



## Ângulo microfibrilar e contrações das madeiras de *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus urophylla*

Milene Teixeira de SOUZA<sup>1</sup>, João Rodrigo Coimbra NOBRE<sup>1</sup>, Selma Lopes GOULART<sup>1</sup>, Seyedmohammad MIRMEHDI<sup>1</sup>, Thiago de Paula PROTÁSIO<sup>1</sup>, José Tarcísio LIMA<sup>1</sup>, Abner Henrique REIS<sup>1</sup>

1 – Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Lavras, Lavras, Brasil

**Resumo:** O ângulo microfibrilar (AMF) é uma importante característica da ultraestrutura do lenho que influencia algumas propriedades da madeira, como resistência mecânica, rigidez e estabilidade dimensional. Entretanto, o AMF é pouco avaliado para *Eucalyptus* plantados no Brasil, principalmente quando amostrada no lenho adulto. Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo estudar a variação radial do ângulo microfibrilar e sua relação com as contrações transversais e volumétricas das madeiras de *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus saligna*. As árvores apresentavam 37 anos de idade quando amostradas. O AMF foi medido pela técnica de microscopia de luz polarizada e as contrações radial, tangencial e volumétrica foram determinadas pelo método estereométrico. O ângulo médio da microfibrila foi igual a 8 graus em madeira *Eucalyptus urophylla* e igual a 9,7 graus em madeira de *Eucalyptus saligna*. Para as duas espécies os AMFs foram maiores quando amostrados próximos à medula. Esse comportamento foi correspondido pela densidade básica, mas foi o inverso daquele demonstrado pela contração radial e tangencial em *E. saligna* e pela contração tangencial em *E. urophylla*. Essa associação entre as características avaliadas não significa que elas mantenham correlação estatística significativa, uma vez que não houve amostragem capaz de possibilitar essa análise.

**Palavras-chave:** célula, lenho, densidade básica

**Abstract:** The microfibril angle - MFA is an important characteristic of the ultrastructure of wood that influences other properties of wood, such as its mechanical strength, stiffness and dimensional stability. However, MFA is little evaluated for *Eucalyptus* planted in Brazil, especially when sampled in mature wood. In this context, this study aimed to study the radial variation of the microfibril angle and their relationship with the transverse and volumetric contractions of *Eucalyptus urophylla* and *Eucalyptus saligna* woods. The trees were 37 years-old when sampled. MFA was measured by the technique of polarized light microscopy and the radial, tangential and volumetric shrinkages were determined by stereometric method. The average microfibril angle was equal to 8 degrees for *Eucalyptus urophylla* wood and equal to 9.7 degrees for *Eucalyptus saligna*. For the two species the AMF were higher when sampled near the stem pith. This behavior was matched by the basic density, but it was the reverse of that shown by the radial and tangential shrinkage in *E. saligna* and the tangential shrinkage in *E. urophylla*. This association between traits does not mean they remain statistically significant correlation, since no sampling for enable this analysis.

**Keywords:** cell, wood, basic density



## 1. INTRODUÇÃO

A parede celular funciona como um esqueleto do corpo da planta. Sendo formada por camadas, que consiste de microfibrilas de celulose, hemiceluloses, pectina, lignina, vários compostos aromáticos e proteínas.

As microfibrilas constituem as unidades fundamentais da parede celular dos elementos anatômicos das plantas. Nas camadas da parede celular das fibras, principalmente na S2, as microfibrilas formam ângulos com o eixo das fibras. Essa inclinação é importante na definição de várias propriedades da madeira. Por exemplo, a resistência e a rigidez podem ser afetadas pelo ângulo microfibrilar, onde pequenos ângulos são responsáveis por maiores resistências (MOTT et al., 2001; LIMA et al., 2004), enquanto ângulos maiores são responsáveis por maior elasticidade.

A variação no AMF tem um propósito funcional no crescimento e é pode ser dependente da idade da árvore. É de se esperar que árvores jovens apresentem um alto AMF, já que as mesmas necessitam de maior flexibilidade para que o tronco se curve com o vento sem quebrar. O contrário ocorre em árvores velhas onde é necessária uma maior rigidez para que a árvore suporte o aumento de peso do caule e copa. Outra explicação pode ser baseada no diâmetro do tronco, uma vez que as árvores com maiores diâmetros apresentaram uma tendência de valores mais elevados do AMF.

De acordo com Panshin & De Zeeuw (1980), a contração da madeira varia em função da posição na árvore. Sendo, as contrações transversais menores próximo à medula (madeira juvenil), e aumentando em direção à casca, estando essa mudança relacionada com a rápida redução do ângulo microfibrilar na parede celular, com o aumento do comprimento da célula e do teor de celulose. Isto pode ser observado no estudo realizado por Oliveira (1998), com várias espécies de eucalipto, onde o autor verificou um aumento na retratibilidade volumétrica total, com o aumento radial a partir da medula.

A variação dimensional da madeira é um fenômeno importante, caracterizado pela contração ou inchamento quando da desorção ou adsorção de água, que ocorrem abaixo do ponto de saturação das fibras. A contração longitudinal é geralmente desconsiderada, por ser muito pequena; já a contração tangencial costuma ser maior que a radial por fator variando 1,5 a 3,0 (BOWYER, SHMULSKY, HAYGREEN, 2003).

Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo estudar a variação radial do ângulo microfibrilar e sua relação com as contrações transversais e volumétrica das madeiras de *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus saligna*.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O material utilizado foi coletado em plantios pertencentes a fazenda experimental da UFLA localizada no município de Lavras, Minas Gerais. O clima é classificado como Cwa, de acordo com os critérios abordados por Köppen. A região apresenta precipitação média anual de 1530 mm, temperatura média de 19,3°C (Brasil, 1992).

Foram utilizadas amostras de uma árvore de *Eucalyptus urophylla* e uma árvore *Eucalyptus saligna*, ambas com 37 anos de idade. As árvores foram derrubadas e das toras da base foram produzidas tábuas, retiradas das posições internas (próximas à medula) e externas (próximas à casca) que foram acondicionadas em sala de climatização, em condições de temperatura de 20±2 °C e umidade de 65±3%, até atingirem massa constante, com umidade média de 12%. Em seguida foram confeccionados corpos de prova com dimensões de 2,5 x 2,5 x 10 cm para testes de compressão e a partir destes, foram selecionadas amostras



para verificação do ângulo microfibrilar e contrações, com dimensões de 1 x 1 x 2 cm utilizados para determinação do ângulo microfibrilar e 2,5 x 2,5 x 8 cm para determinação das contrações.

## 2.1 Ângulo microfibrilar - AMF

Para medição do AMF, as amostras foram orientadas, saturadas em água e cortadas tangencialmente em seções de 5 µm de espessura com o auxílio de um micrótomo, conforme metodologia usada por Lima et al. (2004). Os cortes foram colocados em frascos de vidro e cobertos com uma solução de ácido acético e peróxido de hidrogênio, na proporção de 1:1 (FRANKLIN, 1945). Posteriormente os frascos foram lacrados e colocados em estufa a 60 °C por 12 horas, para completa deslignificação do material. O macerado foi retirado da estufa e lavado em água corrente até completa remoção da solução macerante, e então armazenado em água destilada.

Os ângulos foram determinados por microscopia de luz polarizada com o auxílio de microscópio dotado de mesa giratório graduada de 0° a 360°.

Selecionou-se uma fibra cortada no sentido longitudinal, para permitir que apenas uma parede fosse atravessada pela luz. A lâmina foi colocada na mesa do microscópio e ajustada para visualização das fibras na posição vertical. A mesa foi girada em relação ao seu eixo até encontrar a máxima posição de extinção de luz, nesta posição a luz polarizada se encontra sobreposta com o mesmo alinhamento das microfibrilas, limitando a passagem de luz e o ângulo foi anotado. Girando-se manualmente a mesa graduada observa-se uma mudança na tonalidade do lume, então anota-se este novo ângulo. Pela diferença entre esses ângulos obteve-se o ângulo microfibrilar, ou seja, ângulo formado entre a posição vertical e a nova posição do eixo da fibra.

## 2.2 Testes físicos

Os corpos de prova destinados à realização do teste físico (contração volumétrica) inicialmente foram inseridos em recipiente de vidro e submersos em água até atingirem a saturação.

Foi utilizada uma bomba a vácuo para retirada do ar do recipiente e dos espaços vazios dos corpos de prova para que a saturação ocorresse. Após o período de saturação foram determinados a massa verde e o volume verde (método de imersão) utilizando-se balança com precisão 0,01g e os valores de expansão devido à saturação.

Após a determinação das variáveis com as amostras saturadas realizou-se o processo de secagem das mesmas em estufa a 103±5°C por 24 horas. Então foram obtidas as massas secas e volume seco, utilizando balança com precisão 0,01g. Os valores de expansão e contração foram obtidos com auxílio de paquímetro digital com precisão de 0,01 mm.

As contrações volumétricas foram determinadas através da equação 1:

$$CV = \left( \frac{VV - VS}{VV} \right) \times 100 \quad (1)$$

Em que: CV = Contração volumétrica (%); VV = Volume verde (g/cm<sup>3</sup>); VS = Volume seco em estufa a (103±5)°C (g/cm<sup>3</sup>).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores do ângulo microfibrilar para a madeira de *Eucalyptus urophylla* e de *Eucalyptus saligna* são apresentados na Tabela 1. Estes valores estão dentro da amplitude apresentada por Boyd (1980). Segundo ele, em folhosas os ângulos das microfibrilas podem variar de 5° a 20°, e essa variação pode ocorrer entre espécies e dentro de uma mesma árvore.

Tabela 1. Angulo microfibrilar (AMF em graus), nas posições internas e externas dos troncos de *Eucalyptus urophylla* e de *Eucalyptus saligna*.

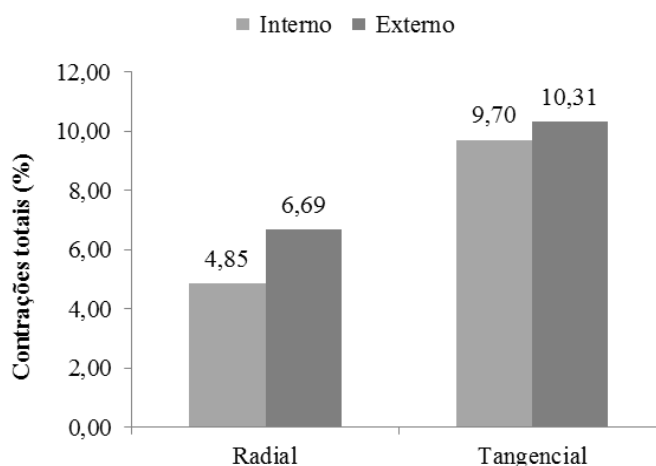
AMF	<i>Eucalyptus urophylla</i>		<i>Eucalyptus saligna</i>	
	Interno	Externo	Interno	Externo
Média	8,5	7,5	11,8	7,6
Máximo	11	9	15	9
Mínimo	7	6	9	5
CV%	19	15	14	17

Observa-se na Tabela 1, tanto na madeira de *E. urophylla* como na madeira de *E. saligna*, que o AMF é menor na região externa de amostragem. Em *E. saligna* essa redução é maior, chegando a 54%. Vários autores (LIMA et al., 2004; DONALDSON, 2008; LIMA et al, 2014) relatam que o AMF é mesmo menor próximo à medula e que esse comportamento é uma adaptação biomecânica das árvores para se tornarem mais flexíveis e suportarem as forças do vento.

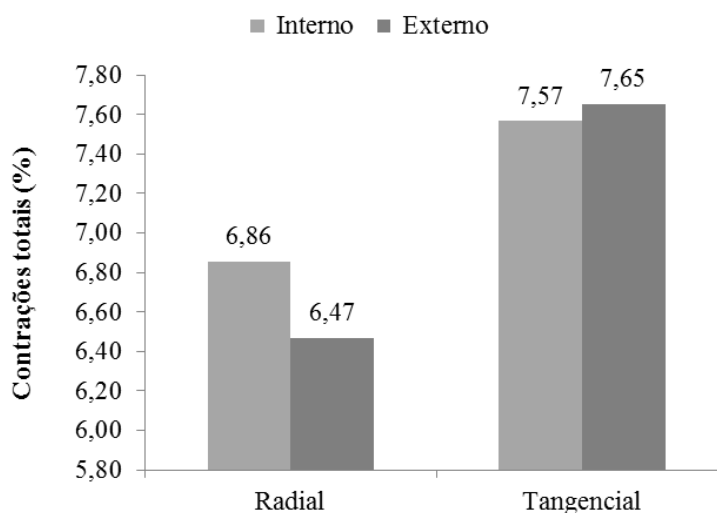
A maior alteração dimensional da madeira se manifesta tangencialmente ao sentido dos anéis de crescimento, sendo seguida pela dimensão radial e com valores praticamente desprezíveis no sentido longitudinal (PANSHIN; DE ZEEUW, 1980). Segundo esses autores, as contrações longitudinais e transversais variam de acordo com a interação da quantidade de substância madeira, com a média do AMF nas paredes das células em relação ao seu eixo longitudinal e com a lignificação da parede celular. Ainda segundo os mesmos autores, a contração da madeira também varia de acordo com a sua posição na árvore.

Nas Figuras 4 e 5 pode-se observar, de maneira geral, que as contrações transversais da posição de amostragem mais interna foram menores que as contrações da madeira da posição de amostragem externa.

Normalmente, as contrações transversais são menores próximo à medula, mas crescem desta para a casca, o que pode estar relacionado com a redução do ângulo microfibrilar na parede celular, com o aumento do comprimento da célula e do teor de celulose presente na mesma (PANSHIN; DE ZEEUW, 1980).



**Figura 1.** Contrações transversais totais da madeira de *Eucalyptus saligna* em cada posição de amostragem radial.

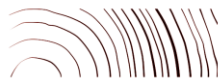


**Figura 2.** Contrações transversais totais da madeira de *Eucalyptus urophylla* em cada posição de amostragem radial.

Oliveira e Silva (2003) observaram que os valores de contração volumétrica e as contrações lineares nas direções radial e tangencial das amostras são crescentes no sentido medula-casca para a madeira de *Eucalyptus saligna*. Os mesmos autores observaram perfil crescente de densidade básica na direção medula-casca para a madeira estudada, diferindo do observado neste estudo. Possivelmente, isso ocorreu pelo aparecimento de fendas nos corpos de prova que culminaram na obtenção imprecisa dos valores de densidade básica e contração volumétrica, bem como devido à amostragem efetuada.

Tabela 2. Densidade básica e contração volumétrica total da madeira de *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus urophylla* nas diferentes posições de amostragem

Propriedades	<i>Eucalyptus saligna</i>		<i>Eucalyptus urophylla</i>	
	Interno	Externo	Interno	Externo
Densidade básica (g/cm <sup>3</sup> )	0,711	0,479	0,868	0,526
Contração volumétrica (%)	14,21	15,58	13,95	13,73



Os valores de contração volumétrica encontrados neste estudo para as madeiras de *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus urophylla* nas duas posições de amostragem foram inferiores aos observados por Oliveira e Silva (2003) de 26% para a madeira de *Eucalyptus saligna* aos 16 anos de idade.

Em geral, foi possível verificar que, inversamente ao que apresentou o AMF, que foi maior nas amostras coletadas próximas à medula do que próximas à casca, a contração radial e a contração tangencial em *Eucalyptus saligna* e a contração tangencial em *Eucalyptus urophylla* foram menores próximas à medula do que à casca. Da mesma forma que o AMF, e a densidade básica das duas espécies foram maiores nas amostras próximas à medula. Este comportamento da DB não é usual, principalmente, se comparada com amostragens efetuadas em árvores jovens.

#### 4. CONCLUSÕES

O ângulo microfibrilar médio foi igual a 8 graus em madeira *Eucalyptus urophylla* e igual a 9,7 graus em madeira de *Eucalyptus saligna*. Para as duas espécies os AMF foram maiores quando amostrados próximos à medula do caule. Esse comportamento foi correspondido pela densidade básica, mas foi o inverso daquele demonstrado pela contração radial e tangencial em *E. saligna* e pela contração tangencial em *E. urophylla*. Essa associação entre as características avaliadas não significa que elas mantenham correlação estatística significativa, uma vez que não houve amostragem capaz de possibilitar essa análise.

#### 5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, à FAPEMIG e a CAPES pelo apoio prestado ao desenvolvimento deste trabalho.

#### 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Normais climatológicas 1961-1990. Brasília: MARA, 1992. 84 p.

BOYD, J. D. Relationships between fibre morphology, growth strains and physical properties of wood. *Australian Forest Res.* 10: 337-360, 1980.

BOWYER, J. L.; SHMULSKY, R.; HAYGREEN, J. G. Forest products and wood science. An Introduction. New York: Blackwell Publishing, 2003. 554 p.

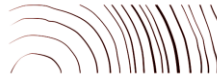
Donaldson, L. Microfibril angle: measurement, variation and relationship – a review. *IAWA Journal* 29: 387-396. 2008.

FRANKLIN, G. L. Preparation of thin sections of synthetic resins and wood-resin composites, and a new macerating method for wood. *Nature*, 155 (3924): 51 (1945).

LIMA, J. T., BREESE, M. C., CAHALAN, C. M. Variation in microfibril angle in *Eucalyptus* clones. *Holzforschung*, 58: 160-166, 2004.

## II CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência  
e Tecnologia da Madeira  
Belo Horizonte - 2015



II Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira  
Belo Horizonte - 20 a 22 set 2015



LIMA, J.T.; RIBEIRO, A.O.; NARCISIO, C.R.P. Microfibril angle of eucalyptus grandis wood in relation to the cambial age. *Maderas. Ciencia y Tecnologia*, 16(4):487-494, 2014.

MOTT, L., L. GROOM & S. SHALER. 2001. Mechanical properties of individual southern pine fibres. Part II. Comparison of earlywood and latewood fibres with respect to tree height and juvenility. *Wood Fibre Sci.* 34: 221–237.

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

PANSHIN, A. J., DE ZEEUW, C. Structure, identification, properties and uses of the commercial woods of the U.S. and Canada. *Text Book of Wood Technology*, 722 p, 1980.