



RUGOSIDADE DA SUPERFÍCIE USINADA DA MADEIRA DE REAÇÃO DE EUCALIPTO

Jordão Cabral MOULIN¹; José Tarcísio LIMA¹; José Reinaldo Moreira da SILVA; Walter Torezani Neto BOSCHETTI²; Jonnys Paes CASTRO¹; João Rodrigo Coimbra NOBRE; Anna Carolina de Almeida ANDRADE¹; Selma Lopes GOULART

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

² Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Viçosa

Resumo: A formação do lenho de reação ocorre quando a árvore desvia de sua posição vertical e ocasiona diferenças na atividade cambial, originando a formação de uma estrutura anatômica atípica no lenho, a qual pode comprometer a utilização da madeira em sua forma sólida. Para melhor fabricação de produtos sólidos de madeira são necessários os conhecimentos da estrutura da madeira e parâmetros de usinagem para entender as suas relações e obter bons resultados na usinagem. Objetivou-se avaliar a qualidade da superfície usinada da madeira de reação de eucalipto no sentido medula-casca, utilizando diferentes velocidades de avanço da madeira. Foi utilizada madeira de *Eucalyptus microcorys* aos 37 anos de idade que compreende lenho de tração e oposto, sendo utilizada tábuas diametraais com dimensões de 1000 x 300 x 35 mm (comprimento, largura e espessura). As rotações do eixo porta ferramentas utilizadas foram de 4000 min⁻¹ e as velocidades de avanço foram de 5 e 10 m.min⁻¹. Para avaliação da qualidade da superfície usinada utilizou-se um rugosímetro de arraste, sendo analisado o parâmetro Ra de rugosidade, em que foram analisadas as regiões internas, intermediárias e externas. Os dados foram submetidos à análise de variância dispostos no esquema fatorial com 3 fatores (2 lenhos x 2 velocidades de avanço x 3 regiões na tábua). A qualidade da superfície usinada do lenho de tração é igual ao lenho oposto. Não houve variação da qualidade da superfície usinada no sentido medula-casca. Os menores valores de rugosidade são obtidos na menor velocidade de avanço da madeira.

Palavras-chave: lenho de reação, medula-casca, velocidade de avanço.

Abstract: The formation of reaction wood occurs when the tree deviates from its vertical position and cause differences in foreign exchange activity in the formation of an atypical anatomical structure in wood, which can compromise the use of wood in its solid form. To better manufacturing of solid wood products need the knowledge of the structure of wood and machining parameters to understand their relationship and get good results in machining. The objective was to assess the quality of machined surface of *Eucalyptus* reaction wood in pith-bark direction by different wood forward speeds. *Eucalyptus microcorys* w (37 years old) wood comprising tension wood and opposite, being used diametric boards with dimensions of 1000 x 300 x 35 mm (length, width and thickness). The rotation axis of the toolholder used were 4000 min⁻¹ and the feed rates were 5 to 10 m*min⁻¹. To evaluate the quality of machined surface roughness used a drag, and analyzed the roughness Ra parameter, in which the inner, intermediate and outer regions were analyzed. The data were submitted to analysis of variance arranged in a factorial design with 3 factors (2 wood x 2 logs forward speeds x 3 regions on the board). The quality of the machined surface traction wood is equal to the opposite wood. There was no surface quality of machined variation in the pith-bark. The lower roughness values obtained are in the lowest forward speed of the wood.

Keywords: reaction wood, pith-bark, forward speed.

1. Introdução

A área de floresta plantada no Brasil é de 7,6 milhões de hectares, em que 72% dessa área corresponde em plantações de eucalipto. O consumo dessa madeira para produção de serrados e outros produtos sólidos no ano de 2013 foi de 6.870.498,00 m³ (INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES, 2014).

A madeira de eucalipto, por causa da sua elevada versatilidade e produtividade, atende, na maioria dos casos, a necessidade de matéria-prima, como para a produção de celulose e papel, carvão vegetal de produtos sólidos (Barcellos et al., 2005).

Por ser um material proveniente de um ser vivo, a madeira possui grande variabilidade, resultante de fatores genéticos, ambientais e da interação genótipo x ambiente. As propriedades anatômicas, físicas, químicas e mecânicas podem variar entre espécies, dentro da mesma espécie e ainda dentro de uma mesma árvore, tornando complexa a sua avaliação (PALERMO et al.; 2003). Assim, quando as árvores são submetidas a diferentes condições de crescimento, pode haver variação na estrutura anatômica da madeira, com repercussões na industrialização e utilização da madeira.

Uma situação extrema da influência do ambiente nas características da madeira é a formação do lenho de reação. A madeira de reação é formada por alterações da estrutura celular em plantas lenhosas, podendo ocorrer poucas mudanças nas características das células ou uma complexa modificação na estrutura celular da madeira. Também pode ocorrer variações na composição química da madeira (DU; YAMAMOTO, 2007). A formação da madeira de reação ocorre quando a árvore está sujeita a algum estresse mecânico, sendo em função das ações de ventos, excesso de neve, inclinação do solo e competição por luz (OLIVEIRA et al., 2010).

Quando a árvore desvia de sua posição vertical, ocorrem diferenças na atividade cambial ocasionando a formação de uma estrutura anatômica atípica no lenho, denominada por madeira de reação (DUNHAM; CAMERON, 2000). Embora a característica dessa madeira difira entre coníferas e folhosas, nas quais são formadas madeira de compressão e tração, respectivamente. De acordo com Ruelle et al. (2007), a presença do lenho de reação prejudica a utilização da madeira, embora ainda seja pouco estudada. Conforme Haygreen e Bowyer (1989) a madeira de tração possui tendência de apresentar superfície felpuda. De acordo com Silva et al. (2005) a dificuldade no uso da madeira em sua forma sólida ocorre por causa do pouco conhecimento relacionado a utilização de forma adequada desse material. Dessa maneira, faz-se necessário o conhecimento da estrutura da madeira e dos parâmetros de usinagem para entender as suas relações e obter bons resultados na usinagem.

Em função da importância do eucalipto na fabricação de produtos sólidos e das características de usinagem da madeira de reação, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade da superfície usinada da madeira de reação de eucalipto no sentido medula-casca, utilizando diferentes velocidades de avanço da madeira.

2. Material e Métodos

Para o presente estudo, utilizou-se árvores de *Eucalyptus microcorys* aos 37 anos de idade que compreende lenho de tração e oposto. O material é proveniente de plantio do projeto de desenvolvimento e pesquisa florestal (PRODEPEF) implantado na Universidade Federal de Lavras- UFL, localizado em Lavras/MG.

Da árvore, foram obtidos 2 pranchões diametrais no sentido longitudinal da base da tora, com dimensões de 1000 x 300 x 35 mm (comprimento, largura e espessura). Posteriormente, foi realizado aplainamento por meio de uma plaina desempenadeira com cabeçote de 105,0 mm de diâmetro, com três facas. As rotações do eixo porta ferramentas utilizadas foram de 4000 min^{-1} .

Para proporcionar velocidade de avanço constante para os corpos de prova, foi utilizado um alimentador de avanço acoplado ao inversor de frequência. Foram utilizadas as velocidade de avanço de 5 e 10 $\text{m}^*\text{min}^{-1}$.

Após a usinagem das tábuas, foram realizados cortes longitudinais na posição da medula para separação da madeira de tração e oposta, como pode ser visualizado na Figura 1.

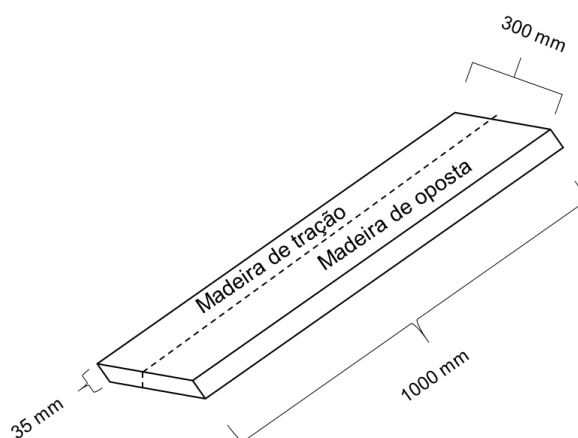


Figura 1. Simulação do corte longitudinal para separação do lenho de tração e oposto.

A avaliação da qualidade da superfície usinada da madeira foi realizada por meio de um rugosímetro de arraste Surtronic® S-Series, modelo S125 (Taylor Hobson). O comprimento de arraste foi de 8 mm e comprimento de amostragem Cut-off de 0,80 μm e range de 200 μm . O parâmetro analisado foi Ra.

A metodologia de análise da rugosidade foi feita de acordo com Silva et al. (2006), sendo demarcados retângulos de 10 x 5 mm (C x L) sobre os corpos de prova para indicar a localização da medição da rugosidade e uma seta indicando o sentido de medição.

Para analisar a qualidade da superfície no sentido radial foram mensuradas as regiões das tábuas próximo da medula (interna), entre a medula e a casca (intermediária) e próxima a casca (externa).

Os dados foram submetidos à análise de variância dispostos no esquema fatorial com 3 fatores (2 lenhos x 2 velocidades de avanço x 3 regiões na tábua). Quando estabelecidas diferenças significativas, a comparação entre os diferentes tratamentos foi feita pelo teste de Skott-knott a 5% de probabilidade.

3. Resultados e discussão

O resumo da análise de variância dos resultados de rugosidade pode ser visualizado na Tabela 1. Os efeitos das interações não foram significativas, indicando que os fatores de velocidade de avanço da madeira, tipo de lenho e posição radial na madeira são independentes. Foi verificada variação significativa apenas para o fator de velocidade de avanço.

Tabela 1. Resumo da análise de variância para os parâmetros de rugosidade “Ra” da superfície da madeira de *Eucalyptus microcorys* em diferentes padrões de usinagem

FV	GL	QM
Velocidade (V)	1	16,36*
Lenho (L)	1	0,58
Posição (P)	2	1,55
V x L	1	2,13
V x P	2	3,49
L x P	2	2,83
V x L x P	2	0,17
Resíduo	60	2,13
CV (%)		60,88

FV = fonte de variação; GL = grau de liberdade, QM = quadrado médio, * = significativo a 5% de probabilidade.

A madeira de tração possui distintas características anatômicas, quando comparada ao lenho oposto, como menor frequência de vasos com menores dimensões, menor quantidade de raios, as paredes das fibras são mais espessas e com diâmetro de lúmen menor ao comparar com a madeira normal. A diferença química é o maior teor de celulose (Pilate et al., 2004). Essa diferenciação dos elementos anatômicos não comprometeu a qualidade da superfície usinada da madeira de tração, uma vez que a rugosidade do lenho de tração foi igual estatisticamente ao lenho oposto nas duas velocidades de avanço avaliada.

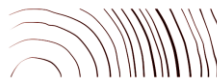
De acordo com Haygreen e Bowyer (1989), a madeira de tração possui tendência de apresentar superfície felpuda, embora no presente trabalho não foi constatado pelo teste de rugosidade a presença dessa superfície no lenho oposto quanto e nem no lenho de tração.

Nas regiões interna, intermediária e externa não houve variações de rugosidade. Silva et al. (2015) estudaram a qualidade da superfície aplainada do *Eucalyptus grandis* nas idades de 10, 14, 20 e 25 anos, sendo constatado que a rugosidade diminuiu com aumento da idade. Os autores atribuíram isto a maior quantidade de lenho adulto nas árvores mais velhas. No presente trabalho, não foi verificado maior rugosidade na região próxima da medula, onde corresponde ao lenho mais jovem.

Tabela 2. Rugosidade da superfície da madeira de *Eucalyptus microcorys* em diferentes velocidades de avanço, lenho e posição analisada.

Velocidade (m.min ⁻¹)	Lenho	Posição			Média
		Interna	Intermediária	Externa	
5	Tração	1,46	1,54	2,36	1,93 b
	Oposto	2,10	2,29	1,81	
10	Tração	3,76	2,61	2,98	2,87 a
	Oposto	3,44	2,64	1,78	

Mesmas letras maiúsculas em cada linha e minúsculas em cada coluna não diferem entre si, a 5% de significância pelo teste Skott-knott.



Kilic et al. (2006) afirmaram que os parâmetros de usinagem também são responsáveis pela rugosidade da madeira. Isto corrobora com os resultados do presente trabalho, em que a menor velocidade de avanço da madeira (5 m.min^{-1}) gerou uma superfície com menor rugosidade (1,93), enquanto a maior velocidade de avanço da madeira (10 m.min^{-1}) gerou uma superfície de maior rugosidade (Tabela 2).

De acordo com Soragi (2009), um dos parâmetros para melhoria da superfície da madeira usinada é a redução da velocidade de avanço. Esta afirmação corrobora com os resultados encontrados no presente trabalho. No estudo de Silva et al. (2008) com *Eucalyptus grandis* foi encontrada correlação da rugosidade com a velocidade de avanço da madeira, em que a rugosidade diminuiu com a redução da velocidade. Vale ressaltar que a produção na usinagem de madeira é reduzida em função da redução da velocidade de avanço. Assim, deve-se estudar valores ideais de velocidade de avanço para atender tanta a qualidade da superfície usinada quanto a produção de madeira processada.

4. Conclusões

A rugosidade da superfície usinada do lenho de tração foi igual ao lenho oposto, igual também no sentido medula-casca.

A velocidade de avanço da peça interferiu significativamente na rugosidade da superfície da madeira, em que os menores valores de rugosidade foram obtidos na menor velocidade de avanço da madeira.

Referências

BARCELLOS, D. C.; COUTO, L. C.; MÜLLER, M. D.; COUTO, L. O estado-da-arte da qualidade da madeira de eucalipto para produção de energia: um foco nos tratamentos silviculturais. **Biomassa & Energia**, Botucatu, v. 2, n. 2, p. 141-158, 2005.

DUNHAM R. A.; CAMERON A. D. Crow, Stem and Wood properties of Wind damaged and undamaged Sitka spruce. **Forest Ecology and Management**, n. 135, p. 73-81, 2000.

HAYGREEN, J. G.; BOWYER, J. L. **Forest products and wood science**. 2.ed. Ames: Iowa State University, 1989. 500 p.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES - ÍBA. **Anuário estatístico 2014**: ano base 2013. Brasília, 2014, 100 p.

KILIC, M.; HIZIROGLU, S.; BURDURLU E. Effect of machining on surface roughness of wood. **Building and Environment**, v. 41, n. 8, p. 1074-1078, 2006.

OLIVEIRA, J. T. S.; BRAZ, R. L.; MOTTA J. P.; DUARTE A. P. C.; ROSADO A. M. Ações de ventos em povoamentos florestais. In: CHICHORRO J. F.; GARCIA G. O.; CALDEIRA M. V. W.; BAUER M. O. Tópicos em ciências florestais 2010. Alegre; 443-476.



PALERMO, G. P. M.; LATORRACA, J. V. B.; REZENDE, M. A.; NASCIMENTO, A. M.; SEVERO, E. T. D.; ABREU, H. S. Análise da densidade da madeira de *Pinus elliottii* Engelm. por meio de radiação gama de acordo com as direções estruturais (longitudinal e radial) e a idade de crescimento. **Floresta e Ambiente**, v. 10, n. 2, p. 47-57, 2003.

PILATE, G.; CHABBERT, CATHALA, B.; YOSHINAGA, A.; LEPLÉ, J.; LAURANS, F.; LAPIERRE, C.; RUEL, K. Lignification and tension wood. **C. R. Biologies**, v. 327, p. 889-901, 2004.

RUELLE, J; BEAUCHENE, J; THIBAUT, A; THIBAUT B. Comparison of physical and mechanical properties of tension and opposite wood from ten tropical rainforest trees from different species. **Annals of Forest Sciences**, v.64, n.5, p.503-510. 2007.

SILVA J. C.; CASTRO, V. R.; EVANGELISTA, W. V. Influência da idade na usinabilidade da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden, visando uso na indústria moveleira. **Scientia Florestalis**, v. 43, n. 105, 2015.

SILVA, J. R. M. et al. A utilização de rugosímetro na qualificação de superfícies usinadas em madeiras de *Eucalyptus* sp. In: Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira, 10, 2006, São Pedro. **Anais...São Pedro: EBRAMEM**, 2006. 1 CD-ROM.

SILVA, J. R. M.; BRAGA, P. P. C.; MARTINS, M. Identificação de parâmetros de rugosidade para qualificação de pisos de *Eucalyptus grandis*. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 11., 2008, Londrina. **Anais... Londrina: EBRAMEN**, 2008. 1 CDROM.

SILVA, J. R. M.; MATOS, J. R. M.; MUÑIZ, G. I. B.; LIMA, J. T.; BONDUELLE, A. F. Influência da morfologia das fibras na usinabilidade da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 479 – 487, 2005.

SORAGI, L. C. Qualidade de superfícies usinadas em madeira de *Toona ciliata* M. Roem. 2009. 61p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

TAYLOR, J. B.; CARRANO, A. L.; LEMASTER, R. L. Quantification of process parameters in a wood sanding operation. **Forest Products Journal**, v. 49, n. 5, p. 41-46, 1999.