



**OTÁVIO AUGUSTO CARVALHO NASSUR**

**VARIABILIDADE DAS PROPRIEDADES  
TECNOLÓGICAS DA MADEIRA DE *Toona*  
*ciliata* M. Roem. COM DEZOITO ANOS DE  
IDADE**

**LAVRAS – MG**

**2010**

**OTÁVIO AUGUSTO CARVALHO NASSUR**

**VARIABILIDADE DAS PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS DA  
MADEIRA DE *Toona ciliata* M. Roem. COM DEZOITO ANOS DE IDADE**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia da Madeira, área de concentração em Madeira como matéria prima, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador

Dr. Sebastião Carlos da Silva Rosado

Coorientador

Dr. José Tarcísio Lima

**LAVRAS – MG**

**2010**

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da  
Biblioteca da UFLA**

Nassur, Otávio Augusto Carvalho.

Variabilidade das propriedades tecnológicas da madeira de  
*Toona ciliata* M. Roem. com dezoito anos de idade / Otávio  
Augusto Carvalho Nassur. – Lavras : UFLA, 2010.

83 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2010.

Orientador: Sebastião Carlos da Silva Rosado.

Bibliografia.

1. Cedro australiano. 2. Qualidade da madeira. 3. Variação. 4.  
Análise física. 5. Mecânica da madeira. I. Universidade Federal de  
Lavras. II. Título.

CDD – 674.1

**OTÁVIO AUGUSTO CARVALHO NASSUR**

**VARIABILIDADE DAS PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS DA  
MADEIRA DE *Toona ciliata* M. Roem. COM DEZOITO ANOS DE IDADE**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia da Madeira, área de concentração em Madeira como matéria prima, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 29 de julho de 2010.

Dr. José Reinaldo Moreira da Silva – UFLA

Dra. Marina Donária Chaves Amarantes - UFES

Dr. Sebastião Carlos da Silva Rosado  
Orientador

**LAVRAS – MG**

**2010**

## **AGRADECIMENTOS**

À Universidade Federal de Lavras.

À CAPES.

À FAPEMIG.

Ao CNPq.

À empresa BELA VISTA FLORESTAL.

Ao Consórcio APIFLOR.

Ao Instituto Estadual de Florestas (IEF).

Ao professores do programa de pós-graduação em Ciência e Tecnologia da Madeira.

A todos os funcionários.

A todos aqueles que estiveram ao meu lado durante a realização deste trabalho.

## RESUMO

A família meliácea contém as mais valiosas espécies produtoras de madeira na região tropical. No entanto, o cultivo do mogno e dos cedros no Brasil é limitado principalmente devido o ataque da broca dos cedros (*Hypsipyla grandella*). De forma semelhante, o cedro australiano (*Toona ciliata*) quando cultivado em sua área de ocorrência natural também sofre ataque de uma lagarta, no caso a *Hypsipyla robusta*. Em contrapartida, plantios de cedro australiano introduzidos no Brasil tem tido grande sucesso, principalmente devido à resistência ao ataque da broca dos cedros, além de apresentar bom crescimento vegetativo e adaptação ao solo e ao clima. Contudo, por ser uma espécie de introdução recente no Brasil, ainda não são relatados estudos sobre seu comportamento durante o desdobro e no processo de secagem. Os poucos estudos existentes relatam informações ainda insuficientes para qualificar a madeira produzida em plantios comerciais com destino industrial. O presente trabalho almeja qualificar a madeira na idade de corte e de seu uso industrial, visa ainda, conhecer a variabilidade entre e dentro de indivíduos. A partir destes dados, será possível definir usos mais apropriados para madeira de *T. ciliata* bem como definir estratégias de melhoramento genético. Para o presente estudo, foram utilizadas árvores provenientes de Marechal Floriano – ES, com dezoito anos de idade, as toras foram previamente medidas e depois desdobradas. Posteriormente foram avaliados os defeitos pós desdobro e pós secagem. A partir dos pranchões centrais resultantes do desdobro, foram obtidas as propriedades físicas e mecânicas da madeira. A classificação das toras mostrou que o defeito mais expressivo foi a presença de nós e protuberâncias. Em contrapartida, o defeito menos pronunciado foi a conicidade das toras. Na avaliação das tábuas após o desdobro, em relação à média geral dos defeitos, as rachaduras de topo e o encanoamento foram considerados de forte intensidade. A densidade média encontrada foi de 0,314 g/cm<sup>3</sup>. Para retratibilidade, foram observados os valores médios de 3,2% e 7,7%, nas direções radial e tangencial. A contração volumétrica foi de 11% e o coeficiente de anisotropia de 2,7%. Em relação aos ensaios mecânicos, foram encontrados, em termos médios, o módulo de elasticidade de 37.473 Kgf/cm<sup>2</sup> para o ensaio de compressão paralela às fibras e a resistência à compressão de 279 Kgf/cm<sup>2</sup>; para o ensaio de flexão estática, o módulo de elasticidade foi de 83.599 Kgf/cm<sup>2</sup> e o módulo de ruptura foi de 296 Kgf/cm<sup>2</sup>. Finalmente, concluiu-se que a utilização de melhoramento genético visando à obtenção de indivíduos superiores a partir de plantações já estabelecidas de *T. ciliata* é viável.

Palavras-Chave: Qualidade da madeira. Cedro australiano. Classificação da madeira

## ABSTRACT

The *Meliaceae* is a flowering plant family includes the most valuable timber species in the tropical region. However, in Brazil and despite its high trade value, the commercial cultivation of species such as the mahogany (*Swietenia macrophylla*) and the Spanish Cedar (*Cedrela sp.*) is largely limited by shoot infestation by Mahogany shoot borer (*Hypsipyla grandella*). Similarly, when cultivated in its natural region of occurrence, the Australian cedar (*Toona ciliata*) suffers serious damages by the shoot-boring moth *Hypsipyla robusta*. On the other hand, plantations of the Australian Cedar (*T. ciliata*) introduced in Brazil have been successful, especially given this species resilience to the Cedar shoot borer infestation while presenting, at the same time, better vegetative growth and soil and climate adaptation. Nevertheless, because this specie was recently introduced in Brazil, there are not studies reporting on its behaviour during the conversion of logs to sawn timber and during the wood drying process. The few existing studies still do not register information sufficient enough to assess the wood produced in commercial plantations destined to industrial use. This study aims at qualifying the tree cut age and its industrial use, and it aims at knowing the variability among and within trees. Then, it is expected that it is possible to define strategies for genetic improvement. In this study, it was used wood from the town of Marechal Floriano, Espírito Santo sate. The trees were 18 years' old and the logs were first measured and then converted to timber sawn. Afterwards, defects post conversion and post drying were assessed . The wood physical and mechanical properties were obtained from the central large boards. The logs classification showed that the most significant defect was the presence of dead knots and protuberances. The log taper was the least pronounced defect. In assessing the sawn timber after conversion -- relatively to the average of defects -- splits and cupping were considered intensely strong. After the drying process, it was observed an increase in the split mean values. The mean density was of 0.314 g/cm<sup>3</sup>. The following mean values were observed for shrinkage: 3.2% and 7.7% in the radial and tangential directions of wood, respectively. The volume contraction was of 11% and the anisotropy coefficient was 2.7%. On average, relatively to the mechanical tests, it was found an elastic modulus of 37.473 Kgf/cm<sup>2</sup> for the fibre parallel compression and a compression resistance of 279 Kgf/cm<sup>2</sup>; an elstic modulus of 83.599 Kgf/cm<sup>2</sup> for the static flexion mode; and the modulus of rupture was of 296 Kgf/cm<sup>2</sup>. Finally, It was concluded that the use of genetic improvement in *T. ciliata* plantations already established with the aim of obtaining superior quality trees is technically viable.

Keywords: Wood quality. Australian cedar. Wood classification.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Características da espécie <i>T. ciliata</i> a) Inflorescência b) Folha e inflorescência c) Frutos d) Árvore jovem e) Tronco adulto f) Fruto aberto g) Sementes membranosas.....	19
Figura 2	Distribuição da espécie <i>Toona ciliata</i> na costa leste Australiana, gradientes de temperatura diária média máxima e precipitação média anual .....	21
Figura 3	Toras chegando à unidade experimental de desdobro e secagem da madeira .....	35
Figura 4	Toras armazenadas no local de medição .....	36
Figura 5	Desdobro das toras em serra de fita.....	38
Figura 6	Secagem em estufa convencional.....	41
Figura 7	a) Pranchões centrais no Laboratório de Usinagem da Madeira (DCF/UFLA); b) Confecção dos corpos de prova a partir das ripas .....	42
Figura 8	Ensaio de compressão paralela às fibras segundo a ASTM D 143 – 94, no Laboratório de Propriedades Físicas e Mecânicas da Madeira.....	45

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	Comportamento das rachaduras de topo nas diferentes posições, antes e após a secagem .....	58
Gráfico 2	Comportamento do encurvamento nas diferentes posições, antes e após a secagem .....	59
Gráfico 3	Comportamento do encanoamento nas diferentes posições, antes e após a secagem .....	60
Gráfico 4	Comportamento do arqueamento nas diferentes posições, antes e após a secagem .....	61
Gráfico 5	Varição da densidade entre árvores de <i>Toona ciliata</i> , em plantios com 18 anos de idade.....	62

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Critérios para classificação das árvores quanto a sua forma .....	37
Tabela 2	Critérios para classificação das árvores quanto a sua superfície rolante.....	37
Tabela 3	Critérios para classificação da intensidade dos defeitos nas tábuas recém-desdobradas e após a secagem .....	40
Tabela 4	Programa de secagem para <i>T. ciliata</i> .....	40
Tabela 5	Valores médios e coeficiente de variação para alguns defeitos relativos à forma observados.....	46
Tabela 6	Valores médios e respectivos coeficientes de variação para os defeitos de árvores de <i>T. ciliata</i> .....	48
Tabela 7	Valores médios da espessura da rachadura superficial.....	50
Tabela 8	Volume e número de toras por árvore .....	51
Tabela 9	Rendimento e volume dos produtos .....	53
Tabela 10	Valores médios encontrados para os principais defeitos ocorridos nas tábuas após o desdobro. Rachaduras de topo (RT), rachaduras superficiais (RS), encurvamento (Ecv), encanoamento (Enc), arqueamento (Arq) .....	55
Tabela 11	Variação da densidade básica na direção medula-casca.....	63
Tabela 12	Variação média da contração entre árvores de <i>Toona ciliata</i> , em plantios com dezoito anos de idade.....	64
Tabela 13	Valores percentuais médios de contração volumétrica e coeficiente de anisotropia das árvores de <i>Toona ciliata</i> .....	65
Tabela 14	Variação das contrações na direção medula-casca.....	67
Tabela 15	Variação da contração volumétrica e coeficiente de anisotropia na direção medula-casca.....	67

Tabela 16	Valores médios e coeficiente de variação para o módulo de elasticidade e resistência à compressão em Kgf/cm <sup>2</sup> .....	68
Tabela 17	Valores de módulo de elasticidade e resistência à compressão paralela às fibras para outras espécies .....	70
Tabela 18	Valores médios e coeficiente de variação para o módulo de elasticidade e resistência à compressão obtidos na direção medula-casca no ensaio de compressão paralela as fibras, os resultados são apresentados em kgf/cm <sup>2</sup> .....	71
Tabela 19	Valores médios e coeficiente de variação para o módulo de elasticidade e módulo de ruptura obtidos no ensaio de flexão estática em Kgf/cm <sup>2</sup> .....	71
Tabela 20	Valores de módulo de elasticidade e módulo de ruptura para outras espécies obtidas pelo ensaio de flexão estática.....	73
Tabela 21	Valores médios e coeficiente de variação para o módulo de elasticidade e módulo de ruptura obtida na direção medula-casca no ensaio de flexão estática em Kgf/cm <sup>2</sup> .....	74

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	13
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	17
2.1	Caracterização da espécie .....	17
2.2	Distribuição e cultivo da <i>T. ciliata</i> .....	20
2.3	Características da madeira e outras utilizações da <i>T. ciliata</i> .....	23
2.4	Variações nas propriedades da madeira e melhoramento genético .....	25
2.5	Propriedades físicas da madeira .....	27
2.5.1	Umidade .....	27
2.5.2	Densidade.....	27
2.5.3	Instabilidade dimensional e anisotropia .....	28
2.6	Propriedades mecânicas da madeira.....	29
2.7	Rendimento de madeira serrada e qualidade da tora.....	30
2.8	Secagem da madeira .....	32
3	MATERIAL E MÉTODO .....	34
3.1	Amostragem.....	34
3.2	Classificação das toras .....	35
3.2.1	Classificação quanto à forma .....	37
3.2.2	Classificação quanto à superfície rolante.....	37
3.3	Processamento primário da madeira .....	38
3.4	Determinação e classificação dos defeitos ocorridos após o desdobro.....	39
3.5	Secagem.....	40
3.6	Determinação das propriedades físicas e mecânicas.....	41
3.6.1	Determinação das contrações e densidade da madeira .....	43
3.6.2	Ensaio mecânicos .....	44
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	46
4.1	Classificação de toras.....	46
4.2	Processamento primário da madeira .....	51
4.2.1	Rendimento de madeira serrada .....	53
4.3	Classificação dos defeitos ocorridos na madeira serrada.....	55
4.3.1	Classificação da madeira serrada após a secagem .....	57
4.3.2	Apresentação dos defeitos em relação à posição de retirada das tábuas .....	58
4.4	Densidade básica ( $D_b$ ) .....	61
4.5	Estabilidade dimensional.....	63
4.6	Ensaio Mecânicos .....	68
4.6.1	Compressão paralela às fibras.....	68
4.6.2	Ensaio de flexão estática .....	71

<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	<b>75</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>76</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A madeira foi um dos primeiros materiais utilizados pelo homem, em razão de sua abundância e de suas características usuais. Acreditava-se que com o advento de materiais sintéticos, principalmente aqueles derivados do petróleo, a madeira passaria a ser um material pouco demandado. No entanto, por seus atributos ecológicos, econômicos e tecnológicos, a madeira ainda é uma das matérias-primas mais requisitadas pela humanidade, sendo indicada para diversos usos, entre os quais podemos citar a geração de energia, a fabricação de papel, o uso estrutural e a fabricação de mobiliários.

Dentre as muitas vantagens apresentadas pela madeira em relação aos diversos materiais sintéticos utilizados na atualidade, podemos destacar a sua capacidade de renovação. É importante observar que o ciclo de renovação deste material é um dos responsáveis pela manutenção na proporção entre alguns elementos constituintes da atmosfera terrestre, principalmente o dióxido de carbono e o oxigênio. Desta forma, por participar diretamente no processo de captura de carbono na sua produção, a madeira atende aos mais almejados atributos ambientais vigentes em termos de sustentabilidade.

Em contrapartida, a forma com que a madeira foi explorada ao longo do tempo fez com que sua escassez se tornasse uma constante. Concomitantemente, cresciam as pressões ambientais por parte de organizações não governamentais, causando elevada influência nos mercados consumidores. Exigindo dos organismos governamentais políticas florestais para preservação das florestas nativas, além de incentivos a novos plantios.

Neste sentido, para que sejam respeitados os princípios de sustentabilidade, a madeira destinada aos mercados deve ser obtida através de florestas plantadas e manejadas, ou de planos de manejo sustentável aplicados às florestas nativas. Entre as duas opções, o plantio de espécies florestais é o mais

indicado para a maioria dos casos em que se deseja produzir madeira com destino industrial, principalmente por prover matéria prima padronizada com produção mais uniforme ao longo do tempo. Outro ponto favorável à implantação de novas áreas plantadas diz respeito às condições das florestas nativas, onde muitos biomas encontram-se extremamente fragmentados e pendentes de recuperação.

No Brasil, tradicionalmente são utilizadas poucas espécies florestais destinadas a atender o mercado de madeira serrada, principalmente espécies de pinus e eucaliptos. O mercado se caracteriza pela grande quantidade de matéria-prima requisitada, tornando necessária a busca por novas fontes, tanto em termos produtivos, quanto tecnológico.

O mogno (*Swietenia macrophylla*), os cedros (*Cedrela spp*), o cedro australiano (*Toona ciliata*) e o cinamomo (*Melia azedarah*), dentre outras espécies arbóreas, pertencem à família das Meliáceas e ocorrem em várias regiões tropicais. Elas são inseridas dentro do grupo das espécies mais valiosas para a produção de madeira que se constitui em uma excelente matéria-prima para as indústrias moveleiras e da construção civil. As propriedades biológicas, físicas e mecânicas da madeira das referidas espécies são bastante semelhantes (BYGRAVE; BYGRAVE, 2005; STYLES, 1972; VENSON et al., 2008).

O mogno e os cedros (*Cedrela, spp*) ocorrem naturalmente na América Central e do Sul, apresentam altas taxa de crescimento. Infelizmente, quando em monocultivos nas áreas de ocorrência natural, elas sofrem intensos ataques da lagarta *Hypsipyla grandella* (Lepidoptera: Pyralidae), reduzindo drasticamente a taxa de crescimento das árvores e prejudicando a forma comercial do fuste, uma vez que o inseto destrói o ápice do tronco e ramos e conseqüente provocam a perda da dominância apical. O controle da referida lagarta, seja por meio de seleções de genótipos resistentes, controles químicos ou biológicos, até o

presente momento, não foi bem sucedido, gerando inseguranças de ordem técnica e econômica nas atividades de reflorestamento.

De forma análoga, a *Toona ciliata*, cuja ocorrência natural é predominante na Ásia e Austrália, apresenta situações semelhantes às do mogno e cedros, quando cultivados em áreas de ocorrência natural. A diferença básica surge do fato de que a praga que promove a perda da dominância apical é a *H. robusta* (GRIFFITHS, 2000).

Na América do Sul, o cultivo da *Toona ciliata* vem sendo amplamente difundido devido aos excelentes resultados obtidos em termos de crescimento vegetativo e adaptação às condições de solo e clima nas diferentes regiões. As suas árvores apresentam um tronco que é, predominantemente, monopodial e sem a perda da dominância apical (BYGRAVE; BYGRAVE, 2005). Até o presente momento, não há referências de ataques da *H. grandella* e da ocorrência da *H. robusta* nas Américas (BELA VISTA FLORESTAL, 2009; BYGRAVE; BYGRAVE, 2005) mesmo em condições de monocultivo.

Outro aliado à utilização da *T. ciliata*, é sua boa capacidade de tolerar a sombra, o que indica seu potencial para utilização em plantios consorciados e também como espécie de enriquecimento (BRISTOW; ANNANDALE; BRAGG, 2010).

Todas essas vantagens têm mostrado aos produtores rurais e empresários do setor madeireiro o valor do *T. ciliata* para novas oportunidades de negócio e geração de renda, visto que as incertezas de ordem técnica e econômica nas atividades de reflorestamento são minimizadas.

Contudo, por ser uma espécie de introdução recente no Brasil, há uma carência de estudos sobre as propriedades de sua madeira, seu comportamento durante o desdobro e no processo de secagem. Os poucos estudos existentes relatam informações ainda insuficientes para qualificar a madeira produzida em plantações florestais com destino industrial, tendo em vista que a maioria dos

relatos se referem à qualidade da madeira de árvores que vegetam em condições de ocorrência natural.

Assim, para o estabelecimento de plantações em condições brasileiras, torna-se necessário qualificar a madeira na idade de seu uso industrial. A partir disso, será possível definir usos da madeira de *T. ciliata* mais apropriados, aprimorar as etapas de processamento e, finalmente, definir estratégias de melhoramento genético que, para as condições brasileiras, ainda não foram devidamente implementadas.

Os objetivos do presente trabalho foram avaliar as características de toras de árvores de *Toona ciliata* com 18 anos de idade, analisar o rendimento e qualidade da madeira após o desdobro e secagem, e as propriedades físicas e mecânicas.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Caracterização da espécie

A *Toona* foi primeiramente descrita por um botânico austríaco chamado Stephan Endlicher, em 1840, como pertencente ao gênero *Cedrela*. Depois dele, em 1846, o alemão Max Joseph Roemer reconheceu que a espécie poderia ser separada por vários caracteres morfológicos, o que a colocou em um gênero específico (SILVA et al., 1999). O gênero pertence à família das Meliaceae e subfamília Swietenioideae, caracterizado por apresentar plantas produtoras de flores unissexuais, porém monóicas, em que os dois sexos aparecem em diferentes flores de uma árvore (STYLES, 1972).

Segundo Edmonds (1993) o gênero *Toona* compreende várias espécies dentre elas cita-se *T. simensis* M. Roem; *T. fargesii* A. Chev., *T. sureni* Merrill, Calantas T. Merr. & Rolfe, e *T. ciliata* M. Roem. Este gênero difere de outros gêneros da subfamília Switenioide, principalmente pela ausência de limonóides do grupo mexicanolídeos (MAIA et al., 2000; SILVA et al., 1999).

A *T. ciliata* é uma árvore de porte relativamente grande, decídua, normalmente atinge alturas entre 20 e 30 metros, com circunferência entre 1,8 e 3 m, possuindo copa aberta. A Figura 1 mostra várias estruturas da *T. ciliata*. A casca é cinza-escura ou castanho-avermelhado (Figura 1a), com o aumento da idade se torna áspera com fissuras reticulares esfoliantes (ORWA et al., 2009).

De acordo com Bygrave e Bygrave (2005) a *T. ciliata* pode chegar a medir 40 metros de altura, com um fuste de 1 metro de diâmetro a 1,30 m do solo ( $D_{1,30}$ ). A árvore apresenta folhagem decídua, imparipenada, de 4 a 8 pares de folíolos variando de 7 a 12 cm, Figura 1b, verde-escuro na parte superior e verde-claro na inferior. A folhagem em crescimento apresenta um brilho

avermelhado. Sua inflorescência possui cor branco-creme, panícula terminal de aproximadamente 40 cm, Figura 1b e Figura 1c, piramidais, muito floridas com fragrância característica.

Segundo Orwa et al. (2009) apesar de as flores serem unissexuais, apresentam vestígios bem formados do sexo oposto. Em flores femininas, as anteras não abrem e estão enrugadas. Em flores masculinas, o ovário possui óvulos vestigiais.

A frutificação começa ocorrer entre 6 a 8 anos. Os frutos são cápsulas oblongas de 2x1 cm Figura 1d, separados em 5 compartimentos, Figura 1e, (BYGRAVE; BYGRAVE, 2005). Segundo Orwa et al. (2009) frutos maduros são encontrados ao longo de todo o ano. As sementes de coloração marrom clara possuem asas membranosas em cada extremidade, dimensões aproximadas de 1,5 x 0,5 cm, Figura 1f (BYGRAVE; BYGRAVE, 2005), são liberadas das cápsulas em intervalos, são leves e dispersas pelo vento (ORWA et al., 2009).



Figura 1 Características da espécie *T. ciliata* a) Inflorescência b) Folha e inflorescência c) Frutos d) Árvore jovem e) Tronco adulto f) Fruto aberto g) Sementes membranosas

Fonte: Encyclopedia of life (2010)

## 2.2 Distribuição e cultivo da *T. ciliata*

A distribuição geográfica da *T. ciliata* abrange a Austrália e o sudeste da Ásia (BYGRAVE; BYGRAVE, 2005; EDMONDS, 1993; STYLES, 1972).

Plantios exóticos podem ser observados em diversos países como Quênia, Mauritânia, Serra Leoa, África do Sul, a Tanzânia, Uganda, Estados Unidos (Havaí e Porto Rico), Zâmbia, Zimbabwe (ORWA et al., 2009), além de vários países da América do Sul. Segundo Walter e Francis (2010), os plantios localizados no Havaí e Porto Rico são formados a partir de material genético oriundo da costa leste australiana, cuja distribuição pode ser observada na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**2. É interessante observar que esta distribuição corresponde a um gradiente latitudinal que engloba várias regiões bioclimáticas brasileiras, por exemplo: Uma latitude variando de 12° até 37° corresponde a uma latitude brasileira que engloba parte de alguns estados da região norte, sendo as regiões centro-sul da Bahia, Mato Grosso, o sul de Tocantins e Rondônia e à totalidade dos estados de Goiás, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul e o Distrito Federal (Figura 2).

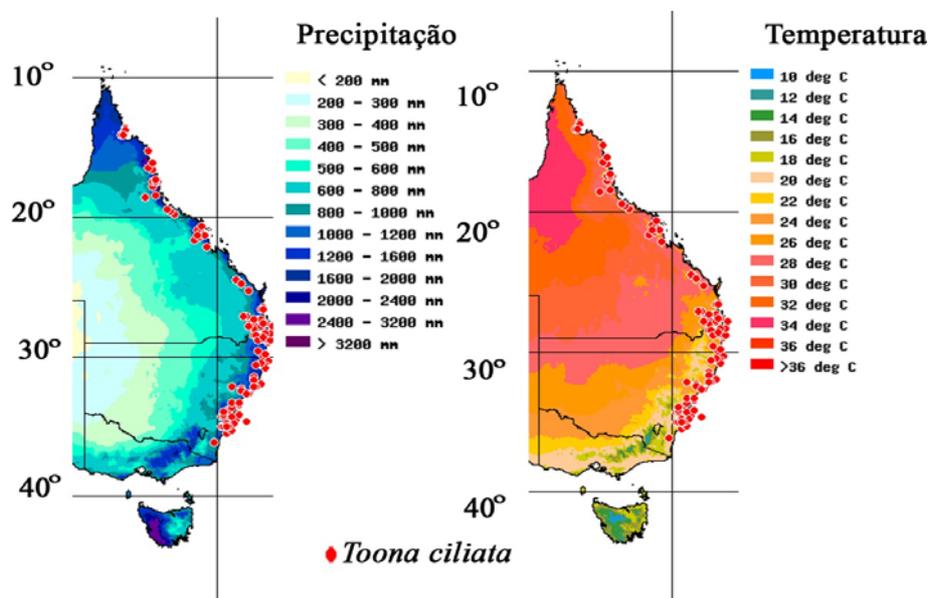


Figura 2 Distribuição da espécie *Toona ciliata* na costa leste Australiana, gradientes de temperatura diária média máxima e precipitação média anual

Fonte: Australia's Virtual Herbarium (2010)

Segundo Bristow, Annandale e Bragg (2010), o estabelecimento da *T. ciliata* depende da herança genética da árvore, do solo, vento e de características climáticas, além da combinação particular destas características que ocorrem em determinado local. Neste contexto, Murakami (2008) ressalta que esta espécie apresenta bom crescimento em regiões de 500 a 1.500 m de altitude e com regime pluviométrico de 800 a 1.800 mm/ano, com 2 a 6 meses de estiagem, tolera geadas leves de curta duração. As plantas não suportam solos mal drenados, que acarretam morte por encharcamento das raízes.

A *T. ciliata* tem sido cultivada em toda América do Sul. No Brasil, a espécie encontrou ótimas condições para o seu desenvolvimento vegetativo e conseqüentemente para a produção de madeira, sendo cultivado no sul do estado

da Bahia e em toda a região sudeste, destacando os estados do Espírito Santo e Minas Gerais, com plantios em escala comercial, bastante desenvolvidos (ZIECH, 2008).

Dados da Empresa Bela Vista Florestal (2008) remetem a plantas, de origens desconhecidas, com 3 metros de altura com 12 meses de idade em plantios localizados na região sudeste do estado de Minas Gerais. No Espírito Santo, na cidade de Venda Nova do Imigrante, estas plantas alcançaram a altura média de 6 metros em 3 anos e de 10 metros, aos 6 anos de idade.

Pesquisas recentes têm discutido sobre o estabelecimento da *T. ciliata* em regiões que apresentam geadas e secas, podendo-se citar o estudo conduzido por Dordel et al. (2009), na região nordeste da Argentina. De acordo com a autora, para um bom estabelecimento da *T. ciliata* nessas regiões, é necessário o uso de uma espécie-protetora (nurse-espécie), cuja escolha irá depender dos objetivos do manejo e mudará de acordo com as preferências de mercado.

Segundo Zapater et al. (2005 apud TARNOWSKI, 2007), considerando as condições locais do Nordeste argentino, espaçamentos adequados e um bom manejo silvicultural, a rotação de corte é estimada entre 20 e 25 anos, com diâmetros entre 50 e 55 cm, produzindo um volume de madeira de aproximadamente 300 m<sup>3</sup>/há ao final da rotação. No Brasil, segundo o site da Empresa Bela Vista Florestal, considerando uma rotação de 15 anos e partindo de um povoamento inicial de 1660 árvores por hectare, seguido de dois desbastes (600 árvores por desbaste) aos 4 e 8 anos, estima-se produzir 100 m<sup>3</sup>/há, correspondendo à madeira retirada no segundo desbaste e na colheita final.

Outra característica que merece atenção nesta espécie é sua capacidade de tolerar a sombra, a *T. ciliata* pode ser descrita como uma espécie intermediária pois demonstra boa tolerância ao sol e à sombra. Esta particularidade implica diversas vantagens, principalmente para produtores que

desejam investir em plantios consorciados. Deve-se ressaltar que plantios mistos são menos suscetíveis a ataques de fungos e insetos do que as monoculturas (BRISTOW; ANNANDALE; BRAGG, 2010).

Em relação ao controle de plantas daninhas, recentes estudos têm sido conduzidos com a intenção de avaliar qual o melhor herbicida a ser utilizado para cultura de *T. ciliata*. O controle de plantas daninhas é essencial, pois elas competem diretamente por água, nutrientes e espaços físicos. Testando quatro tipos diferentes de herbicidas, Oliveira, Duarte e Fássio (2008) concluíram que o herbicida haloxyfop-methyl não alterou significativamente os níveis de clorofila e a redução apresentada pelos teores de carotenóides não foram suficientes para que surgisse o sintoma típico de ação deste herbicida. Desta forma, este herbicida tem potencial para ser utilizado em plantações de *T. ciliata*.

### **2.3 Características da madeira e outras utilizações da *T. ciliata***

Segundo Bygrave e Bygrave (2005), a madeira de todas as árvores da subfamília Swietenioideae tem um forte odor e é resistente a ataques de cupim, devido à presença de óleos voláteis. A textura da madeira é grossa e algumas vezes irregular. Murakami (2008) ressaltou que madeira da *T. ciliata* possui coloração avermelhada brilhante, com bonitas figuras, possui baixa torção de fibras e apresenta moderada resistência a cupins com durabilidade mediana.

Em relação aos caracteres gerais, Ziech (2008) afirmou que esta madeira apresenta textura média, linhas vasculares retilíneas, cheiro agradável ao corte, sem gosto, superfície radial pouco lustrosa, madeira macia ao corte e cerne bege-rosado, distinto do alburno marrom-claro.

De acordo com Murakami (2008), a madeira da *T. ciliata* é similar à do cedro brasileiro (*Cedrela odorata* e *Cedrela fissilis*), tendo a mesma qualidade e utilização.

Do ponto de vista anatômico, Ziech (2008) afirmou que a placa de perfuração simples, os vasos em arranjos radiais e as linhas vasculares retilíneas são caracteres comuns entre a madeira de *T. ciliata* e outras madeiras de espécies da família Meliácea, como o mogno (*Swietenia macrophylla*), cedro (*Cedrela odorata*) e andiroba (*Carapa Guianensis*).

Pesquisas tem apontado para o alto teor de extrativos presentes nesta espécie, Bufalino et al. (2008) encontraram 10,03 % e 12,96% para madeiras com 4 e 18 anos de idade respectivamente. Ziech (2008) encontrou para os teores de holocelulose, lignina e extrativos, valores aproximados de 64%, 20% e 15%, respectivamente. Segundo Bufalino et al. (2008), é esperado que o teor de extrativos presente nesta espécie seja prejudicial à produção de painéis OSB e outros particulados. No trabalho conduzido por estes autores, foi avaliada a retirada de extrativos totais após imersão em água quente por 2 horas e água fria durante 24 horas, utilizando a norma para extrativos totais ABTCP M 3/69 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA TÉCNICA DE CELULOSE E PAPEL - ABTCP, 1974). Verificou-se que os dois tratamentos são eficientes na retirada de alta percentagem de extrativos.

Segundo Ziech (2008), considerando-se as características anatômicas da espécie, pode-se afirmar que a madeira de cedro australiano não apresenta boa performance quando submetida à colagem. Isto ocorre porque madeira apresenta porosidade em anéis semiporosos, em que os poros do lenho inicial são maiores que os do lenho tardio.

A respeito da pintura, a madeira aceita tanto tintas baseadas em óleo, quanto tintas baseadas em água (ORWA et al., 2009).

Dentre as utilizações, destacam-se: a fabricação de mobiliários de alta qualidade, esculturas, painéis folheados, instrumentos musicais, habitação, construção naval (BYGRAVE; BYGRAVE, 2005), pisos laminados, portas e janelas (MURAKAMI, 2008).

Owrna et al. (2009) citam várias outras utilizações, como para alimentação humana, em que as folhas são consumidas como vegetais no sudeste da Ásia e o cultivo do cogumelo shitake a partir da decomposição da madeira, apicultura (Bangladesh), medicinal (norte da Índia), repelente a partir de extrativos da casca, tingimento de tecidos através das flores, obtenção de tanino, manufaturas de cordas a partir da casca e obtenção de óleos aromáticos a partir do fruto.

Uma particularidade desta espécie é ressaltada por Heinrich e Banks (2005), segundo os autores, a *T. ciliata* é uma das poucas espécies decíduas australianas com potencial para ser utilizada em estudos dendroclimatológicos, pois passam por um período de dormência no câmbio, o que pode ser evidenciado pelos distintos anéis de crescimento. Através destes estudos podemos obter informações sobre o clima em determinadas datas e regiões.

#### **2.4 Variações nas propriedades da madeira e melhoramento genético**

Quando as espécies ocorrem naturalmente, em áreas ecológicas distintas, a seleção natural propicia o aparecimento de variações no florescimento, na resistência a determinados agentes climáticos, na velocidade de crescimento, na espessura da casca, e da mesma forma, nas propriedades da madeira (INSTITUTO DE PESQUISAS E ESTUDOS FLORESTAIS - IPEF, 1976).

Dentro de uma espécie, podem surgir variações genéticas devido à seleção natural ocasionada por pequenas diferenças adaptativas dentro de uma vasta área geográfica. Quando esta variação é acompanhada por um gradiente ambiental, ela é entendida como variação clinal, quando não há um gradiente e, sim, uma variação devido à especificação abrupta em determinado ambiente. Esta variação é chamada ecotípica.

Outra forma de variação apresentada pela madeira diz respeito a sua anatomia. Por ser um material de origem biológica, a madeira apresenta variabilidade em função dos tipos e conformação de células que possui, influenciando suas propriedades físicas e mecânicas.

A madeira apresenta variações internas dentro de um mesmo indivíduo, podendo ser expressas por diferenças entre o lenho inicial e lenho tardio; entre o cerne e o alborno; entre o lenho tardio e o lenho juvenil; lenhos de tração e compressão; entre as diferentes regiões da árvore (tronco, raízes, galhos); na direção medula-casca e na direção base-topo.

O melhoramento genético se interessa principalmente pela variação dentro de uma espécie que é normalmente constituída por um conjunto de populações locais, que variam em número e no padrão de distribuição espacial. A estrutura populacional de uma espécie, isto é, o conjunto de suas características genéticas e demográficas é resultado da ação e das interações de uma série de mecanismos evolutivos e ecológicos (MARTINS, 1987). Segundo Rosado e Carvalho (2001), estas variações podem ser exploradas por meio de testes conjuntos de procedência e progênie.

Na obtenção de madeira serrada de alta qualidade, várias estratégias devem ser utilizadas em conjunto, envolvendo etapas iniciadas no plantio até o processamento final da madeira. Neste contexto, a seleção e classificação de árvores (fenótipos) superiores, que forneçam material com baixa intensidade de defeitos deve ser estimulada nos programas de melhoramento, uma vez que a maioria dessas características apresenta elevada herdabilidade, o que poderá propiciar ganhos consideráveis (CAIXETA et al., 2002).

## **2.5 Propriedades físicas da madeira**

### **2.5.1 Umidade**

A madeira pode conter água dentro dos espaços vazios entre as paredes celulares, lumens, vasos, canais resiníferos, denominando-se água livre ou água capilar, outra forma de água encontrada na madeira corresponde a água de adesão, encontrada dentro da parede celular devido à atração intermolecular.

Segundo Oliveira et al. (2005), a determinação da umidade e de sua variação no tronco das árvores ou das peças de madeira são de extrema importância no seu desempenho e utilização. Os elevados gradientes de umidade da madeira constituem-se em uma das causas de defeitos de secagem, notadamente os caracterizados por empenamentos e fendilamentos. As informações relativas à distribuição da umidade no interior da madeira são de grande importância para segregação das peças em teores de umidade mais uniformes, de modo a facilitar a secagem, tanto no que diz respeito à minimização de defeitos, quanto à obtenção de menor variabilidade em torno da umidade média pretendida.

### **2.5.2 Densidade**

A densidade ou massa específica é a relação entre a massa e o volume. A densidade básica da madeira é reconhecida como um dos mais importantes parâmetros para avaliação da sua qualidade, por estar relacionada as suas demais características (SHIMOYAMA; BARRICHELLO, 1991 apud OLIVEIRA et al., 2005).

### 2.5.3 Instabilidade dimensional e anisotropia

A madeira quando é seca abaixo do ponto de saturação das fibras (PSF) tende a se contrair e esta contração ocorre de forma diferente em cada direção. Da mesma forma, à medida que a madeira ganha umidade na faixa abaixo do PSF, a mesma tende a se expandir. Segundo Rezende e Escobebo (1988), a variação dimensional da madeira em função da perda e do ganho de água é denominada retratibilidade, influenciada, principalmente, pela variação da umidade entre estado absolutamente seco (A.S. 0%) e o ponto de saturação das fibras (P.S.F. 30%).

As variações dimensionais se processam diferentemente nas direções da madeira. Panshin e Zeeuw (1970) afirmam que a maior alteração dimensional se manifesta na direção tangencial aos anéis de crescimento, seguida pela dimensão radial e, praticamente, desprezível na direção longitudinal.

Em função, principalmente, da orientação e da disposição das células, a madeira é um material anisotrópico, apresentando comportamento físico e mecânico diferente em cada um dos planos longitudinal radial, longitudinal tangencial e transversal (PFEIL; PFEIL, 2003). Segundo Galvão e Jankowsky (1985), a diferença entre a variação longitudinal e transversal é provocada pelo ângulo que as microfibrilas fazem com a direção axial da célula. Em relação à diferença entre a variação radial e transversal, três teorias são normalmente utilizadas para explicá-la, as quais consideram a influência dos raios, o efeitos do número de pontuações e a alternância entre os lenhos iniciais e tardios para explicar esta diferença.

De acordo com Durlo e Marchiori (1992), o coeficiente de anisotropia, definido pela relação entre as contrações tangencial e radial, é um importante índice para se avaliar a estabilidade dimensional da madeira.

## 2.6 Propriedades mecânicas da madeira

As propriedades mecânicas podem ser definidas como a expressão do comportamento mecânico da madeira quando submetida a uma força externa. A capacidade da madeira se opor à ruptura, ou deformação excessiva é chamada de resistência mecânica.

O esforço que uma peça de madeira pode suportar é afetado de forma expressiva pela direção da carga aplicada em relação à direção das fibras ou traqueóides, à duração da carga, da massa específica, da umidade e da temperatura da madeira (MORESCHI, 2005).

Segundo o mesmo autor, a madeira possui um comportamento mecânico elástico e plástico. A elasticidade é a propriedade que a madeira tem de retornar a seu estado inicial após a retirada de uma carga que provocou certa deformação, quando esta carga ultrapassa um ponto denominado limite elástico. As deformações são irreversíveis, seguidas pela ruptura do material.

O módulo de elasticidade representa a relação entre a tensão aplicada e a deformação sofrida pelo corpo de prova. Este é bastante variável e depende da espécie da madeira, da umidade e da direção da força à qual é submetida. O módulo de elasticidade é muito importante para o dimensionamento de peças que estarão sujeitas a esforços de flexão ou de compressão em colunas longas (PFEIL; PFEIL, 2003).

A rigidez dos materiais é medida pelo valor médio do módulo de elasticidade, determinado na fase de comportamento elástico-linear. A resistência é determinada convencionalmente pela máxima tensão que pode ser aplicada a corpos-de-prova isentos de defeitos, até o aparecimento de fenômenos particulares de comportamento além dos quais há restrição de emprego do material em elementos estruturais (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, 1997).

## **2.7 Rendimento de madeira serrada e qualidade da tora**

O rendimento volumétrico -- também chamado de coeficiente de serragem, coeficiente de transformação ou fator de rendimento -- é a relação entre o volume produzido de madeira serrada e o volume utilizado de madeira em forma de tora, expresso em porcentagem (STEELE, 1984).

Dentre os fatores que afetam o rendimento, estão as características da tora, das máquinas, do processo e os produtos alternativos que podem ser obtidos.

Segundo Wade et al. (1992), o rendimento de madeira serrada aumenta com o aumento do diâmetro das toras, porque o volume perdido com as costaneiras e aparas é menor em relação ao volume das mesmas. Porém, segundo Steele (1984), pode haver exceções, a exemplo de árvores muito velhas que possuem grande volume de material não saudável.

O rendimento de madeira serrada está diretamente relacionado às características da matéria-prima utilizada. Toras mais tortuosas, ou de formato irregular são potencialmente geradoras de maior quantidade de resíduos. Dentre as principais características responsáveis pela perda de rendimento, estão a medula excêntrica, grande quantidade de nodosidade, conicidade e bifurcação (ROCHA, 2001).

A conicidade se caracteriza pela diminuição excessiva do diâmetro da base para a copa da árvore. A conicidade é mais pronunciada em árvores isoladas, ou situadas às margens de povoamentos, além de ser uma característica natural de cada espécie (TIBÚRCIO, 2000). A conicidade varia de espécie para espécie, diminui com a idade da planta, sofre pouca influência genética e é maior na primeira tora, isto é, na base da árvore (PURNEL, 1988 apud SCANAVACA JUNIOR; GARCIA, 2003).

Segundo Grosser (1980), a conicidade influencia o rendimento em madeira serrada somente quando apresentar valores superiores a 1 cm/m para o diâmetro, ou 3 cm/m para a circunferência da tora.

Os encurvamentos são defeitos na forma do tronco, caracterizando-se por um desvio permanente do eixo do fuste, na maioria dos casos, sob a forma de curvas. Os encurvamentos tanto podem surgir de fatores genéticos, características da própria espécie, ou serem ocasionadas por influências externas. Os prejuízos causados pela tortuosidade dependem da forma e quantidade de curvaturas existentes. Este tipo de defeito repercute tanto no aproveitamento longitudinal, como transversal, conduzindo à obtenção de pequenas peças, ou excessivo seccionamento das toras (INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO FLORESTAL - IBDF, 1984).

A bifurcação é um defeito na forma do tronco, que consiste na sua dicotomia, formando dois troncos sobre a mesma base. Uma das consequências da bifurcação, ou aforquilhamento, é um baixo rendimento da madeira serrada.

Na obtenção de produtos de madeira serrada, o diâmetro dos nós assume uma importância decisiva. É possível manter o núcleo nodoso dentro de um diâmetro reduzido, aumentando-se a proporção de madeira com ausência de nós, por meio da prática de poda, ou desrama (TIBÚRCIO, 2000).

Para Hawley e Smith (1972), a presença de nós e a inclinação da grã são os fatores que mais reduzem o valor e a utilidade da madeira em povoamentos manejados.

De acordo com Caixeta et al. (2002), defeitos de formação como a presença de nós, veios de quino, a conicidade e o achatamento podem ser evitados com a melhoria dos tratamentos silviculturais.

As rachaduras de extremidade nas toras estão relacionadas às tensões de crescimento. Estudando *Eucalyptus urophylla* com 19 anos de idade, Scanavaca Júnior e Garcia (2003) não encontraram correlação do diâmetro com

as tensões de crescimento. Segundo os autores, a independência destas características permite a realização de seleção de indivíduos superiores baseada em produtividade e programas de melhoramentos para ambas as características simultaneamente ou independentemente.

## **2.8 Secagem da madeira**

A secagem natural pode ser acelerada com uso de vários métodos. Dentre estes, o método de secagem por meio de estufa convencional é o mais utilizado para folhosas (JANKOWSKY, 1995). Esta técnica visa à redução da umidade, objetivando levar a madeira ao ponto de utilização, geralmente na umidade de equilíbrio higroscópico.

Vários são os benefícios de secar a madeira, dentre os quais podemos citar:

- a) Redução da movimentação dimensional
- b) Redução dos riscos de ataque de fungos apodrecedores e manchadores
- c) Redução de custos no transporte
- d) Melhoria da trabalhabilidade
- e) Aumento da resistência mecânica
- f) Melhora as qualidades de colagem
- g) Melhora a fixação de pregos e parafusos
- h) Melhora as propriedades de isolamento acústico, elétrico e térmico.

A secagem em estufa convencional exige o estabelecimento de temperaturas e umidades relativas, controladas para que a madeira perca umidade gradualmente, constituindo o programa de secagem. Segundo Galvão e

Jankowsky (1985), programas de secagem são basicamente uma sequência previamente estudada de temperatura e umidade relativas, as quais visam à mais rápida redução possível da umidade da madeira, até um teor pré-determinado, com o menor número de defeitos possíveis.

Diversos fatores afetam o comportamento da madeira durante a secagem, tais como a densidade, a porcentagem de umidade inicial, o ângulo das fibrilas, entre outros (JANKOWSKY, 1995).

O processo de secagem pode gerar defeitos na madeira devido a tensões de secagem. Estes defeitos são basicamente:

- a) Empenamento longitudinal
- b) Torção
- c) Arqueamento
- d) Encanoamento
- e) Rachadura de topo
- f) Rachaduras de superfície

Outro defeito comum na secagem é denominado “colapso”, provocado pela brusca saída de água livre da madeira, surgindo como uma contração anormal e irregular, podendo parecer simplesmente uma contração excessiva. Em casos mais severos, a superfície da madeira apresenta depressões irregulares. Diferente dos outros defeitos citados acima, o colapso ocorre com a saída de água acima do Ponto de Saturação das Fibras (PSF).

### **3 MATERIAL E MÉTODO**

#### **3.1 Amostragem**

De forma aleatória, 21 árvores (origem desconhecida) foram abatidas em plantio localizado no município de Marechal Floriano – ES, cujas coordenadas aproximadas são 20°24'14 sul e 45°40'18 oeste, altitude de 530 m e precipitação média anual de 1572 mm. O plantio não possuía espaçamento fixo e as árvores não sofreram tratos culturais tais como poda e adubação durante o seu desenvolvimento.

As árvores foram seccionadas em toras com comprimento entre 2,30 a 3,30 metros e rotuladas. Em seguida, foram transportadas para Unidade Experimental de Desdobro e Secagem da Madeira (DCF-UFLA). Na sequência, uma foto (Figura 3) retrata as toras chegando à Unidade Experimental de Desdobro e Secagem da Madeira.



Figura 3 Toras chegando à unidade experimental de desdobro e secagem da madeira

### 3.2 Classificação das toras

Antes de serem desdobradas, as toras ficaram armazenadas no pátio (Figura 4) para serem classificadas, tendo sido realizadas as seguintes medições:

- a) Diâmetro, duas medidas no topo e duas na base
- b) Comprimento da tora
- c) Flecha e o comprimento da parte da tora atingido pelo encurvamento
- d) Desvio de grã
- e) Comprimento das rachaduras que atingem a base e o topo
- f) Diâmetro dos nós e protuberâncias
- g) Espessura da maior rachadura



Figura 4 Toras armazenadas no local de medição

A partir desses dados, foram obtidos o volume, achatamento, conicidade, encurvamento, inclinação da grã, rachadura de superfície, nós e protuberâncias, conforme a norma para medição e classificação de toras de madeiras de folhosas (IBDF, 1984).

Visando facilitar a comparação e interpretação dos resultados entre as árvores, a classificação foi realizada em função das médias dos defeitos, obtidas para cada árvore e não pelas toras individuais destas, sendo, então, qualificadas em uma das classes: superior (SU), primeira classe (I), segunda classe (II), terceira classe (III) e quarta classe (IV) em relação à forma e a sua superfície rolante, conforme descrito nos tópicos seguintes.

### 3.2.1 Classificação quanto à forma

Foram considerados, simultaneamente, o achatamento, a conicidade e o encurvamento, dentro dos critérios mostrados na Tabela 1.

Tabela 1 Critérios para classificação das árvores quanto a sua forma

ITEM	CLASSES				
	SU	I	II	III	IV
Achatamento	≥90%	≥80%	≥70%	≥60%	n.e
Conicidade	≤3%	≤3%	≤4%	n.e	n.e
Encurvamento	≤5%	≤5%	≤8%	≤8%	n.e

n.e – não especificado

Fonte: Adaptados de IBDF (1984)

### 3.2.2 Classificação quanto à superfície rolante

Características como a inclinação da grã, as rachaduras de superfície, nós e as protuberâncias foram consideradas simultaneamente, de acordo com os critérios apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 Critérios para classificação das árvores quanto a sua superfície rolante

ITEM	CLASSES				
	SU	I	II	III	IV
Inclinação da grã	≤3%	≤3%	≤10%	≥20%	n.e
Rachaduras de superfície	≤5%	≤10%	≤20%	≤30%	≤40%
Nós e protuberancias	≤3%	≤3%	≤6%	≤10%	≤15%

n.e – não especificado

Fonte: Adaptados de IBDF (1984)

### 3.3 Processamento primário da madeira

Uma serra de fita foi utilizada para o desdobro, Figura 5, regulando-se a espessura das tábuas para 25 milímetros. As tábuas foram retiradas por sucessivos cortes tangenciais.



Figura 5 Desdobro das toras em serra de fita

As tábuas receberam marcação incluindo o número da árvore e da tora, além da região que era retirada, foram então caracterizadas como:

- a) Externa : Tábuas retiradas logo após a retirada da costaneira
- b) Intermediárias : Todas as tábuas entre a externa e a central
- c) Central : Última tábua retirada próxima à medula

### **3.4 Determinação e classificação dos defeitos ocorridos após o desdobro**

As tábuas foram então medidas para o cálculo do rendimento e avaliação dos defeitos que ocorrem principalmente pela liberação das tensões de crescimento. Ao final do desdobro, foram realizadas as seguintes medidas:

- a) Comprimento
- b) Largura em três pontos
- c) Espessura em três pontos
- d) Comprimento das rachaduras que atingem a extremidade
- e) Comprimento das rachaduras superficiais
- f) Flecha causada por encurvamento.
- g) Flecha causada por encurvamento lateral.
- h) Flecha causada pelo encanoamento
- i) Torção

Obtidas as medidas, os seguintes defeitos foram calculados utilizando a metodologia proposta nos trabalhos de Santos (2008) e Gonçalves (2009):

- a) Rachaduras de topo (RT)
- b) Rachadura de superfície (RS)
- c) Encurvamento (Ecv)
- d) Arqueamento (Arq)
- e) Encanoamento (Enc)

Os defeitos foram avaliados quanto à intensidade, segundo a Tabela 3, proposta por Santos (2008).

Tabela 3 Critérios para classificação da intensidade dos defeitos nas tábuas recém-desdobradas e após a secagem

Defeitos	Intensidade	
	Leve	Forte
Arqueamento (mm/m)	$\leq 5$	$\geq 5$
Encanoamento (mm/m)	$\leq 4$	$\geq 4$
Encurvamento (mm/m)	$\leq 5$	$\geq 5$
Rachaduras (%)	$\leq 10$	$\geq 10$

Fonte: Santos (2008)

### 3.5 Secagem

Após medidas, as tábuas foram secas em estufa convencional (Figura 6), com a utilização de um programa de secagem (Tabela 4), sugerido por um software criado por Verril e Simpson (2010).

Tabela 4 Programa de secagem para *T. cilata*

Fase	Umidade	Umidade de Equilíbrio	UR %	T °C Bulbo Seco	T °C Bulbo Úmido
1	Acima 50	14.4	81	54.4	50.6
2	50 a 40	12.3	74	54.4	48.9
3	40 a 35	9.9	63	54.4	46.1
4	35 a 30	7.1	44	54.4	40.6
5	30 a 25	4.4	26	60.0	37.8
6	25 a 20	3.2	19	65.6	37.8
7	20 a 15	3.4	22	71.1	43.3
8	15 à umidade final	3.6	26	82.2	54.4

Fonte: Adaptado de Verril e Simpson (2010)

Todas as medições citadas no tópico 3.4 foram refeitas. Os pranchões centrais resultantes do processamento foram também secos, porém não foram avaliados quanto aos defeitos de secagem.



Figura 6 Secagem em estufa convencional

### 3.6 Determinação das propriedades físicas e mecânicas

Os corpos de prova para os ensaios físicos e mecânicos foram retirados por uma amostragem feita nos pranchões centrais, Figura 7a, na qual foram utilizados 2 pranchões por árvore. Os pranchões foram transformados em peças menores, com dimensões aproximadas de 25 x 25 mm e comprimento variável. A partir destas peças, foram retirados os corpos de prova, Figura 7b.

Com a finalidade de avaliar a variação do comportamento físico e mecânico em diferentes posições na direção medula-casca, os corpos de prova recebiam anotações a respeito de sua região, sendo:

- a) Externo
- b) Intermediários
- c) Central



Figura 7 a) Pranchões centrais no Laboratório de Usinagem da Madeira (DCF/UFLA); b) Confeção dos corpos de prova a partir das ripas

### 3.6.1 Determinação das contrações e densidade da madeira

Os pranchões foram levados ao Laboratório de Usinagem da Madeira (DCF/UFLA), onde foram seccionados com auxílio de uma serra circular em peças menores, das quais foram retirados os corpos-de-prova para o ensaio de retratibilidade e densidade nas dimensões aproximadas de 25 x 25 x 25 mm.

Foram medidas as dimensões nas direções tangencial e radial dos corpos de prova saturados em que utilizando um paquímetro digital com precisão de 0,01 mm, também foi obtida a massa úmida. Os corpos de prova foram então levados à estufa na temperatura de  $105 \pm 3^\circ\text{C}$  até ficarem com massa constante. Após secos, foi obtida a massa seca e remedidos com paquímetro. De posse dos dados foi utilizada a equação para determinação das propriedades físicas.

As contrações nas direções radial e tangencial foram determinadas utilizando-se a Equação 1.

$$C = \left[ \frac{(L_i - L_f)}{L_i} \right] * 100 \quad (1)$$

em que:

$C$  - Contração

$L_i$  - Dimensão com a amostra saturada

$L_f$  - Dimensão com a amostra absolutamente seca

O coeficiente de anisotropia, que é a relação entre a contrações tangencial e radial, foi determinado utilizando-se a Equação 2.

$$\Phi = \frac{C_{tg}}{C_{radial}} \quad (2)$$

em que:

$\Phi$  - Coeficiente de anisotropia

A densidade básica -- a relação entre a massa seca e o volume verde -- foi determinada utilizando-se a Equação 3:

$$D_b = \frac{Ms}{Vv} \quad (3)$$

em que:

$D_b$  = Densidade básica

$Ms$  = Massa seca

$Vv$  = Volume verde

### 3.6.2 Ensaio mecânicos

As dimensões dos corpos de prova e a realização dos ensaios de compressão paralela às fibras e flexão estática seguiram recomendações descritas na norma ASTM D 143 – 94 (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS - ASTM, 2000). Por meio destes ensaios, foram obtidos os parâmetros para avaliação do comportamento mecânico desta madeira. Sendo:

- a) módulo de elasticidade no ensaio de compressão paralela às fibras, Figura 8;
- b) módulo de elasticidade no ensaio de flexão estática;

- c) resistência à compressão;
- d) módulo de ruptura no ensaio de flexão estática.



Figura 8 Ensaio de compressão paralela às fibras segundo a ASTM D 143 – 94, no Laboratório de Propriedades Físicas e Mecânicas da Madeira

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Classificação de toras

As médias e os respectivos coeficientes de variação para achatamento, conicidade e encurvamento estão expressos na Tabela 5.

Tabela 5 Valores médios e coeficiente de variação para alguns defeitos relativos à forma observados

Árvore	Achatamento (%)	CV (%)	Conicidade (%)	CV (%)	Encurvamento (%)	CV (%)
1	93,6	4,4	1,5	0,9	1,1	30,4
2	87,6	7,7	1,8	0,5	2,5	85,7
3	85,1	16,2	3,1	2,1	1,3	25,9
4	80,8	8,5	1,3	1,4	3,0	51,8
5	86,8	4,1	1,1	0,6	2,1	12,7
6	89,3	3,3	1,5	0,6	2,8	51,0
7	89,4	3,5	1,4	1,0	1,9	55,9
8	88,9	3,9	1,8	1,0	3,9	36,4
9	87,7	10,4	1,8	0,5	2,2	27,2
10	86,7	8,8	1,4	0,6	2,4	49,7
11	87,4	9,0	1,7	1,3	2,2	74,6
12	85,9	5,8	1,5	0,5	1,8	55,5
13	90,0	6,1	1,4	0,3	3,0	60,6
14	93,6	5,6	1,9	1,0	3,6	31,8
15	86,8	7,9	0,9	0,8	2,5	50,4
16	88,5	7,5	1,1	0,4	2,3	64,9
17	82,6	6,5	2,7	2,0	3,5	23,8
18	86,6	1,3	0,9	1,3	2,6	36,8
19	80,6	15,4	1,5	1,6	1,3	45,5

“Tabela 5, conclusão”

Árvore	Achatamento (%)	CV (%)	Conicidade (%)	CV (%)	Encurvamento (%)	CV (%)
20	87,8	12,0	1,1	0,7	3,3	36,7
21	88,5	5,8	1,1	0,8	3,2	50,8
Média	87,3	3,6	1,6	17,4	2,5	45,6

CV – Coeficiente de variação

De acordo com as normas do (IBDF, 1984), que classifica as toras pelas suas características, são consideradas como superiores aquelas que apresentam achatamento igual ou superior a 90%, conicidade igual ou inferior a 3% e encurvamento igual ou inferior a 5%. Considerando estas três características de qualidade simultaneamente, somente as árvores de número 1, 13 e 14 produzem toras cujos valores médios as classificam como superiores. Nessa mesma metodologia de classificação, todas as outras árvores são classificadas na classe I.

Segundo Scanavaca Júnior e Garcia (2003), quando a árvore é jovem, ela é mais cônica e se torna mais cilíndrica com o aumento da idade. Neste contexto, e considerando os dados apresentados na Tabela 5, pode-se supor que árvores de *T. ciliata* na idade analisada de 18 anos já apresentam padrões de forma dentro de limites considerados superiores ou de primeira classe. Essas considerações têm importância de ordem prática, seja dentro contexto do manejo florestal, envolvendo práticas de desbaste, ou de corte final.

Do ponto de vista do melhoramento genético, visando à melhoria da forma das árvores e, conseqüentemente, do rendimento de desdobra da madeira, deve-se considerar a idade de 18 anos, ou superior, como ideais para a seleção. Embora outros estudos com idade de avaliação em árvores mais jovens possam indicar a realização de seleções genéticas mais precoces.

Comparando os valores de conicidade apresentados para *Eucalyptus*, classificados na forma superior (FERREIRA et al., 2004; SCANAVACA JÚNIOR; GARCIA, 2003; VALE et al., 2002) com os valores de *T. ciliata* apresentados na Tabela 5, pode-se verificar que várias árvores já se classificam na referida categoria de forma. Considerando que a população de *T. ciliata* estudada não foi manejada e nem geneticamente melhorada, pode-se esperar que práticas adequadas de manejo e de seleção podem reduzir a conicidade das árvores, tornando-as mais apropriadas para a utilização industrial.

Na Tabela 6 são apresentados os valores obtidos para nós e protuberâncias, rachaduras superficiais e inclinação da grã.

Tabela 6 Valores médios e respectivos coeficientes de variação para os defeitos de árvores de *T. ciliata*

Árvore	Inclinação do grã (%)	CV (%)	Nós e protuberâncias (%)	CV (%)	Rachaduras Superficiais (%)	CV (%)
1	4,5	83,7	11,5	74,8	11,4	69,2
2	2,0	115,5	17,2	104,9	2,2	78,4
3	1,4	62,8	22,4	101,1	6,9	64,4
4	2,9	98,6	11,5	153,3	4,0	120,0
5	3,1	81,7	12,7	91,2	4,7	75,8
6	6,0	22,8	13,7	62,7	7,8	52,2
7	4,4	96,8	7,9	68,4	1,6	115,5
8	4,6	74,4	6,4	120,2	8,0	75,3
9	1,0	76,6	4,7	152,5	14,6	31,1
10	2,6	94,6	10,7	53,6	3,9	117,1
11	2,4	113,1	10,0	104,3	3,7	107,1
12	4,6	57,9	12,2	64,6	9,5	26,2
13	3,3	68,7	14,7	108,3	2,8	86,5
14	5,3	86,8	5,3	87,0	8,7	46,0
15	2,0	89,1	9,8	69,1	2,8	173,2

“Tabela 6, conclusão”

Árvore	Inclinação do grão (%)	CV (%)	Nós e protuberâncias (%)	CV (%)	Rachaduras Superficiais (%)	CV (%)
16	2,3	162,9	12,9	94,3	5,0	111,7
17	3,7	76,3	12,5	58,3	5,2	86,9
18	3,1	34,7	6,0	79,8	4,8	80,0
19	4,1	104,6	14,8	80,1	16,4	35,3
20	3,8	73,9	12,1	49,8	12,7	99,7
21	3,5	84,0	7,1	116,3	5,8	70,6
Média	3,4	83,8	11,2	90,2	6,8	82,0

Seguindo a classificação proposta pela norma (IBDF, 1984), considerando simultaneamente os defeitos apresentados na Tabela 6, as árvores de número 9, 14 e 18 foram enquadradas como de segunda classe. As de número 15, 11, 7, 8 e 21 foram enquadradas na terceira classe e o restante das árvores foi enquadrado na quarta classe.

A grande presença de nós e protuberâncias foi o defeito mais pronunciado apresentado pelas árvores. Este defeito restringiu o enquadramento das árvores dentro de classes de qualidade inferior. Segundo a norma IBDF (1984), somente toras cujos valores são inferiores a 3 % para esta característica podem pertencer à classe superior e à primeira classe.

Uma observação importante é que o plantio não foi conduzido de forma adequada para gerar produtos para serraria. Assim, a presença intensa de nós e protuberâncias poderia ser minimizada utilizando-se a operação de desrama. A desrama artificial é realizada com o intuito de aumentar a qualidade do produto final, obtendo-se madeira limpa, em partes do tronco, que de outra forma só produziriam material de qualidade inferior (VALE et al., 2002).

Para eucalipto, o autor supracitado relatou valores de nós e protuberância inferiores a 3% para híbridos de *E. urophylla* e *E. Camaldulensis*, mesmo sem a utilização de desrama natural.

Os defeitos de inclinação da grã e rachaduras de superfície não foram determinantes para o enquadramento das árvores nas classes inferiores. Se não fosse a consideração dos defeitos nós e protuberâncias na classificação, ou seja, considerando apenas a inclinação da grã e rachaduras de superfície simultaneamente, as árvores de número 2, 4, 10, 11, 15 e 16 seriam consideradas de classe superior, a árvore 3, de primeira classe e o restante, de segunda classe. Assim, medidas e técnicas de manejo e melhoramento genético devem ser aplicadas para reduzir os defeitos de nós e protuberâncias.

A seguir, os valores médios obtidos para espessura da rachadura superficial são apresentados na Tabela 7 .

Tabela 7 Valores médios da espessura da rachadura superficial

Árvore	Espessura da rachadura superficial (mm)	CV (%)
1	4.96	36,6
2	2.43	37,6
3	3.19	22,0
4	1.91	53,8
5	1.96	26,9
6	2.94	49,3
7	2.54	5,0
8	3.06	43,4
9	3.31	17,8
10	2.37	28,6
11	2.48	39,8
12	5.02	39,8
13	1.96	17,2
14	4.73	48,0
15	2.87	66,7
16	2.26	38,5

“Tabela 7, conclusão”

Árvore	Espessura da rachadura superficial (mm)	CV (%)
17	2.70	35,9
18	1.81	20,8
19	5.22	56,5
20	5.35	64,4
21	2.84	21,5
Média	3.14	36,7

A espessura média das rachaduras foi de 3,14 mm com um coeficiente de variação médio de 36,7%. Para *Eucalyptus spp.*, Ferreira et al. (2004) verificou uma média de 0,97 mm para os clones estudados. Scanavaca Júnior e Garcia (2003) não encontraram correlações entre as rachaduras das toras com as rachaduras nas peças serradas, indicando que estas não são uma boa característica para a seleção de árvores para serraria.

#### 4.2 Processamento primário da madeira

A seguir, o volume e a quantidade de toras obtidas por árvore amostrada são apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 Volume e número de toras por árvore

Árvore	Quantidade de toras	Volume total (m <sup>3</sup> )	Diâmetro médio das toras (cm)	Comprimento médio das toras (cm)
1	4	0,7560	30,3	297,8
2	4	0,8048	30,6	283,0
3	4	0,9215	33,9	284,3
4	4	1,3580	38,5	308,0

“Tabela 8, conclusão”

Árvore	Quantidade de toras	Volume total (m <sup>3</sup> )	Diâmetro médio das toras (cm)	Comprimento médio das toras (cm)
5	4	0,9883	35,3	275,0
6	5	1,1733	32,8	296,6
7	4	0,6704	21,0	263,3
8	4	0,8824	30,5	247,0
9	5	1,6197	34,2	299,2
10	4	0,5647	21,4	265,3
11	6	1,4526	24,3	277,7
12	5	1,3897	35,1	295,0
13	3	0,5562	28,3	302,3
14	3	0,7580	33,1	281,0
15	3	0,4854	29,4	277,3
16	4	0,4945	23,4	266,3
17	3	0,6459	22,0	280,3
18	3	0,5127	30,7	277,0
19	3	0,7359	28,4	294,0
20	3	0,4654	24,8	277,7
21	4	0,5007	20,4	258,8
Total geral	82	17,7362	-	-
Média geral	3,9	0,8446	29,1	281,5

Pela Tabela 8, observa-se que a árvore com maior volume foi a árvore 9, com 1,6197 m<sup>3</sup>, a que apresentou menor volume foi a árvore 20, de 0,4654 m<sup>3</sup>. Em média, foram encontradas 3,9 toras/árvore e um volume de 0,8446 m<sup>3</sup>, com alto coeficiente de variação. A árvore 4 foi a que obteve os maiores valores médios para diâmetro e comprimento, de 38,5 e 308 cm respectivamente. Em contraste, a árvore 21 foi a que apresentou os menores valores médios para diâmetro e comprimento, de 20,4 e 258,8 cm respectivamente.

#### 4.2.1 Rendimento de madeira serrada

O rendimento de madeira serrada para o cedro australiano foi consideravelmente alto, conforme mostra a

9, sendo o menor valor, de 52%, para a árvore 14 e o maior, de 67%, para a árvore 16.

Tabela 9 Rendimento e volume dos produtos

Árvore	Volume das toras (m <sup>3</sup> )	Volume de tábuas (m <sup>3</sup> )	Volume dos Pranchões ( m <sup>3</sup> )	Rendimento (%)
1	0,7560	0,2389	0,1875	56
2	0,8048	0,2875	0,1586	55
3	0,9215	0,4607	0,1533	67
4	1,3580	0,6326	0,2032	62
5	0,9883	0,4255	0,1609	59
6	1,1733	0,5268	0,1854	61
7	0,6704	0,2070	0,1767	57
8	0,8824	0,3881	0,1124	57
9	1,6197	0,8219	0,2559	67
10	0,5647	0,2159	0,1322	62
11*	1,1700	0,5062	0,2342	62
12	1,3897	0,6766	0,2501	67
13	0,5562	0,2266	0,1197	62
14	0,7580	0,2406	0,1540	52
15	0,4854	0,2071	0,1219	68
16	0,4945	0,1908	0,1405	67
17	0,6459	0,2852	0,1247	63
18	0,5127	0,1497	0,1372	56

“Tabela 9, conclusão”

Árvore	Volume das toras (m <sup>3</sup> )	Volume de tábuas (m <sup>3</sup> )	Volume dos Pranchões ( m <sup>3</sup> )	Rendimento (%)
19	0,7359	0,2840	0,1550	60
20	0,4654	0,1290	0,1203	54
21	0,5007	0,1394	0,1643	61
Total	17,4540	7,3095	3,4479	62

Obs: A árvore 11 teve uma tora retirada para laminação que foi desconsiderada no cálculo do rendimento, foi considerado um volume adicional de 0,0696 m<sup>3</sup>, no volume total de tábuas devido às tábuas que perderam a identificação

O rendimento baseado no total do material foi de 62 %. Este valor não corresponde à afirmação de Rocha e Tomaselli (2001) que mencionam o rendimento em folhosas variando de 45% a 55%.

Vários autores têm constatado um rendimento abaixo de 60% para espécies do gênero *Eucalyptus*. Estudando a influência de diferentes métodos de desdobro em clones de *Eucalyptus spp.*, Ferreira et al. (2004) encontraram rendimentos entre 25% e 54,6%, as árvores tinham entre 7,5 e 13,5 anos de idade. Carpinelli (2002) encontrou rendimentos entre 44,1 % e 57,8% para toras entre 17 e 20 cm de diâmetro. Santos (2008) encontrou um rendimento médio de 37,7%, utilizando árvores com 10 e 11 anos e diâmetro médio de 17,55 cm.

Fazendo uma comparação dos resultados do presente trabalho com o trabalho de Murara Júnior et al. (2005), tem-se um indicativo de que o rendimento do cedro australiano é maior que o de *Pinus taeda*. Os autores avaliaram o rendimento de madeira serrada para *Pinus taeda* para duas metodologias de desdobro. As toras tinham entre 18 e 44 cm de diâmetro e o rendimento de madeira variou de 35,24% a 63,04%. No presente estudo, a média de rendimento foi de 61%, com baixo coeficiente de variação 7,71%.

O alto valor em rendimento de madeira serrada encontrado para a *T. ciliata* pode ser atribuído ao diâmetro das toras. Ao estudar técnicas de desdobro em serrarias que utilizam toras com pequenos diâmetros, Vianna Neto (1984)

concluiu que o rendimento de madeira serrada aumentou de acordo com o aumento no diâmetro das toras utilizadas e que a qualidade da matéria-prima pode influenciar, em até 70%, no êxito da obtenção de um ótimo rendimento.

Em relação ao rendimento pós-secagem, houve uma perda de 2,2 % no volume de tábuas, o que é atribuído, principalmente, ao agalgamento e destopamento das tábuas.

### 4.3 Classificação dos defeitos ocorridos na madeira serrada

Após o desdobro, foram observados defeitos nas tábuas principalmente devido à liberação das tensões de crescimento. A seguir, na Tabela 10, são apresentados os resultados obtidos para as rachaduras de topo, rachaduras superficiais, encurvamento, encanoamento e arqueamento. Estes resultados serão expressos em termos médios por árvore, ou seja, a média dos valores obtidos entre as tábuas de cada árvore.

Tabela 10 Valores médios encontrados para os principais defeitos ocorridos nas tábuas após o desdobro. Rachaduras de topo (RT), rachaduras superficiais (RS), encurvamento (Ecv), encanoamento (Enc), arqueamento (Arq)

Ávore	RT (%)	RS (%)	Ecv (mm/m)	Enc (mm/m)	Arq (mm/m)
1	15,9	5,2	9,4	2,7	4,1
2	9,7	0,6	3,7	1,9	3,3
3	10,6	0,7	4,7	3,5	2,3
4	9,8	2,5	3,7	2,7	2,5
5	7,2	0,9	3,5	4,0	2,7
6	9,8	1,1	4,6	3,3	2,9
7	4,8	0,4	7,2	9,6	1,9
8	6,1	1,3	4,3	4,9	3,3
9	18,8	0,5	3,5	0,9	3,2

“Tabela 10, conclusão”

Ávore	RT (%)	RS (%)	Ecv (mm/m)	Enc (mm/m)	Arq (mm/m)
10	3,9	0,2	4,3	4,6	2,7
11	11,4	0,3	3,0	3,2	3,0
12	14,2	0,8	4,8	2,3	2,4
13	4,9	2,8	4,4	3,4	1,9
14	7,7	1,5	3,7	5,1	3,3
15	11,4	1,0	5,4	3,2	2,3
16	2,4	1,7	2,4	2,7	1,4
17	10,1	0,5	3,8	2,7	3,2
18	10,0	2,1	3,8	5,6	3,5
19	20,9	0,9	6,0	3,4	3,9
20	12,1	1,5	6,7	9,7	3,2
21	22,5	3,1	6,3	7,9	6,1
Média geral	10,7	1,4	4,7	4,2	3,0

O valor médio de RS é considerado de forte intensidade. Entretanto, foram verificados valores inferiores ao limite (10%) para a maioria das árvores estudadas, sendo, neste caso, verificados de leve intensidade. Este defeito foi verificado para todas as árvores. A árvore 16 foi a que apresentou menor intensidade do defeito, de 2,43%. Gonçalves (2009) estudando árvores de *Toona ciliata* com idade entre 2 a 5 anos de idade encontrou valores bem inferiores, entre 0 e 9%, aos valores encontrados neste trabalho. Vários autores mencionam este defeito para tábuas de *Eucalyptus*. Santos (2008) estudando clones com 10 e 11 anos de idade encontrou uma média de 14,79%. Crêspo (2000), Del Menezzi (1999) e Ferreira et al. (2004) obtiveram valores médios de 18,9 %, 27,3%, 16,2%. Isto é um indicativo que a *Toona ciliata* produz tábuas com menor intensidade deste defeito que as tábuas obtidas de *Eucalyptus*.

O valor médio e os valores individuais de RS são considerados de leve intensidade, as rachaduras superficiais presentes nas tábuas ocorreram principalmente na presença de fungos. No trabalho de Gonçalves (2009), as rachaduras superficiais só apareceram após o processo de secagem.

Para a maioria das árvores estudadas, o ECV médio geral e o valor do encurvamento foram considerados de leve intensidade. Em aproximadamente 30% das árvores estudadas, este valor foi considerado de forte intensidade. Gonçalves (2009) obteve valores de ECV de forte intensidade para aproximadamente 45% das árvores estudadas.

O Enc médio observado na Tabela 10 é considerado de forte intensidade. De acordo com esta Tabela é possível observar que 12 das 21 árvores apresentaram leve intensidade deste defeito. As outras 9 árvores apresentaram valores acima do limite de 4 mm/m, sendo consideradas de forte intensidade. Este é um defeito avaliado principalmente após o processo de secagem. No entanto, devido ao tempo gasto para a medição dos defeitos e à rápida secagem do material, foi possível observar o Enc na primeira medição após o desdobro. Gonçalves (2009), trabalhando com a mesma espécie, somente verificou a ocorrência de Enc na medição após o processo de secagem.

O Arq médio e o valor do arqueamento para maioria das árvores são considerados de leve intensidade. Somente para a árvore 21 este valor ficou acima do limite de 5 mm/m.

#### **4.3.1 Classificação da madeira serrada após a secagem**

Após o processo de secagem ter-se completado, a média geral das rachaduras de topo aumentou em 1,4%. Este valor é muito baixo se considerarmos que é durante o processo de secagem que ocorrem as contrações na madeira e as conhecidas tensões de secagem.

Para o encurvamento, foi observada uma redução de 1,11% na média. A mesma tendência ocorreu para 20 das 21 árvores estudadas. Santos (2008) observou este comportamento para um dos clones de *Eucalyptus* estudados. O fato de as tábuas apresentarem menor intensidade deste defeito após o processo

de secagem ter-se completado pode ser atribuído ao uso de um bom programa de secagem com a utilização de uma etapa de umidificação durante o processo, ao empilhamento adequado e à colocação de pesos em cima da pilha de secagem.

O encanoamento teve comportamento diferente nas árvores estudadas. Em 13 delas, foi observado um aumento na magnitude deste defeito, enquanto nas outras 8 ocorreu redução. A média desse defeito reduziu em 0,51% em relação à medição pós-desdobro.

Para o arqueamento, ocorreu uma tendência constante em todas as árvores. Todas elas apresentaram maior magnitude deste defeito após a secagem, a média geral aumentou 2,97% em relação à primeira medição.

Não foram observadas diferenças nos valores de rachadura superficial após o processo de secagem.

#### 4.3.2 Apresentação dos defeitos em relação à posição de retirada das tábuas

A seguir, no Gráfico 1, apresenta-se o comportamento das rachaduras de topo após o desdobro e após a secagem, em relação à sua posição no tronco.

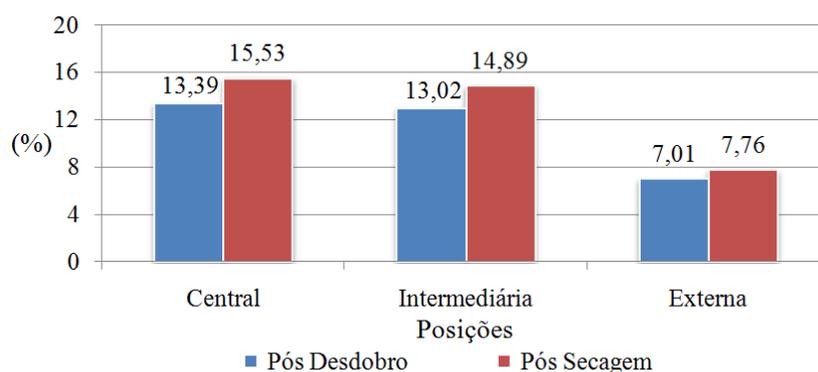


Gráfico 1 Comportamento das rachaduras de topo nas diferentes posições, antes e após a secagem

Analisando as posições na direção medula casca podemos verificar que as rachaduras de topo são mais expressivas nas tábuas oriundas da parte intermediária e central da tora, o que deve ter ocorrido devido, principalmente, à presença de madeira juvenil e medula. Outro ponto interessante é que a variação ocorrida nas medições pós-desdobro e pós-secagem foram inferiores às variações que ocorreram entre as posições na direção medula-casca.

A seguir, no Gráfico 2, é apresentado o comportamento do encurvamento após o desdobro e após a secagem, em relação à sua posição no tronco.

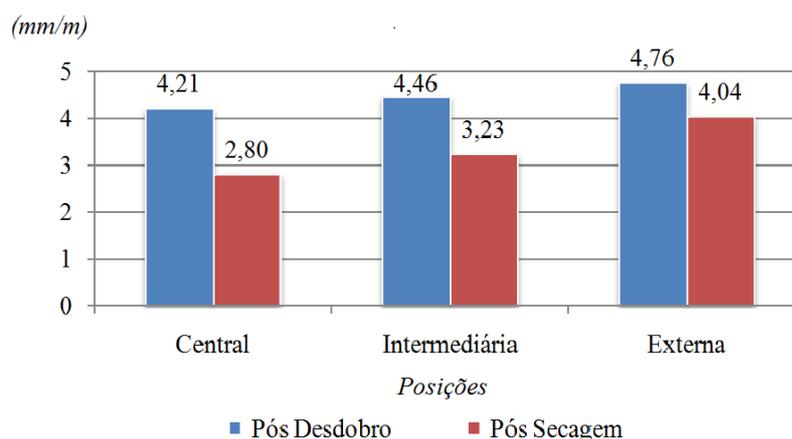


Gráfico 2 Comportamento do encurvamento nas diferentes posições, antes e após a secagem

Para o encurvamento, é possível verificar uma tendência de aumento de magnitude nos defeitos na direção medula-casca. Na verdade, o que parece ocorrer, é que as tábuas oriundas da parte externa são menos susceptíveis à rachadura. No entanto, devido à liberação tensões de crescimento e secagem, estas tábuas encurvam.

A seguir, no Gráfico 3, é apresentado o comportamento do encanoamento após o desdobro e após a secagem, em relação a sua posição no tronco.

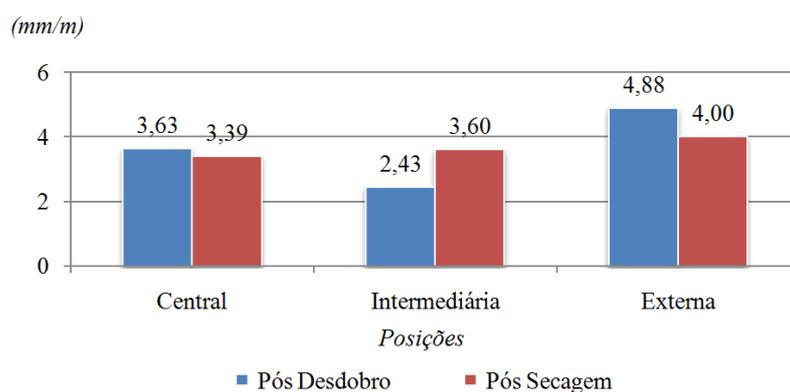


Gráfico 3 Comportamento do encanoamento nas diferentes posições, antes e após a secagem

Para o encanoamento, parece ocorrer o mesmo comportamento observado para o encurvamento, exceto para as tábuas oriundas da parte intermediária da tora.

A seguir, no Gráfico 4, é apresentado o comportamento do arqueamento após o desdobro e após a secagem, em relação a sua posição no tronco.

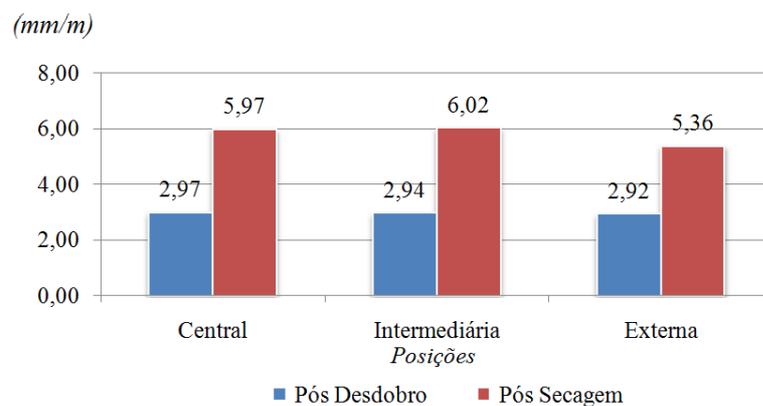


Gráfico 4 Comportamento do arqueamento nas diferentes posições, antes e após a secagem

O arqueamento apresentou a mesma tendência observada para as rachaduras de topo. No entanto, sua variação foi mais expressiva entre as medições pós secagem e pós desdobro que entre as posições na direção medula-casca.

#### 4.4 Densidade básica ( $D_b$ )

A seguir, no Gráfico 5, é apresentada a variação de densidade básica obtida entre as diferentes árvores de *T. ciliata* estudadas.

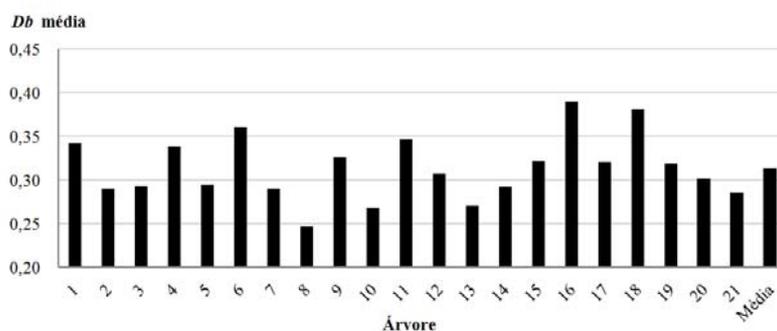


Gráfico 5 Variação da densidade entre árvores de *Toona ciliata*, em plantios com 18 anos de idade

A média geral obtida neste trabalho foi de  $0,314 \text{ g/cm}^3$ , com um coeficiente de variação próximo de 12%. Trabalhando com árvores entre 18 e 20 anos de idade, Pereyra et al. (2006) encontraram a densidade básica de  $0,337 \text{ g/cm}^3$  e Ziech (2008) encontrou o valor de  $0,306 \text{ g/cm}^3$  para densidade básica média, em plantios com 4 anos de idade. Os valores encontrados nestes trabalhos sugerem que um aumento na idade provoca um aumento na densidade básica da madeira. Contudo, essa variação ocorre lentamente. Essa verificação foi observada primeiramente por Gonçalves (2009) que utilizou árvores de 2 e 5 anos de idade, encontrando a densidade média de  $0,270 \text{ g/cm}^3$ . De acordo com Bygrave e Bygrave (2005), árvores de *Toona ciliata* adultas atingem uma média de  $0,450 \text{ g/cm}^3$  quando seca. Neste caso, o autor se refere à densidade aparente, onde se considera o volume seco.

Um fator de importância para o melhoramento genético é a variação apresentada no Gráfico 5, considerando os trabalhos de Otegbeye e Kellison (1980) e Sturion (2008), em que a densidade básica possui alta herdabilidade, pode-se supor que entre árvores de um plantio de sementes pode-se usar técnicas de melhoramento a fim de obter materiais com densidade básica adequada para determinado uso.

A seguir, na Tabela 11, são apresentadas as médias de densidade básica por região na direção medula-casca para as 21 árvores de *T. ciliata* estudadas.

Tabela 11 Variação da densidade básica na direção medula-casca

Região	Densidade básica média (g/cm <sup>3</sup> )	Coefficiente de Variação (%)
Externa	0,328	14
Intermediária	0,313	8
Central	0,298	23
Média Geral	0,314	15

Pode-se observar que a densidade variou com a região, sendo maior nas porções externas do fuste e menor nas porções centrais. Autores como Oliveira et al., (2005), Rezende e Ferraz (1985) e Tomazello Filho (1985) evidenciam o mesmo comportamento para várias espécies de eucalipto.

Dentre as árvores amostradas, a de número 16 foi a que apresentou a maior média de densidade básica (0,391 g/cm<sup>3</sup>). Entretanto, foi a que apresentou maior variação, indicando menor homogeneidade na direção radial. A menor média foi encontrada na árvore 8 (0,247 g/cm<sup>3</sup>), o coeficiente de variação encontrado para árvore 13(2%) indica uma menor variabilidade nas amostras e consequente maior homogeneidade na direção radial.

Do ponto de vista de uma possível seleção massal visando a um aumento da densidade, as árvores selecionadas seriam as de número 6, 16 e 18.

#### 4.5 Estabilidade dimensional

A seguir, na Tabela 12, é apresentada com os valores médios das contrações na direção radial e tangencial, para cada árvore estudada.

Tabela 12 Variação média da contração entre árvores de *Toona ciliata*, em plantios com dezoito anos de idade

Árvore	Contração Radial (%)	CV (%)	Contração Tangencial (%)	CV (%)
1	3,57	24	10,24	24
2	3,35	18	8,56	34
3	3,23	22	10,88	22
4	3,08	32	8,53	19
5	5,13	41	8,32	27
6	3,59	45	5,44	15
7	2,46	33	5,37	26
8	2,40	12	8,71	5
9	3,35	18	7,24	5
10	3,17	30	5,48	15
11	4,45	36	7,36	28
12	3,89	53	9,07	23
13	2,18	18	8,12	17
14	3,25	15	8,84	18
15	2,25	30	7,17	14
16	3,22	15	5,49	14
17	2,55	15	7,80	10
18	2,40	10	6,63	7
19	3,30	25	7,25	11
20	2,97	30	8,48	16
21	3,80	7	8,42	11
Média Geral	3.22	25	7.78	17

CV – Coeficiente de variação

A contração média geral foi de 3,22 % para a direção radial, com CV médio de 23 %, e de 7,78 % para a direção tangencial, com CV médio de

19,49 %. Os valores médios estão dentro do que é encontrado na literatura para a maioria de espécies, porém diferem do que é relatado por Bygrave e Bygrave (2005) de aproximadamente 2% para radial e 4 % para tangencial. Ziech (2008) encontrou os valores de 0,71 %, 2,8%, e 8,01% para a contração axial, radial e tangencial, respectivamente, sendo os valores das contrações tangenciais e radiais próximos aos encontrados neste trabalho.

Os valores individuais para contração tangencial e radial encontram-se de acordo com que é encontrado para a maioria das espécies. A árvore que obteve a maior contração média radial foi a árvore 5 (5,13 %) e a maior média tangencial foi de 10,88% (árvore 3). Essas características são indesejáveis para a maioria das utilizações da madeira. Portanto, se fosse realizada uma seleção em um programa de melhoramento, seria interessante descartar as árvores com valores altos de contração.

A seguir, na Tabela 13, são apresentados os valores encontrados para a contração volumétrica e o coeficiente de anisotropia.

Tabela 13 Valores percentuais médios de contração volumétrica e coeficiente de anisotropia das árvores de *Toona ciliata*

Árvore	Contração Volumétrica (%)	CV (%)	Coeficiente de Anisotropia	CV (%)
1	13,7	23	2,89	14
2	11,9	22	2,63	12
3	13,7	21	3,39	14
4	11,6	18	2,97	12
5	13,3	28	1,92	13
6	9,1	14	2,02	9
7	7,7	16	2,33	8
8	11,1	5	3,67	11
9	10,5	5	2,24	10

“Tabela 13, conclusão”

Árvore	Contração Volumétrica (%)	CV (%)	Coefficiente de Anisotropia	CV (%)
10	8,4	5	1,93	8
11	11,3	10	2,10	11
12	13,1	25	2,86	13
13	10,1	13	3,82	10
14	12,2	11	2,81	12
15	9,2	13	4,04	9
16	9,6	31	1,76	10
17	10,3	7	3,15	10
18	10,3	34	2,79	10
19	10,4	14	2,27	10
20	11,5	6	3,16	11
21	12,3	11	2,24	11
Média Geral	11,0	16	2,71	11

CV – Coeficiente de variação

Como pode ser observada na Tabela 13, a contração volumétrica média foi de 11 %, com coeficiente de variação médio de 16 %. Essa contração dá uma ideia geral da quantidade de volume perdida durante o processo de secagem, sendo assim, um fator de interesse tecnológico e industrial. Tanto os valores individuais como a média geral foram inferiores ao valor médio encontrado por Ziech (2008), de 15,52%. Observamos que existem variações consideráveis nesta característica entre as árvores estudadas, mostrando que a população estudada pode apresentar viabilidade para a seleção de indivíduos superiores.

O coeficiente de anisotropia reflete a diferença de comportamento da madeira em relação às direções tangencial e radial, sendo que quanto menor esse coeficiente, mais homogênea é a variação entre as direções, essa também é outra característica de interesse no melhoramento. O valor médio encontrado neste trabalho foi de 2,71, sendo menor que a média encontrada por Ziech (2008),

entretanto ainda superior aos encontrados para as principais madeiras utilizadas na produção de madeira serrada.

Na Tabela 14 , são apresentados os valores médios das contrações nas diferentes posições.

Tabela 14 Variação das contrações na direção medula-casca

Região	Contração Radial (%)	CV (%)	Contração Tangencial (%)	CV (%)
Externa	3,1	42	8,25	29
Intermediária	3,12	30	7,61	19
Central	3,46	38	7,53	30
Média Geral	3,22	37	7,79	26

CV – Coeficiente de variação em %

A contração tangencial apresenta tendência à redução quando aproximamos da medula, a radial teve comportamento contrário à tangencial, com as maiores contrações ocorrendo na parte interna do fuste.

Na Tabela 15, são apresentados os valores médios da contração volumétrica e coeficiente de anisotropia nas diferentes posições.

Tabela 15 Variação da contração volumétrica e coeficiente de anisotropia na direção medula-casca

Região	Contração Volumétrica (%)	CV (%)	Coeficiente de anisotropia (%)	CV (%)
Externa	11,4	27	2,93	35
Intermediária	10,8	18	2,63	34
Central	10,9	23	2,57	64
Média Geral	11	23	2,71	44

CV – Coeficiente de variação

A contração volumétrica foi mais pronunciada nas partes externas do que nas partes internas do fuste e o mesmo aconteceu com o coeficiente de

anisotropia. No entanto, os valores foram muito próximos e não se pode afirmar que exista uma tendência fixa ao longo da direção medula-casca.

## 4.6 Ensaios Mecânicos

### 4.6.1 Compressão paralela às fibras

A seguir, na Tabela 16, são apresentadas as médias e seus respectivos coeficientes de variação para o módulo de elasticidade e a resistência à compressão obtidas pelo ensaio de compressão paralela às fibras.

Tabela 16 Valores médios e coeficiente de variação para o módulo de elasticidade e resistência à compressão em Kgf/cm<sup>2</sup>

Árvore	Módulo de elasticidade (kgf/cm <sup>2</sup> )	CV (%)	Resistencia à compressão (kgf/cm <sup>2</sup> )	CV (%)
1	37.752	20	265	15
2	34.859	21	271	9
3	37.056	28	278	16
4	45.052	24	311	20
5	39.006	16	288	11
6	43.677	10	300	7
7	32.418	35	242	23
8	25.526	22	224	10
9	46.664	22	324	14
10	31.127	29	245	19
11	46.862	22	322	19
12	32.048	33	251	25
13	29.219	18	237	9
14	28.150	22	246	12
15	36.253	35	274	20

“Tabela 16, conclusão”

Árvore	Módulo de elasticidade (kgf/cm <sup>2</sup> )	CV (%)	Resistencia à compressão (kgf/cm <sup>2</sup> )	CV (%)
16	44.308	13	325	13
17	44.487	21	305	16
18	47.753	21	325	18
19	45.060	20	328	8
20	32.538	23	269	9
21	36.649	25	272	14
Média geral	37473	23	279	15

CV – Coeficiente de variação

Pode-se observar pelo ensaio de compressão paralela às fibras diferenças importantes entre os indivíduos estudados. A árvore que apresentou o maior valor de módulo de elasticidade foi a árvore 18. Em contraste, a árvore 8 apresentou um módulo de elasticidade equivalente à metade do seu valor e o menor valor de resistência à compressão. O maior valor de resistência à compressão paralela às fibras ocorreu na árvore 4.

A média do módulo de elasticidade e resistência à compressão é considerada baixa quando comparada às outras espécies, conforme pode ser observado na Tabela 17, construída através dos valores divulgados na literatura do módulo de elasticidade (Moe) e da resistência à compressão paralelas às fibras (R).

Tabela 17 Valores de módulo de elasticidade e resistência à compressão paralela às fibras para outras espécies

Espécie	Idade (anos)	Moe (kgf/cm <sup>2</sup> )	R (kgf/cm <sup>2</sup> )	Autor
<i>Eucalyptus sp.</i>	13 a 17	101649	615	CAIXETA et al., 2003
<i>Agonandra brasiliensis</i>	-	140.000	-	MORESCHI, 2005
<i>Tabebuia sp.</i>	-	160.000	-	MORESCHI, 2005
<i>Aspidosperma polyneuron</i>	-	115.000	-	MORESCHI, 2005
<i>Mimosa scabrella</i>	-	140.000	-	MORESCHI, 2005
<i>Virola sp.</i>	-	125.000	-	MORESCHI, 2005
<i>Ocotea porosa</i>	-	90.000	-	MORESCHI, 2005
<i>Pinnus sp.</i>	-	130.000	-	MORESCHI, 2005
<i>Cedrela sp.</i>	-	100.000	-	MORESCHI, 2005
<i>Talauma ovata</i>	-	100.000	-	MORESCHI, 2005
<i>Schizolobium parahyba</i>	-	57.000	-	MORESCHI, 2005
<i>Eucalyptus urophylla</i>	7	-	446	TREVISAN et al., 2007
<i>Melia azedarach</i>	-	-	332	TREVISAN et al., 2007
<i>Lophantera lactescens</i>	-	-	509	TREVISAN et al., 2007
<i>Pinus elliottii</i>	11	-	347	TREVISAN et al., 2007
<i>Inga marginata</i>	-	-	473	TREVISAN et al., 2007
<i>Pinus elliottii</i>	13	73.531	-	SANTINI; HASELEIN; GATTO, 2000
<i>Pinus taeda</i>	13	87.606	-	SANTINI; HASELEIN; GATTO, 2000
<i>Araucaria angustifolia</i>	19	119.778	-	SANTINI; HASELEIN; GATTO, 2000
<i>Grevillea robusta</i>	-	60.117	321	SCHNEID et al., 2008
<i>Sclerolobium paniculatum</i>	18	-	296	OLIVEIRA; VALE; MELO, 2006
<i>Quercus faginea</i>	-	75479	479	RAMOS et al., 2009

A seguir, na Tabela 18, a variação do módulo de elasticidade e resistência à compressão paralela às fibras é apresentada nas diferentes posições do fuste.

Tabela 18 Valores médios e coeficiente de variação para o módulo de elasticidade e resistência à compressão obtidos na direção medula-casca no ensaio de compressão paralela as fibras, os resultados são apresentados em kgf/cm<sup>2</sup>

Região	Módulo de elasticidade (kgf/cm <sup>2</sup> )	CV (%)	Resistência à compressão (kgf/cm <sup>2</sup> )	CV (%)
Externa	41.042	25	296	18
Intermediária	37.375	28	281	17
Central	33.104	34	258	20

CV – Coeficiente de variação

É possível observar que tanto o módulo de elasticidade quanto a resistência à compressão variaram positivamente da medula para a casca, refletindo o incremento em densidade.

#### 4.6.2 Ensaio de flexão estática

A seguir, na Tabela 19, são apresentados os valores médios e os respectivos coeficientes de variação para as propriedades mecânicas obtidas no ensaio de flexão estática.

Tabela 19 Valores médios e coeficiente de variação para o módulo de elasticidade e módulo de ruptura obtidos no ensaio de flexão estática em Kgf/cm<sup>2</sup>

Árvore	Módulo de elasticidade (kgf/cm <sup>2</sup> )	CV (%)	Módulo de ruptura (kgf/cm <sup>2</sup> )	CV (%)
1	90.219	20	291	29
2	78.554	11	285	11
3	85.071	7	283	18
4	81.455	16	310	23
5	78.941	5	264	19

“Tabela 19, conclusão”

Árvore	Módulo de elasticidade (kgf/cm <sup>2</sup> )	CV (%)	Módulo de ruptura (kgf/cm <sup>2</sup> )	CV (%)
6	78.231	10	314	11
7	76.947	22	256	27
8	78.357	9	262	11
9	93.609	10	338	10
10	81.361	14	269	14
11	90.921	12	337	21
12	83.717	14	277	28
13	67.049	10	233	14
14	70.189	23	225	18
15	82.268	15	272	22
16	87.970	5	359	19
17	82.744	12	321	18
18	97.904	9	375	7
19	98.382	15	359	9
20	92.126	28	321	22
21	86.163	17	300	14
Média Geral	83.599	13	296	17

CV – Coeficiente de variação

Pode-se observar que a árvore que obteve o maior valor para o módulo de elasticidade foi a 19. Vale ressaltar que tanto a árvore 19 quanto a árvore 18 obtiveram valores altos tanto para o módulo de elasticidade no ensaio de compressão paralela às fibras, quanto no ensaio de flexão estática. Nota-se também uma menor variação do módulo de elasticidade, obtido no ensaio de flexão em relação ao módulo de elasticidade obtido no ensaio de compressão.

A média do módulo de elasticidade e módulo de ruptura é considerada baixa quando comparada a outras espécies, conforme pode ser observado na Tabela 20 construída através dos valores divulgados na literatura do módulo de elasticidade (Moe) e do módulo de ruptura (MDR)

Tabela 20 Valores de módulo de elasticidade e módulo de ruptura para outras espécies obtidas pelo ensaio de flexão estática

Espécie	Idade (anos)	Moe (kgf/cm <sup>2</sup> )	MDR (kgf/cm <sup>2</sup> )	Autor
<i>Eucalyptus sp.</i>	13 a 17	191.843	1234	CAIXETA et al., 2003
<i>Agonandra brasiliensis</i>	-	118.000	-	MORESCHI, 2005
<i>Tabebuia sp.</i>	-	130.000	-	MORESCHI, 2005
<i>Aspidosperma polyneuron</i>	-	95.000	-	MORESCHI, 2005
<i>Mimosa scabrella</i>	-	130.000	-	MORESCHI, 2005
<i>Virola sp.</i>	-	95.000	-	MORESCHI, 2005
<i>Ocotea porosa</i>	-	80.000	-	MORESCHI, 2005
<i>Pinnus sp.</i>	-	110.000	-	MORESCHI, 2005
<i>Cedrela sp.</i>	-	80.000	-	MORESCHI, 2005
<i>Talauma ovata</i>	-	80.000	-	MORESCHI, 2005
<i>Schizolobium parahyba</i>	-	50.000	-	MORESCHI, 2005
<i>Eucalyptus urophylla</i>	7	65.775	756	TREVISAN et al., 2007
<i>Melia azedarach</i>	-	46.633	576	TREVISAN et al., 2007
<i>Lophantera lactescens</i>	-	79.299	952	TREVISAN et al., 2007
<i>Pinus elliottii</i>	11	49.684	607	TREVISAN et al., 2007
<i>Inga marginata</i>	-	50.712	699	TREVISAN et al., 2007
<i>Pinus taeda</i>	13	59.561	556	SANTINI; HASELEIN; GATTO, 2000
<i>Araucaria angustifolia</i>	19	97.636	643	SANTINI; HASELEIN; GATTO, 2000
<i>Grevillea robusta</i>	-	49.961	-	SCHNEID et al., 2008
<i>Sclerolobium paniculatum</i>	18	59.877	650	OLIVEIRA; VALE; MELO, 2006
<i>Quercus faginea</i>	-	83.658	1010	RAMOS et al., 2009

A seguir, na Tabela 21, são apresentados os resultados médios obtidos por região. O mesmo comportamento pôde ser observado no ensaio de compressão paralela às fibras.

Tabela 21 Valores médios e coeficiente de variação para o módulo de elasticidade e módulo de ruptura obtida na direção medula-casca no ensaio de flexão estática em Kgf/cm<sup>2</sup>

Região	Módulo de elasticidade (kgf/cm <sup>2</sup> )	CV (%)	Módulo de ruptura (kgf/cm <sup>2</sup> )	CV (%)
Externa	87364	17	317	19
Intermediária	82566	14	289	20
Interna	77607	16	266	23

CV – Coeficiente de variação

## 5 CONCLUSÕES

A classificação das toras mostrou que o defeito mais expressivo foi a presença de nós e protuberâncias. O defeito menos pronunciado foi a conicidade. Para melhorar a qualidade das toras, recomenda-se a utilização de melhoramento genético aliado a técnicas de manejo.

Na avaliação das tábuas após o desdobro, em relação à média geral dos defeitos, as rachaduras de topo e o encanoamento foram considerados de forte intensidade. Já as rachaduras superficiais, o encurvamento e o arqueamento foram considerados de leve intensidade.

Após a secagem, os valores médios do encurvamento e encanoamento diminuíram, enquanto os valores médios das rachaduras de topo e torção aumentaram.

A densidade média foi de  $0,314 \text{ g/cm}^3$ , sendo superior na posição externa do fuste.

Para retratibilidade, foram observados os valores médios de 3,22% e 7,78%, nas direções radial e tangencial, respectivamente. A contração volumétrica foi de 11% e o coeficiente de anisotropia de 2,7%.

O valor médio do módulo de elasticidade no ensaio de compressão paralela às fibras foi de  $37473 \text{ kgf/cm}^2$ . O valor médio da resistência à compressão paralela às fibras foi de  $279 \text{ kgf/cm}^2$ . O valor médio do módulo de elasticidade no ensaio de flexão estática foi de  $83599 \text{ kgf/cm}^2$ . O valor médio do módulo de ruptura no ensaio de flexão estática foi de  $296 \text{ kgf/cm}^2$ .

Os módulos de elasticidade nos ensaios de flexão e compressão, a resistência à compressão e o módulo de ruptura no ensaio de flexão acompanharam a mesma tendência da densidade na direção medula casca.

## REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Standart test methods for small clear specimens of timber**. West Conshohocken: ASTM International, 2000. 31 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7190. **Projeto de estruturas de madeira**. Rio De Janeiro, 1997. 107 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA TÉCNICA DE CELULOSE E PAPEL. **Normas técnicas**. São Paulo, 1974.

AUSTRALIA'S VIRTUAL HERBARIUM. *Toona ciliata*. Disponível em: <[http://www.ersa.edu.au/avh/public\\_query.jsp](http://www.ersa.edu.au/avh/public_query.jsp)>. Acesso em: 9 jul. 2010.

BELA VISTA FLORESTAL (Brasil). **Blog cedro australiano**: informações atualizadas sobre o cultivo desta espécie. Disponível em: <[www.belavistaflorestal.com.br](http://www.belavistaflorestal.com.br)>. Acesso em: 21 jun. 2010.

BRISTOW, M.; ANNANDALE, M.; BRAGG, A. **Growing rainforest timber trees**: a farm forestry manual for north Queensland. Barton: Rirde, 2005. 77 p. Publication N° 03/010.

BUFALINO, L. et al. Tratamento de partículas da madeira de *Toona ciliata* para a produção de painéis osb. In: **CONGRESSO DE PÓS GRADUAÇÃO DA UFLA**, 17., 2008, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2008. p. 1-4.

BYGRAVE, F.; BYGRAVE, P. **Growing australian red cedar**: and other Meliaceae species in plantation. Barton: Rirde, 2005. 60 p. (Publication n° 04/135). Disponível em: <[http://findarticles.com/p/articles/mi\\_7252/is\\_2\\_69/ai\\_n31677196/](http://findarticles.com/p/articles/mi_7252/is_2_69/ai_n31677196/)>. Acesso em: 5 dez. 2008.

CAIXETA, R. P. et al. Classificação de *Eucalyptus* relacionados com a qualidade da madeira após a secagem natural. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 61, p. 49-58, jun. 2002.

CAIXETA, R. P. et al. Propriedades e classificação da madeira aplicadas à seleção de genótipos de *eucalyptus*. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 27, n. 1, p. 43-511, 2003.

CARPINELLI, M. S. **Rendimento no desdobro e produtividade em madeira serrada de uma floresta de *Eucalyptus grandis***. 2002. 76 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia da Madeira) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2002.

CRÊSPO, E. A. **Tensão de crescimento e suas conseqüências, controláveis e não controláveis, no desdobro e secagem do *Eucalyptus grandis* e *E. saligna*. Muell.** 2000. 119 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2000.

DEL MENEZZI, C. H. S. Comportamento de *Eucalyptus grandis* [Hill ex Maiden] no desdobro. **Revista Cerne**, Lavras, v. 22, n. 4, p. 563-571, 1999.

DORDEL, J. et al. Trade-offs among establishment success, stem morphology and productivity of underplanted *Toona ciliata*: effects of nurse-species and thinning density. **Forest Ecology and Management**, Netherlands, v. 1, n. 1, p. 1846-1855, Apr. 2009.

DURLO, M. A.; MARCHIORI, J. N. C. **Tecnología da madeira: retratibilidade**. Santa Maria: CEPEF/FATEC, 1992. 32 p.

EDMONDS, J. M. The potential value of *Toona* species (Meliaceae) as multipurpose and plantation trees in Southeast Asia. **Commonwealth Forestry Review**, Oxford, v. 72, n. 3, p. 181-186, 1993.

ENCYCLOPEDIA of Life. ***Toona ciliata* Roemer**. Disponível em: <<http://www.eol.org/pages/581919>>. Acesso em: 14 jul. 2010.

FERREIRA, S. et al. Influência de métodos de desdobro tangenciais no rendimento e na qualidade da madeira de clones de *Eucalyptus spp*. **Revista Cerne**, Lavras, v. 10, n. 1, p.10-21, 2004.

GALVÃO, A. P. M.; JANKOWSKY, I. P. **Secagem racional da madeira**. São Paulo: Nobel, 1985. 111 p.

GONÇALVES, S. V. B. **Ferramentas para avaliação das propriedades da madeira em árvores vivas de *Toona ciliata* (Roemer) e aplicações no melhoramento genético**. 2009. 61 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

GRIFFITHS, M. W. The biology and host relations of the red cedar tip moth, *Hypsipyla robusta* in Australia. In: AUSTRALIAN FOREST GROWERS CONFERENCE, 9., 2000, Camberra. **Proceedings...** Camberra: ACIAR, 2000.p. 135-140.

GROSSER, D. **Defeitos da madeira**. Curitiba: FUPEF, 1980. 63 p. (Serie Técnica, 2).

HAWLEY, R. C.; SMITH, D. M. **Silvicultura prática**. Barcelona: Omega, 1972. 544 p.

HEINRICH, I.; BANKS, J. C. G. Dendroclimatological potential of the Australian red cedar. **Australian Journal Of Botany**, Adelaide, v. 53, p. 21-32, Jan. 2005. Disponível em: <[http://doc.rero.ch/lm.php?url=1000,43,2,20050929115941-CX/1\\_heinrich\\_dpa.pdf](http://doc.rero.ch/lm.php?url=1000,43,2,20050929115941-CX/1_heinrich_dpa.pdf)>. Acesso em: 1 nov. 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO FLORESTAL. **Norma para medição e classificação de toras de madeiras de folhosas**. Brasília: Brasiliense, 1984. 42 p.

INSTITUTO DE PESQUISAS E ESTUDOS FLORESTAIS (Brasil). **Melhoramento florestal seleção de populações**. 1976. (Circular técnica nº 19). Disponível em: <<http://www.ipef.br/publicacoes/ctecnica/nr019.pdf>>. Acesso em: 1 ago. 2009.

JANKOWSKY, I. P. Equipamentos e processos para secagem de madeiras. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALÍPTO PARA SERRARIA, 1., 1995. São Paulo. **Anais...** Piracicaba: IPEF/IPT, 1995. p. 109-118.

MAIA, B. H. L. N. S. et al. Essential oils of Toona and Cedrela Species (Meliaceae): taxonomic and ecological implications. **Journal Of Brazilian Chemical Society**, São Paulo, v. 11, n. 5, p. 629-639, July 2000. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-50532000000600012&script=sci\\_arttext&tlng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-50532000000600012&script=sci_arttext&tlng=en)>. Acesso em: 2 oct. 2009.

MARTINS, P. S. Estrutura populacional, fluxo gênico e conservação "in situ". **Revista do Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais**, Piracicaba, v. 35, n. 1, p.71-78, 1987.

MORESCHI, J. C. **Propriedades tecnológicas da madeira**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2005. 167 p.

MURAKAMI, C. H. G. Cedro australiano valorização de espécies nobres. **Boletim Florestal - Informativo Florestal do Norte pioneiro**, Santo Antônio da Platina, v. 2, n. 7, p. 1-4, fev. 2008.

MURARA JÚNIOR, M. I. et al. Rendimento em madeira serrada de *pinus taeda* para duas metodologias de desdobro. **Floresta**, Curitiba, v. 35, n. 3, p. 473-483, 2005. Disponível em: <<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/floresta/article/viewFile/5186/3900>>. Acesso em: 7 fev. 2010.

OLIVEIRA, J. B.; VALE, A. T.; MELO, J. T. Caracterização mecânica e contração da madeira de *Sclerobium paniculatum* Voguel cultivado em um plantio homogêneo sob diferentes níveis de adubação. **Ciencia Florestal**, Santa Maria, v. 16, n.1, p.89-97, 2006.

OLIVEIRA, J. R.; DUARTE, N. F.; FASSIO, P. O. Avaliação de fitotoxicidade de herbicidas ao cedro australiano. In: JORNADA CIENTÍFICA, 1. 2008, Bambuí; SEMANA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO CEFET, 1., 2008, Bambuí. **Anais...** Bambuí: CEFET, 2008. Disponível em: <[http://www.cefetbambui.edu.br/str/artigos\\_aprovados/Ci%C3%A4ncias%20Agrarias/40-PT-10.pdf](http://www.cefetbambui.edu.br/str/artigos_aprovados/Ci%C3%A4ncias%20Agrarias/40-PT-10.pdf)>. Acesso em: 9 maio 2010.

OLIVEIRA, J. T. S. et al. Variação do teor de umidade e da densidade básica na madeira de sete espécies de eucalipto. **Árvore**, Viçosa, MG, v. 1, n. 29, p.115-127, fev. 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rarv/v29n1/24241.pdf>>. Acesso em: 12 set. 2009.

ORWA, C. et al. *Toona ciliata* M. Roemer. Agroforestry Database 4.0. Disponível em: <<http://www.worldagroforestry.org/af/treedb/>>. Acesso em: 8 jul. 2009.

OTEGBEYE, G. O.; KELLISON, R. C. Genetics of wood bark characteristics of *Eucalyptus viminalis*. **Silvae Genetica**, Göttingen, v. 29, n. 1, p. 27-31, 1980.

PANSHIN, A. J.; ZEEUW, C. **Textbook of wood technology**. 3. ed. New York: McGraw-Hill Book, 1970. 705 p.

PEREYRA, O. et al. O. Estudio de las propiedades físico-mecánicas y comportamiento en procesos industriales de la madera de kiri, grevillea, paraíso y toona. **Floresta**, Curitiba, v. 36, n. 2, p. 214-223, mar. 2006. Disponível em: <<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/floresta/article/view/6457/4647>>. Acesso em: 3 jun. 2009.

PFEIL, W.; PFEIL, M. **Estruturas de madeira**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2003.

RAMOS, S. et al. Potencial tecnológico da madeira de *Quercus faginea* Lam. para revestimento de superfícies. In: CONGRESSO FLORESTAL NACIONAL, 6., 2009, Ponta Delgada. **Anais...** Ponta Delgada: [s. n.], 2009.

REZENDE, M. A. et al. Retratibilidade volumétrica e desdensidade aparente da madeira em função da umidade. **Revista do Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais**, Piracicaba, n. 39, p. 33-40, ago. 1988. Disponível em: <<http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr39/cap04.pdf>>. Acesso em: 14 out. 2009.

REZENDE, M. A.; FERRAZ, E. S. B. Densidade anual da madeira de *Eucalyptus grandis*. **Revista do Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais**, Piracicaba, v. 30, p. 37-41, 1985.

ROCHA, M. P. **Técnicas e planejamento em serrarias**. 5. ed. Curitiba: UFPR, 2001. 105 p.

ROCHA, M. P.; TOMASELLI, I. Efeito de modelo de corte nas dimensões de madeira serrada de *Eucalyptus grandis* E *Eucalyptus dunnii*. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 1, p. 94-103, 2001.

ROSADO, S. C. S.; CARVALHO, D. **Biodiversidade e conservação genética de espécies arbóreas**. Lavras: UFLA, 2001.

SANTINI, H. S.; HASELEIN, C. R.; GATTO, D. A. Análise comparativa das propriedades físicas e mecânicas da madeira de três coníferas de florestas plantadas. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 10, n.1, p. 85-93, 2000.

SANTOS, I. S. **Avaliação da madeira de *eucalyptus sp.* para a produção de piso a partir de toras de pequenos diâmetros**. 2008. 66 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

SCANAVACA, L. J.; GARCIA, J. N. Rendimento em madeira serrada de *Eucalyptus urophylla*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 63, p. 32-43, jun. 2003.

SCHNEID, E. Propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Grevillea robusta* A. Cunn. oriunda de floresta plantada. In: CONGRESSO FLORESTAL ESTADUAL, 10., 2008, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: UFRS, 2008. p. 1-4.

SILVA, M. F. G. F. et al. Da chemistry of *Toona ciliata* and *Cedrela odorata* graft (Meliaceae): chemosystematic and ecological significance\*. **Pure And Applied Chemistry**, Durham, v. 71, n. 6, p.1083-1087, 1999.

STURION, J. A. Controle genético da densidade básica da madeira de *Eucalyptus viminalis* Labill. **Boletim de pesquisa e desenvolvimento - Embrapa Florestas**. Colombo, n. 37, p. 1-32, ago. 2008. Disponível em: <[http://www.cnpf.embrapa.br/publica/bolpesdes/edicoes/BPD37\\_CD.pdf](http://www.cnpf.embrapa.br/publica/bolpesdes/edicoes/BPD37_CD.pdf)>. Acesso em: 1 ago. 2008.

STYLES, B. T. The flower biology of the Meliaceae and its bearing on tree breeding. **Silvae Gentica**, Oxford, v. 5, n. 21, p. 175-182, 1972.

TARNOWSKI, C. G. Propagación agámica de *Toona ciliata* var. australis (Meliaceae) mediante acodo en montículo. In: JORNADAS FORESTALES DE ENTRE RIOS, 22., 2007, Provincia de Jujuy. **Anales...** Provincia de Jujuy: Estación Experimental de Cultivos Tropicales Inta Yuto, 2007. p. 1 - 5.

TIBÚRCIO, M. T. T. **Processamento da madeira**. Bauru: USC, 2000. 242 p.

TOMAZELLO FILHO, M. Variação radial da densidade e da estrutura anatômica da madeira do *Eucalyptus saligna* e *E. grandis*. **Revista do Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais**, Piracicaba, v. 29, p. 37-45, 1985.

TREVISAN, H. et al. Avaliação de propriedades físicas e mecânicas da madeira de cinco espécies florestais em função da deterioração em dois ambientes. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 31, n. 1, p. 93-101, 2007.

VALE, R. S. et al. Efeito da desrama artificial na qualidade da madeira de clones de eucalipto em sistema agrossilvipastoril. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 3, n. 26, p.285-297, 2002.

VENSON, I. et al. Biological, physical and mechanical wood properties of paraíso (*Melia azedarach*) from a roadside planting at huaxtla. **Journal of Tropical Forest Science**, Jalisco, v. 1, n. 1, p. 38-47, dez. 2008.

VERRIL, S.; SIMPSON, B. **Drying schedule computer program**. Disponível em: <www Drying Schedule Computer Program>. Acesso em: 3 out. 2010.

VIANNA NETO, J. A. considerações básicas sobre desdobro de *Pinus spp*. **Revista Silvicultura**, São Paulo, v. 9, n. 34, p. 15-19, 1984.

WADE, M. W. et al. Estimating hardwood sawmill conversion efficiency based on sawing machine and log characteristics. **Forest Products Journal**, Madison, v. 42,n. 11/12, p. 21-26, dez. 1992. Disponível em: <<http://www.srs4702.forprod.vt.edu/PUBSUBJ/pdf/9222.pdf>>. Acesso em: 12 jan. 2010.

WALTER, G. A.; FRANCIS, J. K. **Toona ciliata Roemer**: australian toon. Disponível em: <<http://www.nsl.fs.fed.us/wpsm/Toona.pdf>>. Acesso em: 8 abr. 2010.

ZIECH, R. Q. S. **Características tecnológicas da madeira de cedro australiano (*Toona ciliata* M. Roem) produzida no sul do estado de Minas Gerais**. 2008.91 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.