, disco 1 e disco 2 (7,5 cm de espessura) e, de cada disco, retirou-se uma bagueta central de 3 cm de largura, orientada no sentido radial, incluindo a medula no centro desta. Posteriormente, foi selecionado um único raio de cada bagueta e tomadas quatro posições equidistantes, correspondendo a 0 % (2,0 mm após a medula), 33 %, 66 % e 99 %, no sentido medula/casca, sem considerar as diferenças existentes entre madeiras de cerne e alburno. Após fixadas as posições radiais, com a bagueta

do disco 1 foram produzidas amostras para determinação das propriedades anatômicas, ao passo que, com a bagueta do disco 2, foram seccionadas amostras para realização dos ensaios físicos da madeira, de acordo com o ilustrado na Figura 2.1.

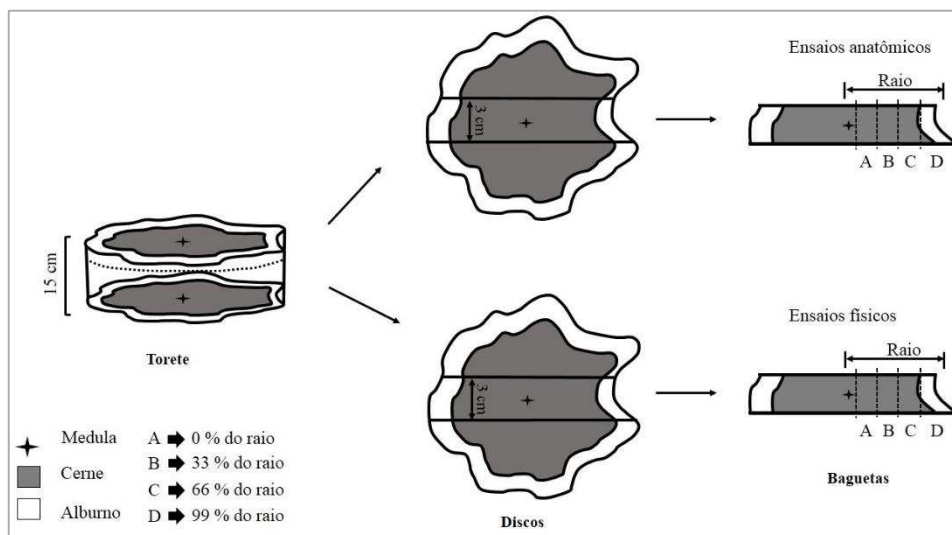


Figura 2.1. Esquema de retirada dos corpos de prova.

2.4. Propriedades Anatômicas

2.4.1. Determinação do número de elementos anatômicos a serem analisados

Para as mensurações do comprimento e espessura da parede das fibras, diâmetro e frequência de poros, foram utilizadas as prescrições da Comissão Panamericana de Normas Técnicas (COPANT, 1974). Mediu-se 30 fibras e 30 elementos de vasos por tratamento, perfazendo um total de 1440 observações para cada índice.

Para as medições do ângulo microfibrilar (AMF) da parede das fibras, calculou-se, primeiramente, o número de fibras a serem observadas a partir de determinado número infinito de fibras obtidas da maceração de cada tratamento. Assim, de acordo com Lima et al. (2004) e Soares (2011), o número de fibras estatisticamente suficientes para a análise do AMF de suas paredes foi de 25 por tratamento, considerando-se um erro de medição de 0,5 %, perfazendo um total de 1200 observações.

2.4.2. Morfologia de vasos e fibras

Das amostras de madeira com dimensões de 2,0 x 2,0 cm, no sentido radial, como ilustrado na Figura 1, foram retirados pequenos fragmentos e colocados em tubo de ensaio contendo solução macerante e levados em estufa à temperatura de 60 °C, por setenta e duas horas, segundo método preconizado por Dadswell (1972). Após a maceração, a mistura foi

filtrada, lavada em água a temperatura ambiente (para retirar a solução macerante), colorida com o corante azul de astra, na concentração de 1 %, e armazenada em água.

Posteriormente, de cada solução macerada, montou-se lâminas temporárias e mediram-se trinta fibras, individualmente determinando-lhes o comprimento, largura, diâmetro do lume e espessura da parede, de acordo com as recomendações prescritas pela Comissão Panamericana de Normas Técnicas (COPANT, 1974). Para as medições, utilizou-se um microscópio ótico, com um sistema de aquisição de imagens que, por meio de uma câmera acoplada, possibilitou a visualização das fibras diretamente no monitor e a posterior captura da imagem, com o auxílio do software Axio-Vision. A medição do comprimento das fibras foi realizada diretamente, sendo que, para cada fibra isolada, mediu-se sua extensão de uma extremidade à outra. Já para o cálculo da espessura da parede da fibra, utilizou-se a seguinte fórmula:

$$EP = \frac{LF - DL}{2}$$

Sendo,

EP = espessura da parede da fibra (μm);

LF = largura da fibra (μm);

DL = diâmetro do lume da fibra (μm).

Após a retirada dos pequenos fragmentos de madeira usados na maceração, as amostras restantes foram colocadas em água quente, por um período de 48 horas para amolecimento e, em seguida, foram levadas ao micrótomo para a retirada de finas secções transversais para confecção de lâminas histológicas permanentes e para os estudos de ângulo microfibrilar. Para confecção das lâminas foram retirados cortes com 16 μm de espessura, utilizados na medição do diâmetro e frequência de vasos. Os cortes foram clarificados e fixados em lâminas semipermanentes. Após a montagem das lâminas, utilizou-se um microscópio ótico, com sistema de aquisição de imagens. As medições do diâmetro (μm) e da frequência de vasos ($\text{n}^\circ \text{poros} \cdot \text{mm}^{-2}$) foram feitas através do software Axio-Vision, também de acordo com as recomendações prescritas pela Comissão Panamericana de Normas Técnicas (COPANT, 1974).

2.4.3. Ângulo microfibrilar da parede das fibras

Para o estudo do AMF realizou-se cortes histológicos longitudinais, de 6 μm de espessura, os quais foram posteriormente macerados de acordo com Dadswell (1972). Depois, foram montadas lâminas histológicas temporárias para observação das fibras em microscópio de luz polarizada, de acordo com o apresentado na Figura 2.2, seguindo metodologia proposta por Donaldson (2008).

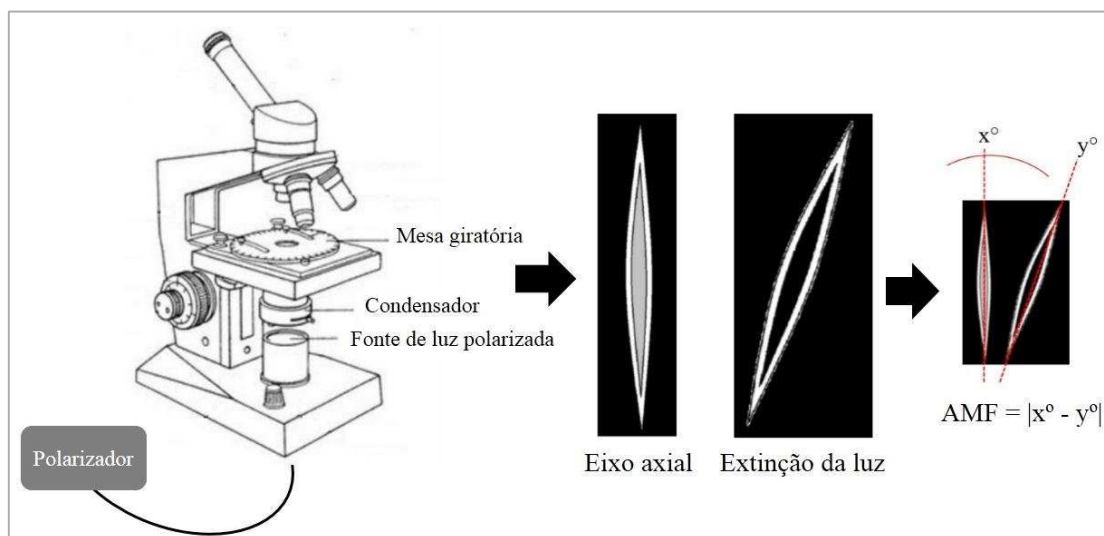


Figura 2.2. Ilustração da sequência da determinação do ângulo microfibrilar por meio de microscopia de luz polarizada (DONALDSON, 2008, adaptado).

Foi utilizado um microscópio com objetiva de 40x composto por um adaptador para a polarização da luz e uma mesa giratória, com escala de 0 a 360°. A mesa foi girada de forma que as fibras ficassem alinhadas com o eixo vertical da ocular do microscópio (eixo axial). Em seguida, girou-se a mesa no sentido horário ou anti-horário até que a imagem ao fundo da fibra se tornasse escura e somente as suas extremidades se destacassem (Figura 2.2). A diferença entre os ângulos da posição axial da fibra e da posição de extinção da luz ao seu fundo, corresponde ao valor de AMF.

A metodologia descrita parte do princípio de que, como a celulose possui regiões cristalinas e as microfibrilas dentro da parede secundária são altamente alinhadas, finas secções de fibras formam duas imagens distintas quando observadas entre dois filtros polarizadores cruzados (DONALDSON, 2008).

2.5. Retratibilidade e Densidade da Madeira

Para a determinação da retratibilidade e densidade das amostras obtidas da bagueta do disco 2, todos os corpos de prova foram saturados em água e, em seguida, foi determinado o volume dos mesmos com nova imersão em água, de acordo com a norma da ABNT NBR 11941 (ABNT, 2003). Após tomados os volumes em água dos corpos de prova totalmente saturados, foram mensuradas as suas dimensões lineares, com auxílio de um paquímetro digital, realizando três medições em cada plano de corte da madeira, de acordo com a norma da ABNT NBR 7190 (ABNT, 1997).

Como procedimento final, os corpos de prova foram secos em estufa de circulação forçada de ar ($103 \pm 2^\circ\text{C}$), até se obter o seu valor de massa seca e calculada a densidade da madeira para cada idade, de acordo com a metodologia prescrita pela ABNT NBR 11941 (ABNT, 2003). Além disso, seus valores de retrações radial, axial e longitudinal tangencial foram determinados após novas medições de suas dimensões lineares, porém em condição totalmente seca, conforme a norma da ABNT NBR 7190, descrita na Tabela 2.1.

Tabela 2.1. Fórmulas para cálculo das deformações específicas de retração da madeira, da ABNT NBR 7190 (ABNT, 1997)

$Er, 1 = \frac{L1, sat - L1, sec}{L1, sat} * 100$	$FA = \frac{Er, 3}{Er, 2}$
$Er, 2 = \frac{L2, sat - L2, sec}{L2, sat} * 100$	$RV = \frac{Vsat - Vsec}{Vsec} * 100$
$Er, 3 = \frac{L3, sat - L3, sec}{L3, sat} * 100$	$Vsat = L1, sat * L2, sat * L3 sat$
	$Vsec = L1, sec * L2, sec * L3 sec$

Sendo,

Direções preferenciais L1, L2 e L3, correspondentes às direções axial, longitudinal radial e longitudinal tangencial, respectivamente;

Er,1; Er,2 e Er,3: deformações específicas de retrações axial, longitudinal radial e longitudinal tangencial, respectivamente em %;

RV: retração volumétrica total, em %;

FA: fator anisotrópico;

Vsat: volume na condição saturada;

Vsec: volume na condição seca.

2.6. Análise Estatística

O experimento foi instalado segundo um delineamento inteiramente casualizado, com três idades (10, 14 e 17 anos), quatro posições radiais (0, 33, 66 e 100 %), em quatro repetições (árvores), totalizando 48 unidades amostrais.

Para determinar as correlações existentes entre a posição radial, idade, propriedades físicas e anatômicas da madeira, foi empregado, com auxílio do software *Statistica 10*, o coeficiente de correlação de Pearson, que mede o grau de associação linear entre duas variáveis quantitativas, considerando-se o nível 5 % de significância. Para as correlações significativas envolvendo a posição radial ou a idade das árvores com as propriedades da madeira, utilizou-se o software *Excel 2013* para realizar regressões, a 5 % de significância, e escolher os melhores modelos que descrevessem a tendência das propriedades com base nos seus coeficientes de determinação.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Correlações entre Propriedades da Madeira, Posição Radial e Idade

Na Tabela 2.2, estão apresentadas as correlações entre as propriedades físicas e anatômicas da madeira com a posição radial e a idade de colheita.

Tabela 2.2. Correlações de Pearson entre as propriedades anatômicas e físicas da madeira de teca com a posição radial no tronco e a idade

Propriedade	Posição radial (%)	Idade (anos)
Ângulo microfibrilar ($^{\circ}$)	-0,82*	-0,30*
Comprimento das fibras (mm)	0,84*	0,26
Espessura da parede das fibras (μm)	0,65*	0,39*
Diâmetro de lume dos poros (μm)	0,61*	-0,07
Frequência de poros (n° poros. mm^{-2})	-0,52*	0,16
Retração radial da madeira (%)	-0,45*	0,15
Retração longitudinal da madeira (%)	-0,84*	0,04
Retração tangencial da madeira (%)	0,17	0,17
Retração volumétrica da madeira (%)	-0,40*	0,18
Fator anisotrópico da madeira	0,60*	-0,12
Densidade básica da madeira ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)	0,44*	0,57*

*Correlações significativas a 5 % de significância, pelo teste t.

Observa-se que ocorreram correlações significativas com a idade das árvores somente para as variáveis ângulo microfibrilar, espessura de parede das fibras e densidade básica da madeira. De acordo com Mori et al. (2010), a densidade é uma característica que sofre grande influência da anatomia do lenho ao longo do seu envelhecimento, mesmo havendo reduzidas correlações dos elementos anatômicos com a idade.

A posição radial se correlacionou significativamente com os parâmetros anatômicos e físicos da madeira de teca, exceto com a retração tangencial. Segundo Lima et al. (2015), a variação radial das dimensões dos constituintes anatômicos da madeira influencia diretamente na homogeneidade física desse material.

No que se refere à teca, Lima et al. (2011) afirmam que mudanças anatômicas no sentido medula/casca e ao longo do tempo determinarão variados graus de resistência física da madeira, impactando em seus diferenciados usos finais. Com base nas correlações da Tabela 2.2, serão expostos, nos itens a seguir, os valores observados e estimados dos índices anatômicos e físicos da madeira de teca que se correlacionaram significativamente com as posições radiais e a idade da árvore.

3.2. Propriedades Anatômicas da Madeira

3.2.1. Ângulo microfibrilar

Os valores observados e estimados dos ângulos microfibrilares (AMF) em função da posição radial e da idade são apresentados nas Figuras 2.3A e 2.3B, respectivamente.

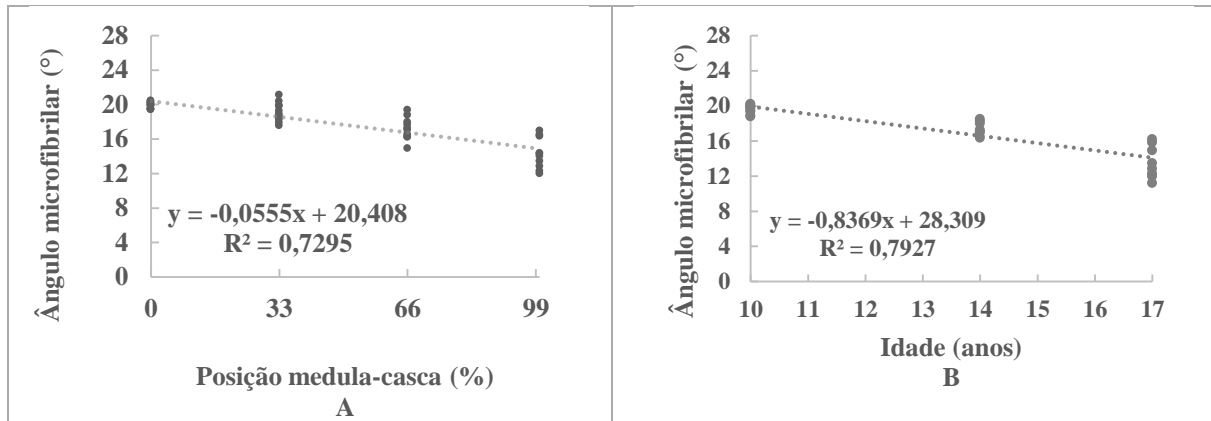


Figura 2.3. Valores observados e estimados do ângulo de inclinação das microfibrilas em função da posição radial (A) e idade (B) na madeira de teca.

Observa-se que os valores de AMF diminuem no sentido da medula para a casca e também com o incremento da idade com valores máximos na região mais interna do lenho (0 %) e na idade de 10 anos. Em regiões próximas à casca (99 %) e na idade de 17 anos, foram observados uma maior orientação das microfibrilas de celulose em relação ao eixo axial da fibra. Waghorn (2006) justifica essas tendências de organização das microfibrilas de celulose próximo à casca e ao longo da idade relacionando-as à estabilização do crescimento da planta, o que garante maior tempo de formação às células iniciais do câmbio durante o processo de diferenciação celular.

De acordo com Donaldson (2008), as inclinações microfibrilares na madeira de teca são máximas (próximas de 20°) na parede das fibras jovens e localizadas ao redor da medula, e diminuem de acordo com o avanço da idade da árvore e em regiões próximas à casca. Para Tomazello Filho et al. (2001), a espessura dos anéis de crescimento da madeira se relaciona com a idade e a taxa de crescimento da planta. Assim, Tienne et al. (2009) afirmam que as inclinações das microfibrilas se diferenciam radialmente e em idade devido à taxa de crescimento das árvores. Ribeiro et al. (2011) complementam ao afirmarem que fibras com maior inclinação microfibrilar são formadas sob elevadas taxas de crescimento das árvores e fibras com menor inclinação de suas microfibrilas se formam sob menores taxas de crescimento das mesmas. Diante dessas considerações sobre a inclinação microfibrilar, taxa

de crescimento da planta e a espessura dos anéis de crescimento, observa-se que anéis mais espessos na madeira de teca (formados durante o início do desenvolvimento da árvore e sob elevadas taxas) possuem fibras com maior inclinação microfibrilar e vice-versa.

No que se refere aos fatores ambientais que influenciam na formação da madeira e consequente inclinação microfibrilar, Tienne et al. (2009) citam que árvores jovens possuem alto AMF por necessitarem de maior flexibilidade quando da incidência de ventos e árvores maduras têm menores inclinações microfibrilares, pois precisam de maior rigidez no tronco para suportar o aumento do peso do fuste e da copa.

Por tudo o que foi dito e levando em consideração os estudos de Lima et al. (2004), que afirmam que essa variação do ângulo microfibrilar do centro para a periferia do tronco e em idade garante variadas consequências ao processamento da madeira, pode-se considerar que a variação do AMF na madeira de teca também é importante na determinação da qualidade da madeira durante o seu desdobro.

3.2.2. Comprimento das fibras

Na Figura 2.4, são apresentados os valores observados e estimados de comprimento das fibras em função da posição radial.

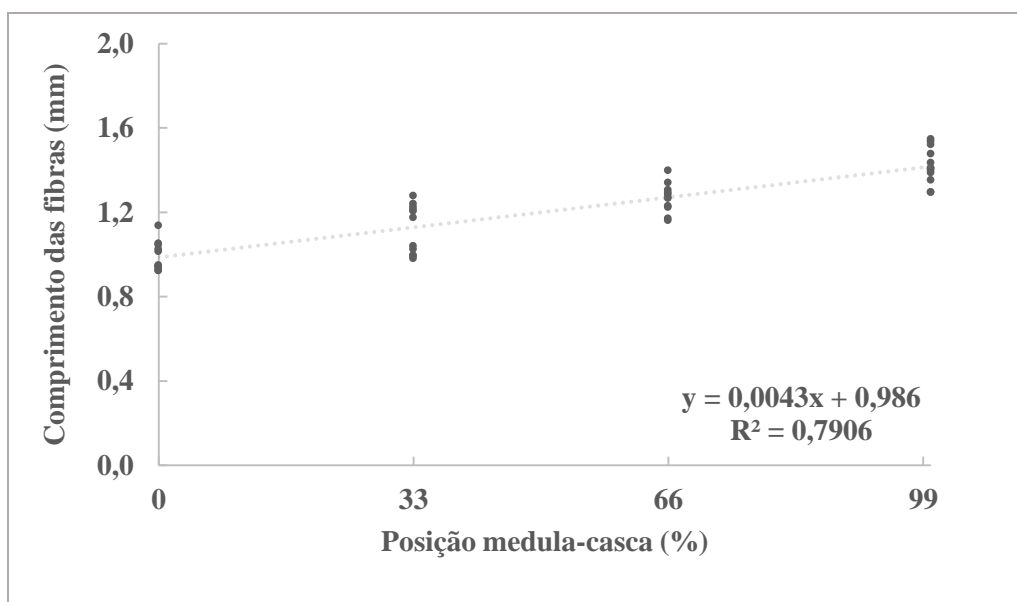


Figura 2.4. Valores observados e estimados do comprimento das fibras em função da posição radial na madeira de teca.

Observa-se que, à medida que se distancia da região medular, o comprimento das fibras aumenta. Para essa tendência, Preston (1974) considera que, no início do desenvolvimento da

planta, a alta divisão das células do câmbio gera fibras curtas, uma vez que não há tempo adequado para formação completa das mesmas. Tomazello Filho (1987) alegam que o desenvolvimento da planta promoverá o aumento do comprimento das células iniciais fusiformes, que formam as fibras do lenho. Já Gatto et al. (2008) e Ribeiro et al. (2011) relacionaram o comprimento das fibras com o seu AMF, de maneira que, no início do desenvolvimento da madeira, as células iniciais fusiformes do câmbio são relativamente pequenas, geram fibras curtas e com elevada inclinação microfibrilar. Ao longo do desenvolvimento da árvore, essas células iniciais aumentam rapidamente seu comprimento, gerando fibras longas e com reduzida angulação de suas microfibrilas. Por fim, tais autores constataram que variações nas propriedades da madeira irão surgir como efeito da variação nas dimensões das células do câmbio. Em vista do que acontece ao longo da formação da madeira de teca, Castro e Silva (1992) reforçam que o tamanho das células pode variar de acordo com a idade e a posição na árvore.

Levando-se em consideração os apontamentos realizados anteriormente, pode-se concluir que haverá diferenças nas propriedades da madeira ao longo do desenvolvimento da árvore de teca e que, um dos motivos para o aparecimento de alterações nessas madeiras é a formação de fibras com diversos comprimentos e inclinações microfibrilares em cada etapa de desenvolvimento da planta.

3.2.3. Espessura de parede

Na Figura 2.5, são apresentados os valores observados e estimados da espessura de parede das fibras em função da posição radial (A) e da idade (B).

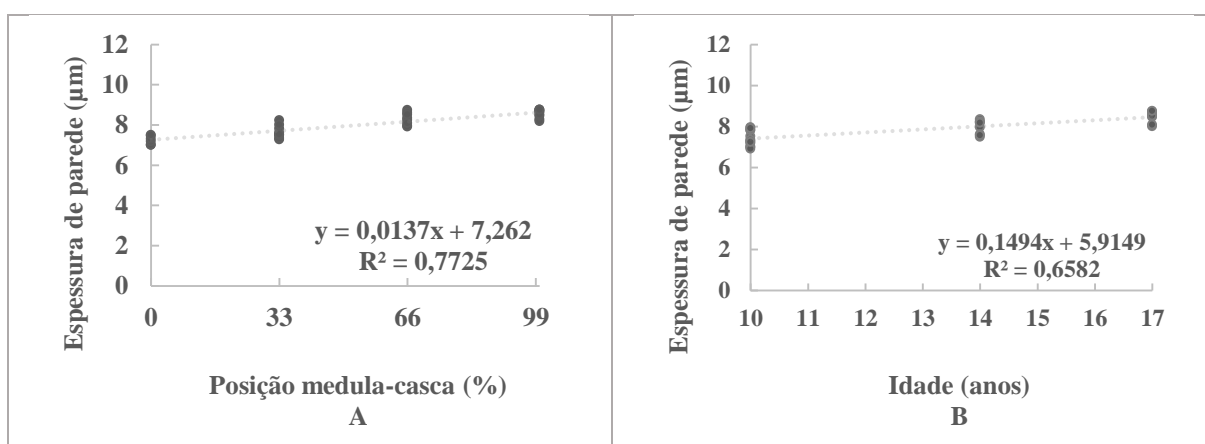


Figura 2.5. Valores observados e estimados da espessura de parede das fibras em função da posição radial (A) e idade (B) na madeira de teca.

Com isso, verificou-se nas regiões próximas à medula (e aos 10 anos de idade) que, as paredes das fibras são mais delgadas e, próximas à casca (e aos 17 anos de idade), são mais espessas.

Uma das justificativas para que houvesse esse aumento da espessura da parede das fibras da madeira de teca pode ser atribuída aos diâmetros de lume das fibras que diminuem com a estabilização do crescimento da árvore, conforme citado por Zobel e Sprague (1998) e Ramos et al. (2011). Lima et al. (2011) afirmam que, para a madeira de *Tectona grandis*, as variações na espessura de parede das células podem influenciar nas propriedades e usos finais da madeira. Castro e Silva (1992) apontam ainda que esses padrões tendem a influenciar nas variações dimensionais e na densidade da madeira, impactando, conseqüentemente, na sua qualidade e uso final.

Para esse estudo, observou-se que o aumento da espessura da parede das fibras provocou ganhos em densidade básica e diminuições nos valores das retrações e fator anisotrópico da madeira. Essa divergência entre o aumento da massa das células e diminuição das retrações da madeira pode ser conferida à impregnação nas paredes das fibras por extrativos hidrofóbicos produzidos pelo metabolismo da árvore de teca, conforme mencionado por Garcia e Marinonio (2016).

3.2.4. Diâmetro e frequência de poros

Na Figura 2.6 estão apresentados os valores observados e estimados de diâmetro (A) e frequência (B) de poros em função da posição radial.

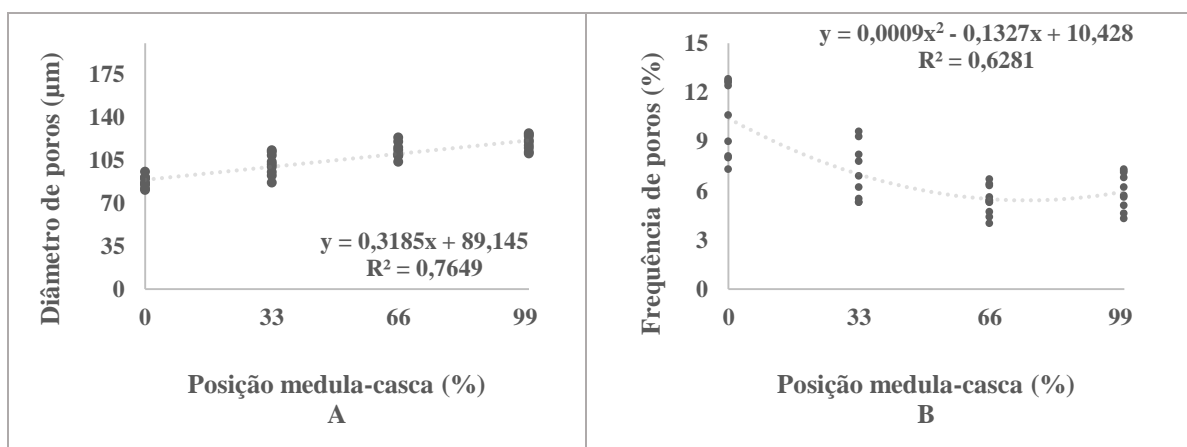


Figura 2.6. Valores observados e estimados do diâmetro (A) e frequência de poros (B) em função da posição radial na madeira de teca.

Observa-se que há uma tendência de aumento do diâmetro dos poros e diminuição da frequência dos mesmos ao longo da posição radial.

Para Bhat et al. (2001) e Nisgoski et al. (2011), esse padrão de distribuição do diâmetro e frequência dos poros ao longo da posição radial na madeira de teca ocorre como reflexo da diminuição da taxa de crescimento e encurtamento da espessura dos anéis iniciais e tardios. Lima et al. (2011) complementam que, durante a diminuição da taxa de crescimento da *Tectona grandis*, também são observados aumentos no comprimento e na espessura da parede das fibras, produzindo maior massa de madeira em determinado volume e gerando, como consequência, maior densidade ao material.

No presente estudo, apesar de se observarem poucas correlações significativas com a idade, as variações do ângulo microfibrilar, comprimento e espessura da parede das fibras e diâmetro e frequência de poros ao longo do sentido medula/casca exemplificaram as mudanças relativas à densidade e variação dimensional da madeira de teca, dado a estabilização do seu crescimento.

3.3. Densidade Básica da Madeira

Na Figura 2.7, são apresentados os valores observados da densidade básica da madeira em função da posição radial e da idade.

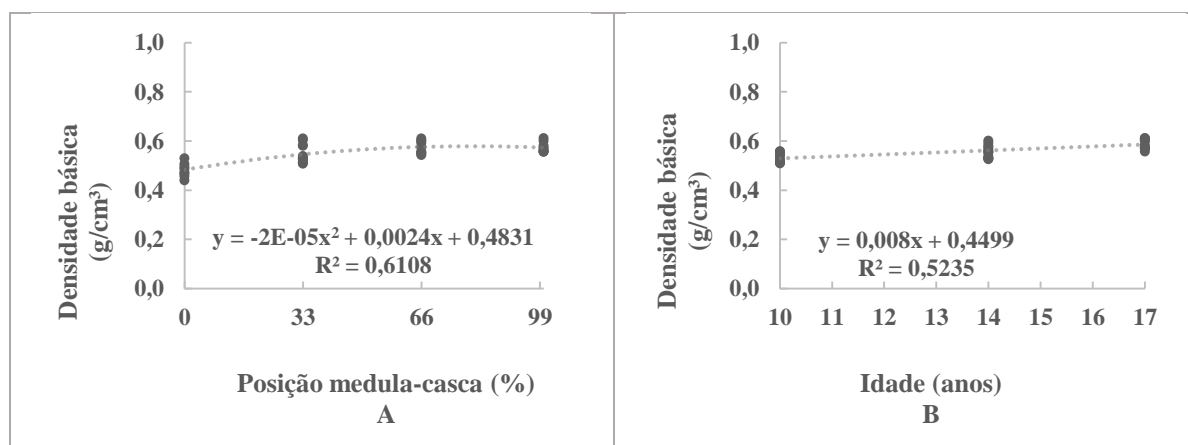


Figura 2.7: Valores observados e estimados de densidade básica em função da posição radial (A) e idade de colheita (B) na madeira de teca.

A densidade básica seguiu tendência de incremento até 66 % da posição radial. A partir desse ponto, houve um decréscimo médio da densidade básica da madeira, partindo de 0,59 g/cm³ a 66 % para 0,56 g/cm³ próximo à casca (Figura 2.8A). Bhat et al. (2001) consideram comum essa queda em regiões periféricas do lenho de madeiras com porosidade em anel. Isso

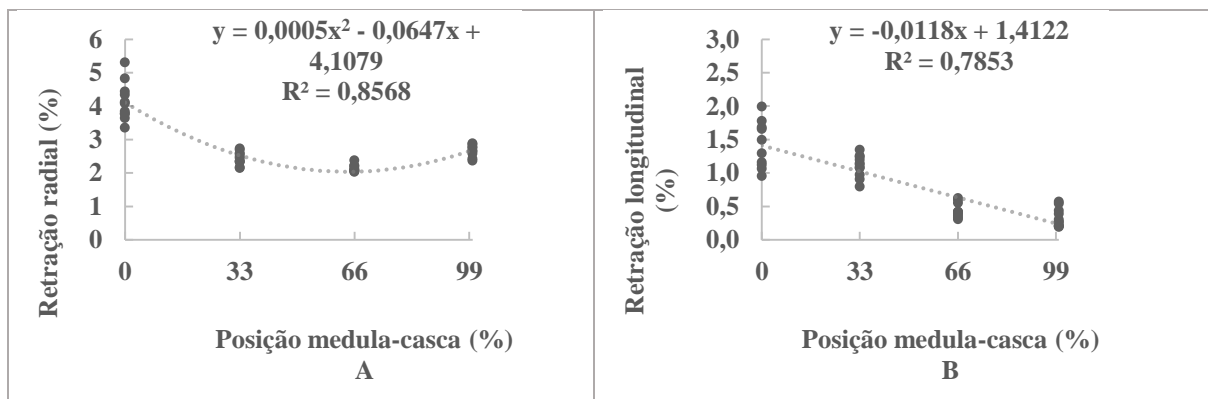
acontece porque os anéis de crescimento formados mais próximos à casca são mais estreitos, logo, existe a ocorrência de um maior percentual de poros nessa região, com consequente queda da densidade básica.

Observa-se, na Figura 2.8B, a tendência de aumento da densidade da madeira de teca com o aumento da idade. Apesar de Bhat et al. (2001) concluir que a densidade da madeira de teca seja constante ao longo da idade, o incremento dessa propriedade entre 10 e 17 anos deve-se, provavelmente, à retirada dos corpos de prova da base das árvores, dado que essa região recebe total influência do tempo durante a sua formação. Diante disso, pode-se afirmar que, na base do tronco da teca, aumentos sucessivos são explicados como sendo reflexo das diferenças no comprimento e espessura da parede das fibras e, ainda, como alterações na inclinação microfibrilar ao longo do tempo de sua formação, conforme relatado por Zobel e Sprague (1998).

Em relação ao que foi dito anteriormente e levando em consideração os estudos de Oliveira e Silva (2003), para quem as alterações anatômicas da madeira ao longo da idade de qualquer árvore irão determinar maior massa de material em determinado volume, contribuindo para o aumento da densidade tanto no sentido medula/casca quanto em idade, pode-se afirmar que aumentos na densidade da madeira de teca são esperados nas regiões basais do tronco.

3.4. Retratibilidade da Madeira

Os valores observados e estimados das retrações radial, longitudinal, volumétrica e o fator anisotrópico da madeira em função da posição radial estão expostos nas Figuras 2.8A, 2.8B, 2.8C e 2.8D, respectivamente.



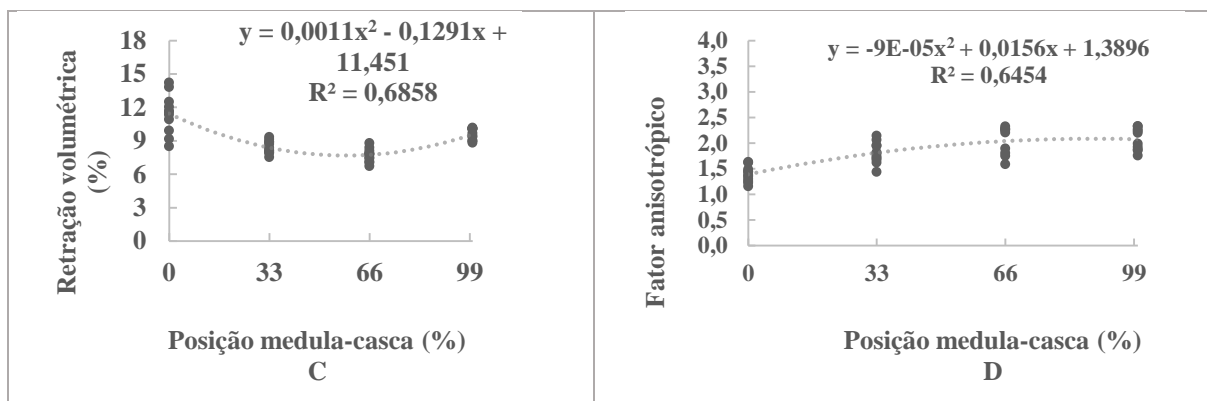


Figura 2.8. Valores observados e estimados de densidade básica em função da posição radial (A) e idade de colheita (B) na madeira de teca.

Maiores valores das retrações da madeira são observados na região próxima à medula (0 %), seguindo tendência de diminuição à medida em que se aproxima da casca – Figuras 2.8A, 2.8B e 2.8C. Como consequência dessa diminuição das retrações, o fator anisotrópico seguiu tendência de aumento e posterior estabilização até próximo à casca (Figura 2.8D).

Aumentos no comprimento e espessura da parede das fibras, além do aumento do diâmetro e diminuição da frequência de poros no sentido medula-casca, proporcionaram incrementos de massa de material em determinado volume. O aumento da massa da madeira nesse sentido poderia contribuir para a elevação das suas variações dimensionais. No entanto, segundo Garcia e Marinonio (2016), a presença de ceras e óleos formados e depositados nas paredes de suas fibras pode garantir resistência à água e, consequentemente, estabilidade dimensional para a madeira de teca. Dessa forma, a explicação para a elevada retratibilidade dessa madeira próximo à medula se deve aos elevados ângulos microfibrilares na camada S_2 , paredes delgadas e comprimentos menores das fibras, aliado à maior frequência de poros.

Para o fator anisotrópico da madeira, Oliveira e Silva (2003) e Oliveira et al. (2010) consideram que, quanto mais distante de 1,0 for o seu valor, mais propensa a madeira será a sofrer variações dimensionais, como o aparecimento de rachaduras, empenamentos e fendilhamentos. Para esse estudo, apesar de serem encontrados valores acima de 1,0 e crescentes para o fator anisotrópico, as retrações longitudinal, radial e volumétrica da madeira reduziram ao longo da posição radial, indicando aumentos em sua estabilidade dimensional. Diante dos resultados encontrados nesse trabalho, o fator anisotrópico tomado de forma isolada não caracteriza a madeira do ponto de vista da estabilidade dimensional, reforçando que fatores considerados altos (próximos a 2,5) e retrações radiais baixas (próximos de 1,5 %) podem ser sinônimo de madeira resistente, conforme citado por Bonduelle et al. (2015).

Devido aos fatos mencionados anteriormente, apesar de se observarem padrões crescentes do fator anisotrópico da madeira (Figura 2.8D), a diminuição das suas retrações lineares (Figuras 2.8A, 2.8B, e 2.8C) a tornam mais estável ao longo do sentido medula-casca.

3.5. Correlações entre Propriedades Anatômicas e Físicas da Madeira

Estão apresentadas na Tabela 2.3 as correlações entre as propriedades anatômicas e físicas da madeira para as três idades estudadas.

Tabela 2.3. Correlações de Pearson entre propriedades anatômicas e físicas da madeira de teca

	AMF	CP	EP	DL	FP	RR	RL	RT	RV	FA	DB
AMF	1,00	-0,73*	-0,58*	-0,43*	0,34*	0,28	0,72*	-0,26	0,23	-0,44*	-0,50*
CP		1,00	0,66*	0,54*	-0,30*	-0,29*	-0,69*	0,24	-0,24	0,44*	0,54*
EP			1,00	0,40*	-0,38*	-0,30*	-0,62*	0,085	-0,30*	0,39*	0,54*
DL				1,00	-0,54*	0,62*	0,48*	0,23	0,58*	-0,49*	-0,27
FP					1,00	0,62*	0,48*	0,23	0,58*	-0,49*	-0,27
RR						1,00	0,44*	0,43*	0,87*	-0,73*	-0,31*
RL							1,00	0,00	0,54*	-0,52*	-0,36*
RT								1,00	0,74*	0,23	0,11
RV									1,00	-0,41*	-0,20
FA										1,00	0,37*
DB											1,00

*Correlações significativas a 5 % de significância, pelo teste t.

Sendo,

(AMF) ângulo microfibrilar, em graus;

(CP) comprimento das fibras, em mm;

(EP) espessura da parede das fibras, em μm ;

(DL) diâmetro de lume dos poros, em μm ;

(FP) frequência de poros, em $\text{n}^\circ. \text{mm}^{-2}$;

(RR) retração radial da madeira, em %;

(RL) retração longitudinal da madeira, em %;

(RT) retração tangencial da madeira, em %;

(RV) retração volumétrica da madeira, em %;

(FA) fator anisotrópico da madeira;

(DB) densidade básica da madeira em g.cm^{-3} .

Observa-se na Tabela 2.3 uma correlação significativa entre o ângulo microfibrilar e comprimento das fibras com todas as propriedades anatômicas analisadas, o que refletiu nos

valores de retrações, fator anisotrópico e densidade da madeira. A espessura de parede das fibras se correlacionou significativamente com as retrações radial, longitudinal, volumétrica, fator anisotrópico e densidade da madeira. Aumentos no diâmetro e na frequência dos poros correlacionaram-se, em igual intensidade, às retrações radial, longitudinal e volumétrica, impactando de maneira inversa no fator anisotrópico da madeira.

Esses resultados vão de encontro com o citado por Silva (2002), que mencionou que as orientações microfibrilares e variações diversas na estrutura anatômica são as principais causas de variações dimensionais e em densidade da madeira. De acordo com Zhang (1994), as retrações lineares e volumétrica, fator anisotrópico e densidade da madeira dependem da proporção e diâmetro dos vasos e espessura de parede das fibras. Para Pinto (2007), os valores de densidade básica são originados de uma complexa combinação dos constituintes anatômicos na madeira de teca e podem fornecer informações importantes sobre as características dimensionais deste material lenhoso.

Considerando as informações supracitadas, esse estudo demonstrou que as variações dos constituintes anatômicos podem impactar diretamente nos valores de densidade e variação dimensional da madeira de teca.

4. CONCLUSÕES

- A idade influenciou significativamente na diminuição do AMF, aumentos da espessura de parede das fibras e densidade básica;
- A posição radial influenciou significativamente na diminuição do AMF e da frequência de poros, aumentos no comprimento e espessura de parede das fibras e no diâmetro dos poros;
- As variações anatômicas ao longo do sentido medula/casca e em idade puderam demonstrar mudanças na densidade e retratibilidade da madeira nesse sentido;
- Idades iguais a 17 anos e regiões próximas à casca possuem maior densidade básica e menor retratibilidade.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11941**: Madeira: determinação da densidade básica. Rio de Janeiro, 2003. 6 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7190**: Projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro, 1997. 13 p.
- BHAT, K. M.; PRIYA, P. B.; RUGMINI, P. Characterisation of juvenile wood in teak. **Wood Science and Technology**, Kerala, v. 34, p. 517-532, 2001.
- BONDUELLE, G.M.; IWAKIRI, S.; TRIANOSKI, R.; PRATA, J. G.; ROCHA, V. Y. Análise da massa específica e da retratibilidade da madeira de *Tectona grandis* nos sentidos axial e radial do tronco. **Revista Floresta**, Curitiba, v.45, n.04, p.671-680, 2015.
- CASTRO E SILVA, A. Variação dimensional dos elementos xilêmicos em duas espécies madeireiras da Amazônia. **Acta Amazonica**, Manaus, v.22, n.2, p. 261-273, 1992.
- COMISSÃO PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS. **Método para la descripción de características generales, macroscópicas de las maderas angiospermas dicotiledóneas**. Santiago. v. 30, p. 1-19, 1974.
- DADSWELL, H. E. The anatomy of eucalypt wood. Melbourne. **Forest Products Laboratory**, CSIRO, n. 66, p. 1-28. 1972.
- DONALDSON, L. Microfibril angle: measurement, variation and relationships - a review. **IAWA Journal**, v. 29, n. 04, p.345-386, 2008.
- GARCIA, R. A.; MARINONIO, G. B. Variação da cor da madeira de teca em função da densidade e do teor de extrativos. **Floresta e ambiente**, Seropédica, v.23, n.1, p.124-134, 2016.
- GATTO, D. A.; HASELEIN, C. R.; BULIGON, E. A.; CALEGARI, L.; STANGERLIN, D. M.; OLIVEIRA, L. S.; SANTINI, E. J. Estimativa da idade de segregação do lenho juvenil e adulto por meio de parâmetros anatômicos para madeira de *Luehea divaricata* Mart. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.18, n.04, p.535-540, 2008.
- LIMA, J. T.; BREESE, M. C.; CAHALAN, C. M. Variation in microfibril angle in *Eucalyptus* clones. **Holzforschung**, Berlin, v. 58, p. 160-166, 2004.
- LIMA, I. L.; GARCIA, R.; LONGUI, E. L.; FLORSHEIM, S. M. B. Dimensões anatômicas da madeira de *Tectona grandis* Linn. em função do espaçamento e da posição radial do tronco. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 39, n. 89, p. 061-068, 2011.
- LIMA, I. L.; LONGUI, E. L.; ZANON, B.; FLORSHEIM, S. M. B.; GARCIA, J. N.; JÚNIOR, G.B. Wood anatomy and properties of 24-years-old *Liquidambar styraciflua* in three diameter classes. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 43, n. 107, p. 733-744, 2015.
- LOPES, A. S.; GUILHERME, L. A. G. **Solos sob cerrado: manejo da fertilidade para a produção agropecuária**. São Paulo: ANDA, 1994. 62p. (Boletim técnico, 5).

NISGOSKI, S.; TRIANOSKI, R.; MUNIZ, G. I. B. de; MATOS, J. L. M. de; BATISTA, F. R. R. Anatomia da madeira de *Toona ciliata* características das fibras para produção de papel. **Floresta**, Curitiba, v.41, n.4, p.717-728, 2011.

MORI, C. L. S. O.; BRITO, J. P.; TOMAZELLO FILHO, M.; SCOLFORO, J. R. S.; GOMES JR, F. Influência da idade e altitude nas características anatômicas, químicas e de densidade básica da madeira de candeia – *Eremanthus erythropappus*. **Floresta**, Curitiba, v.40, n.04, p.825-836, 2010.

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

OLIVEIRA, J. T. S.; TOMAZELLO FILHO, M.; FIEDLER, N. C. Avaliação da retratibilidade da madeira de sete espécies de *Eucalyptus*. **Revista Árvore**, Viçosa, v.34, n.5, p.929-936, 2010.

PINTO, M. L. **Propriedades e características da madeira de Teca (*Tectona grandis*) em função da idade**. 2007. 123 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

PRESTON, R. D. **The physical biology of plant cell walls**. London: Chapman & Hall, 1974. 491 p.

RAMOS, L. M. A.; LATORRACA, J. V. de F.; PASTRO, M. S.; SOUZA, M. T. de.; GARCIA, R. A.; CARVALHO, A. M. de. Variação radial dos caracteres anatômicos da madeira de *Eucalyptus grandis* W. Hill Ex Maiden e idade de transição entre lenho juvenil e adulto. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v.39, n.92, p.411-418, 2011.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomia do bioma cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S.P. (ed.). **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina, Embrapa-CPAC, 89-166p, 1998.

RIBEIRO, A. O.; MORI, F. A.; MENDES, L. M. Características das dimensões das fibras e análise do ângulo microfibrilar de *Toona ciliata* cultivada em diferentes localidades. **Floresta**, Curitiba, v.41, n.01, p.47-56, 2011.

SILVA, J. C. **Caracterização da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden, de diferentes idades, visando a sua utilização na indústria moveleira**. 2002. 160f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais / Tecnologia e utilização de produtos florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

SOARES, C. P. B.; NETO, F. P.; SOUZA, A. L. **Dendrometria e inventário florestal**. 2.ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2011.

TIENNE, D. L. C.; OLIVEIRA, J. N.; PALERMO, G. P. M.; SOUSA, J. S.; LATORRACA, J. V. F. Influência do espaçamento no ângulo das microfibrilas e comprimento de fibras de clone de eucalipto. **Revista Forestal Latinoamericana**, v. 24, n. 1, p. 67-83, 2009.

RECOMENDAÇÕES

- Realizar o corte de árvores em idades iguais ou superiores a 16 anos, dado a proximidade dos valores de densidade da madeira com a idade de maturação do lenho (25 anos) e reduzidos valores de retrações;
- Utilizar outros procedimentos de obtenção da relação cerne/alburno em madeira de teca que não sejam somente a distinção colorimétrica entre as regiões de cerne e alburno, como por exemplo a determinação da permeabilidade da madeira;
- Estender o estudo das propriedades físicas da madeira de teca até idades próximas à maturação da árvore (25 anos), com o intuito de observar diferenças significativas ou estabilização dessas propriedades ao longo da idade;
- Propor estudos que relacionem a variabilidade radial das propriedades mecânicas da madeira de teca em diferentes idades.

CONCLUSÕES GERAIS

- Existe grande influência dos teores de extrativos da madeira de teca na determinação de suas propriedades físicas, como a umidade de equilíbrio higroscópico, densidade básica e retratibilidade;
- Não há compatibilidade entre os valores de permeabilidade e a coloração relativa às regiões de cerne e alburno na madeira de teca;
- Em porções basais, aos 17 anos de idade e próximo à casca, a madeira de teca possui: baixa inclinação das microfibrilas, maiores valores de espessura de parede e comprimento das fibras, valores elevados de densidade e baixa variação dimensional.