

Análise da superfície usinada da madeira de clones de *Toona ciliata* M. Roemer var. *australis*

Analysis of the machined surface of the wood clones of *Toona ciliata* M. Roemer var. *australis*

Thiago Moreira Cruz^I, Cilene Cristina Borges^{II}, Paulo Junio Duarte^{III},
Rodrigo Simetti^{IV}, Sebastião Carlos da Silva Rosado^V,
José Reinaldo Moreira da Silva^{VI}

Resumo

O uso e os custos de produtos de madeira sólida estão diretamente ligados ao grau de qualidade da matéria-prima. O mercado moveleiro é exemplo disso, pois quanto melhor a qualidade superficial da madeira, maior será seu valor comercial. Conhecer o comportamento da madeira durante o processo de usinagem é um importante parâmetro para caracterizar e dar usos específicos para cada espécie. Assim, o objetivo do presente estudo foi avaliar a qualidade da superfície da madeira de clones de *Toona ciliata* M. Roemer var. *australis*, seus potenciais usos após o processo de usinagem e definir, entre os clones avaliados, o de melhor qualidade superficial. Para isso, foram selecionadas trinta e cinco árvores (7 clones x 5 repetições) de um plantio localizado na região sul de Minas Gerais, das quais retirou-se toras de 1m de comprimento (0,3 a 1,3 m a partir da base), e posteriormente desdobrando-se em tábuas. A secagem ocorreu nas condições ambientais de sombra e ao ar livre, até atingir a umidade de equilíbrio. O processo de usinagem (plana e desengrosso) das tábuas ocorreu nas velocidades de avanço de 6 m.min⁻¹ e 30 m.min⁻¹. As avaliações da qualidade da superfície ocorreram de forma visual, conforme a norma ASTM D-1666 (2011) e pelo ensaio de rugosidade da superfície. Constatou-se que, dentre os sete clones estudados, o de número 1 apresentou maior qualidade de superfície na usinagem e, de modo geral, com o aumento da velocidade de avanço, houve redução da qualidade da superfície.

Palavras-chave: Cedro australiano; Qualidade da superfície; Rugosidade da superfície

Abstract

The use and costs of solid wood products are directly linked to the quality of the feedstock. One example is the furniture market, the better the surface quality of the wood is, the greater its commercial value is. Knowing the behavior of wood during the machining process is an important parameter to characterize and give specific uses for each species. Thus, the aim of this study was to evaluate the surface quality of wood from *Toona ciliata* M. Roemer var. *australis* clones, its potential uses after the machining process and to define, among the evaluated clones, the one with the best surface quality. Thus, thirty-five trees (7 clones x 5 repetitions) were selected from a plantation located in the southern region of Minas Gerais state, from which 1m long logs were removed (0.3 to 1.3 m from the base), and later unfolding on boards. Drying took place in the shade and outdoors, until equilibrium humidity was reached. The machining process (planer and thicknessing) of the boards took place at the forward speeds of 6 m.min⁻¹ and 30 m.min⁻¹. The evaluations of the surface quality took place visually, according to the ASTM D-1666 (2011) standard and by the surface roughness test. Among the seven clones studied, the number 1 presented higher surface quality in machining and, in general, with the increase in the forward speed, there was a reduction in surface quality.

Keywords: Australian red cedar; Surface quality; Surface roughness

^I Engenheiro Florestal, Me., Doutorando em Engenharia de Biomateriais, Universidade Federal de Lavras, Aqueanta Sol, s/n, Campus Universitário, CEP 37200-900, Lavras (MG), Brasil. thiago.moreira.cruz@gmail.com (ORCID: 0000-0003-2808-1810)

^{II} Engenheira Industrial Madeireira, Dr., Professora da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Estrada p/ Boa Esperança, km 04 - Zona Rural, CEP 85660-000, Dois Vizinhos (PR), Brasil. cilene cristina@gmail.com (ORCID: 0000-0002-5748-2173)

^{III} Engenheiro Florestal, Me., Doutorando em Ciência e Tecnologia da Madeira, Universidade Federal de Lavras, Aqueanta Sol, s/n, Campus Universitário, CEP 37200-900, Lavras (MG), Brasil. pauloduarte.floresta@gmail.com (ORCID: 0000-0002-7319-3101)

^{IV} Engenheiro Florestal, Me., Doutorando em Ciência e Tecnologia da Madeira, Universidade Federal de Lavras, Aqueanta Sol, s/n, Campus Universitário, CEP 37200-900, Lavras (MG), Brasil. rodrigo.simetti@gmail.com (ORCID: 0000-0002-8423-049X)

^V Engenheiro Florestal, Dr., Professor do Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Lavras, Aqueanta Sol, s/n, Campus Universitário, CEP 37200-900, Lavras (MG), Brasil. scrosado@ufla.br (ORCID: 0000-0003-3511-5329)

^{VI} Engenheiro Florestal, Dr., Professor do Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Lavras, Aqueanta Sol, s/n, Campus Universitário, CEP 37200-900, Lavras (MG), Brasil. jreinaldoms@gmail.com (ORCID: 0000-0002-1723-8512)



Introdução

A qualidade da madeira como matéria-prima para as indústrias de transformação e de bens de produção é altamente relevante no que diz respeito aos padrões almejados de qualidade e de valor dos produtos finais madeireiros. O nível de qualidade da usinagem é comumente relacionado ao cálculo do avanço por dente ou da profundidade do arco cicloide (SENAI, 1995; 1996; COSTA, 1996; WEISSENSTEIN, 2000).

A usinagem da madeira consiste em produzir peças em forma desejada quanto às dimensões e à qualidade da superfície, essa qualidade é referente principalmente às falhas geradas em função da estrutura anatômica da madeira, ou seja, pela presença dos diferentes tipos de células, de suas diferentes dimensões e orientações, as quais se expressam na forma de defeitos como orifícios, trincas e rachaduras (SILVA *et al.*, 1999; BONDUELLE *et al.*, 2002).

A qualidade da superfície está sempre atrelada ao valor do produto final, sendo que a busca por novos materiais bem como na redução de custos no processo produtivo são um constante desafio para o setor florestal. Entre as novas espécies que estão ganhando destaque no Brasil, podemos citar o cedro australiano (*Toona ciliata* M. Roemer var. *australis*), cuja madeira, segundo Silva *et al.* (2016), se assemelha ao cedro brasileiro nativo (*Cedrela* spp. Vell.). Além disso, devido à ausência de ataques da *Hypsipyla grandella* Zeller, as árvores dessa espécie exótica não têm o seu crescimento e forma comprometidos, razão pela qual estão sendo cultivadas para a produção madeireira (WEST, 2014).

Para o mercado de madeiras sólidas destinadas às indústrias madeireiras, o método mais difundido de determinar o potencial de uso da matéria-prima baseia-se na avaliação visual da superfície usinada seguindo os mesmos conceitos da norma ASTM D-1666 (2011). A análise da rugosidade da superfície surge como alternativa a minimizar possíveis erros da análise supracitada e consiste na utilização de parâmetros capazes de quantificar a rugosidade da superfície de peças de madeira usinadas.

A rugosidade é um parâmetro importante na avaliação da qualidade da superfície da madeira, pois afeta o desempenho de adesivos e revestimentos e, conseqüentemente, a qualidade do produto final (PEREIRA; GARCIA; NASCIMENTO, 2018), sendo influenciada pela heterogeneidade da superfície ao longo da peça (AGUILERA; MARTIN, 2001), estrutura anatômica da madeira e aos processos de usinagem empregados (SILVA *et al.*, 2009).

Dentre os parâmetros de rugosidade existentes, o de rugosidade média (R_a) e o de rugosidade média quadrática (R_q) são indicadores comuns de rugosidade na madeira, enquanto o que corresponde à média de 5 valores de rugosidade parcial (R_z) quantificam a maior amplitude de irregularidades (GURAU *et al.*, 2017). O R_a representa a média aritmética de todos os valores absolutos da superfície, não sendo sensível a picos excepcionais ou vales; R_q representa a raiz quadrada média dos valores absolutos das ordenadas de afastamento, em relação a linha média, sendo mais sensível a picos ou vales excepcionais a R_a ; R_z representa a profundidade da rugosidade superficial, sendo utilizado para avaliar superfícies aleatoriamente (MITUTOYO, 2011; SOY; ÖHRSTRÖM, 2013).

Considerando que a mencionada heterogeneidade da superfície e variações de estruturas anatômicas da madeira podem, entre outros fatores, estar relacionados à constituição genética das árvores, o presente trabalho teve como objetivo selecionar clones de cedro australiano, com fundamentação na qualidade de suas madeiras quando usinadas, segundo a norma ASTM D-1666 (2011) e a quantificação dos parâmetros de rugosidade de superfície, bem como avaliar os efeitos da velocidade de avanço e possíveis variações no sentido radial sobre a superfície usinada das madeiras.

Material e métodos

Foram selecionados sete clones de *Toona ciliata* M. Roemer var. *australis* aos 7 anos de idade pela empresa Bela Vista, de diferentes origens da Austrália e inseridos em plantios em condições similares na cidade de Campo Belo, estado de Minas Gerais, com espaçamento de 3,0 x 2,0 m. Esses clones foram previamente selecionados pela produtividade. Para cada clone, selecionou-se cinco árvores, sendo cada árvore considerada uma repetição, evitando aquelas de bordaduras e com fustes tortuosos. Os clones amostrados e seus valores médios de diâmetro altura do peito (DAP), altura total (HT) e densidade básica (DB) estão dispostos na Tabela 1.

Tabela 1 – Valores médios por clone para diâmetro altura do peito (DAP), altura total (HT) e densidade básica (DB)

Table 1 – Mean values per clone for diameter at breast height (DBH), total height (HT) and basic density (BD)

Clone	Origem	DAP (cm)	HT (m)	DB (g/cm ³)
1	Iron Range	24,4	17,1	0,318
2	Pascoe River	24,3	15,0	0,306
3	Pascoe River	22,6	14,5	0,313
4	Shipton Flat	26,9	16,3	0,298
5	Iron Range	29,5	17,3	0,280
6	Iron Range	26,5	16,9	0,253
7	Iron Range	25,5	17,5	0,266

Fonte: Autores (2018)

Ao todo selecionou-se 35 árvores (7 clones x 5 repetições), as quais obteve-se toras de 1 m de comprimento (retiradas entre 0,30 a 1,30 m ao nível do solo). Posteriormente as toras foram desdobradas em tábuas com as dimensões de 1000 x 100 x 25 mm (comprimento x largura x espessura, respectivamente), a secagem foi realizada à sombra e ao ar livre.

Após atingir a umidade de equilíbrio as tábuas passaram pelo desempenho e desengrosso em suas faces e cantos. Para uma mesma tábua utilizou-se duas velocidades de avanço (6 m.min⁻¹ e 30 m.min⁻¹), sendo que cada uma foi aplicada em cada face da tábua. As velocidades de avanço foram controladas por inversor de frequência ligado ao alimentador de avanço. Todas as tábuas foram usinadas aleatoriamente para evitar a influência do desgaste dos gumes.

Posterior à usinagem, as tábuas foram encaminhadas para a câmara climática com temperatura e umidade controladas [T = (20±2)°C e UR = (60±5)%]. Em cada tábua, marcou-se três posições radiais, sendo: C – próximo à medula, I – posição intermediária entre medula e casca e E – próximo à casca.

A qualificação da superfície teve início pela avaliação visual, de acordo com o descrito na ASTM D 1666 (2011). Sendo assim, o princípio básico adotado foi atribuir notas de 1 a 5, conforme a qualidade da superfície da madeira usinada (Tabela 2), para cada posição avaliada (próximo à medula, posição intermediária e próximo à casca) nas diferentes velocidades de avanço e em função de cada um dos clones selecionados.

Tabela 2 – Notas atribuídas para cada qualidade da superfície de madeira usinada

Table 2 – Assigned notes for each quality of machined wood surface

Notas	Qualidade da superfície da madeira usinada	Classificação
1	Superfície isenta de quaisquer defeitos	Excelente
2	Presença de arrepimento leve a médio	Boa
3	Presença de arrepimento forte e arrancamento leve	Regular
4	Presença de arrepimento forte e arrancamento leve a médio	Ruim
5	Presença de arrancamento forte, independente da presença de arrepimento	Péssima

Fonte: ASTM D 1666-11 (2011)

Para essa avaliação, três pessoas foram devidamente treinadas e as notas atribuídas isoladamente. Após esta etapa, comparou-se as notas e, em caso de discordância, uma nova avaliação em conjunto foi realizada.

Após a avaliação visual, para cada um dos corpos de provas foi realizada a avaliação da rugosidade da superfície usinada através do rugosímetro de arraste, modelo Surtronic S116 (TAYLOR HOBSON, 2008).

Os parâmetros para avaliação da rugosidade foram R_a , R_z e R_q . Em cada face das tábuas foram realizadas medições nas extremidades e na região central, em cada posição radial (Figura 1). Ao final, obteve-se 15 medições por face, sendo que todas as medições ocorreram no sentido paralelo às fibras; com “cut-off” 0,80 mm utilizando o filtro gaussiano, comprimento da medição de 4,0 mm e amplitude de 100 μm .

Figura 1 – Sentido da medição (seta) e qualificação da superfície usinada através do rugosímetro

Figure 1 – Measurement direction (arrow) and machined surface qualification through the rugosimeter



Fonte: Cruz (2018)

Para a obtenção da densidade básica, utilizou-se as diretrizes preconizadas em ABNT NBR 11941 (2003). Para isso, foram retiradas cinco amostras (discos) de cada toco das árvores abatidas, em torno de 0,30 m do solo, livres de defeitos como nós, rachaduras ou danos por insetos e fungos. Na sequência o material foi conformado em cunhas opostas, para posterior saturação em água até que se observasse massa constante (ponto de saturação das fibras), nesse momento mediu-se o volume saturado.

Subsequentemente, as cunhas foram submetidas à secagem em estufa de circulação forçada de ar, ajustada em temperatura de $105 \pm 2^\circ\text{C}$ até massa constante, momento em que se aferiu a massa seca. De posse dessas informações, calculou-se a densidade básica pela relação entre massa seca e volume saturado. Vale ressaltar que o volume das peças foi obtido por meio do método xilômetro e as massas com uso de balança semi-analítica (0,01 g).

Na avaliação do experimento, foi utilizado delineamento inteiramente casualizado disposto em esquema fatorial triplo $7 \times 3 \times 2$ (clone, posição radial e velocidade de avanço). As unidades experimentais foram as faces aplainadas das tábuas. Sendo as variáveis avaliadas R_a , R_z e R_q (μm).

Foi realizada análise de variância, com aplicação do teste F de Fischer a 5% de significância. Quando esse foi significativo, a comparação múltipla de médias foi feita com o teste de Scott-Knott, também a 5% de significância. As notas da análise visual foram avaliadas em relação ao percentual de corpos de provas para velocidades de avanço, clones e por posição radial (próximo à medula, posição intermediária e próximo à casca). Para as análises estatísticas utilizou-se o software R 3.3.2, com os pacotes base (R CORE TEAM, 2016).

Resultado e discussão

Avaliação visual

Os resultados da análise visual para os parâmetros avaliados de velocidade de avanço ($6 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ e $30 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$), clone e posição radial (próximo à medula, posição intermediária e próximo à casca) de acordo com a norma ASTM D-1666 (2011) são apresentados sob a forma de percentuais de corpos de prova por nota.

Na avaliação visual (Tabela 3), 34% dos corpos de prova usinados à velocidade de avanço de $6 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ obtiveram notas 1 e 2, consideradas de excelente e boa qualidade de superfície, enquanto para a velocidade de avanço de $30 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ foi verificado uma redução para 18%.

A velocidade de avanço de $6 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ apresentou menores percentuais de corpos de prova reprovados no ensaio de aplainamento de superfície, com o registro de notas 4 (ruim) e 5 (péssima), quando comparado com o material usinado a $30 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$. Isso ocorreu porque quanto maior a velocidade de avanço, menor o número de vezes que as facas da plaina atacam a superfície a ser usinada, isto é, pior será o acabamento da superfície da madeira. Além disso, a maior velocidade faz com que o processo de corte ocorra com maior energia, causando maior incidência de arrepiamento e arrancamento de fibras (MALKOÇOĞLU, 2007). Os arrepiamentos são elevações das fibras após o processo de usinagem da madeira as quais diferem de arrancamento por ainda estarem presas a superfície da madeira.

Os resultados encontrados para a análise visual aqui registrados estão de acordo com os reportados por Silva *et al.* (2009) para *Eucalyptus* e Soragi (2009) para *Toona ciliata*, os quais evidenciaram que peças usinadas com menor velocidade de avanço apresentavam melhor qualidade de superfície, reduzindo de forma geral a necessidade de lixamento ou processamento posterior ao aplainamento.

Na Tabela 3, os clones foram agrupados sistematicamente e independente das velocidades de avanço, visando assim oferecer ao conjunto ambas as situações de usinagem. Os clones 5, 7, 1 e 6 apresentaram 46, 40, 33 e 33% de corpos de provas com notas 1 e 2 para o processo de aplainamento, enquanto os demais clones estudados 2, 3 e 4 não foram indicados para usos que

necessitem de alta qualidade de superfície, por apresentarem menos de 20% de corpos de prova com notas 1 e 2.

Tabela 3 – Valores percentuais de corpos de prova classificados, segundo ASTM D 1666 (2011)

Table 3 – Percentage values of samples, classified according to ASTM D 1666 (2011)

Fator de variação	Percentual de corpos de prova (%)				
	Nota 1	Nota 2	Nota 3	Nota 4	Nota 5
Velocidade de avanço (m.min⁻¹)					
6	2	32	32	29	5
30	2	16	23	46	13
Clone					
1	0	33	13	37	17
2	0	13	47	33	7
3	3	3	23	60	10
4	0	10	37	37	17
5	3	43	17	37	0
6	3	30	30	33	3
7	3	37	27	23	10
Posição					
Próximo à medula	0	17	23	46	14
Intermediária	1	19	23	43	9
Próximo à casca	4	37	31	23	4

Fonte: Autores (2018)

Os resultados mostraram ainda que os clones 2, 4, 6 e 7 apresentaram, respectivamente, 47%, 37%, 30% e 27% dos corpos de prova com nota 3 (regular), indicando que, possivelmente, a qualidade das superfícies usinadas possam ser melhoradas por meio de adequações do processo de usinagem à espécie estudada.

Os corpos de prova apresentaram redução da qualidade da superfície no sentido medula para a casca, evidenciados pela maior porcentagem de notas excelente e boa da posição próximo à medula em relação à casca. As amostras retiradas próximo à casca apresentaram 41% de corpos de provas com notas de excelente e boa (notas 1 e 2) para a operação de aplainamento, enquanto a posição intermediária e próximo a medula apresentou 20 e 17% de corpos de prova com notas 1 e 2, respectivamente, corroborando com os resultados de *Toona ciliata* encontrados por Soragi (2009).

A variação entre as posições radiais dos corpos de prova encontrada neste trabalho para a análise visual já era esperada, pois se tem conhecimento de que as regiões próximas à casca do tronco são constituídas em sua maioria por maior porcentagem de lenho adulto, composto, geralmente, por células mais alongadas e com maior espessura de parede celular (TRUGILHO; LIMA; MENDES, 1996; BHAT; BHAT; DHAMODARAN, 2007), bem como por maior densidade da madeira, fazendo assim com que a qualidade da usinagem seja melhor. De forma contrária, no centro das toras encontramos geralmente maior porcentagem de lenho juvenil, que corresponde

ao lenho formado nos primeiros anos de crescimento do tronco, geralmente com células mais curtas e paredes celulares mais finas, bem como com menor densidade da madeira, o que facilita o arrancamento das células durante a usinagem, gerando mais imperfeições de superfície.

Considerando as qualidades obtidas conforme a norma ASTM D-1666 (2011), prováveis usos da madeira foram concebidos. Nesse sentido, 34% (notas 1 e 2) dos corpos de prova usinados com velocidade 6 m.min⁻¹ acrescentados aos 18% (notas 1 e 2) daqueles usinados com velocidade de 30 m.min⁻¹ podem ser indicados para produtos da indústria de móveis ou de esquadrias de acabamento como rodapés, molduras de armários e alizares.

Da mesma forma, 32 e 23% dos corpos de prova usinados com velocidade de 6 e 30 m.min⁻¹, respectivamente, podem ser indicados para corrimão, lambris, estruturas de painéis laminados e painéis sarrafeados, uma vez que receberam nota 3 (regular). Já os corpos de prova que receberam notas 4 e 5 compuseram um percentual de 34 e 59%, respectivamente, para as velocidades de 6 e 30 m.min⁻¹, podendo ser indicados para usos como peças estruturais internas de divisórias, peças de telhados e cercas divisórias e/ou portões externos.

Rugosidade da superfície

Os resultados dos quadrados médios da análise de variância para os parâmetros de rugosidade em função dos fatores estudados estão dispostos na Tabela 4. Não foi observado o efeito da interação dos três fatores estudados para nenhum dos parâmetros de rugosidade avaliados, da mesma forma não houve efeito das interações de posição com velocidade e posição com clone. Foi observado efeito significativo da interação clone com velocidade, além do efeito simples da velocidade para todos os parâmetros. Os parâmetros *Ra* e *Rz* apresentaram efeito simples significativo para o fator clone.

Tabela 4 – Resumo da análise de variância para a rugosidade da madeira de *Toona ciliata* sob os fatores avaliados

Table 4 – Summary of variance analysis for the roughness of *Toona ciliata* wood under the factors evaluated

Fonte de variação	G.L.	<i>Ra</i>	<i>Rz</i>	<i>Rq</i>
Clone (C)	6	0,6549*	22,855*	0,9808
Posição radial (P)	2	0,0148	2,519	0,0385
Velocidade de avanço (V)	1	7,3530*	201,07*	11,3752*
C x P	12	0,4897	13,026	0,7754
C x V	6	0,8046*	17,750*	1,1228*
P x V	2	0,2011	8,469	0,3519
C x P x V	12	0,3669	11,965	0,604
Resíduos	168	0,2986	8,14	0,468

Fonte: Autores (2018)

Em que: * Significância a 5% de probabilidade.

Dado o efeito significativo da interação entre clone e velocidade de avanço, foram avaliadas as médias dos parâmetros de rugosidade *Ra*, *Rz* e *Rq* em função desses dois fatores. Os valores médios encontrados são dispostos na Tabela 5.

Tabela 5 – Valores médios dos parâmetros *Ra*, *Rz* e *Rq* para as madeiras de *Toona ciliata* dos clones avaliados nas velocidades de avanço de 6 m.min⁻¹ e 30 m.min⁻¹

Table 5 – Mean values of the parameters *Ra*, *Rz* and *Rq* for the *Toona ciliata* wood of the clones evaluated at the forward speeds of 6 m.min⁻¹ and 30 m.min⁻¹

PA	V. A	1	2	3	4	5	6	7
<i>Ra</i> (µm)	6	2,85 aA	2,69 bA	2,61 bB	2,58 bB	2,95 aB	2,67 bB	3,20 aA
		(± 0,56)	(± 0,33)	(± 0,41)	(± 0,46)	(± 0,63)	(± 0,47)	(± 0,65)
	30	3,00 bA	3,02 bA	3,35 aA	3,09 bA	3,56 aA	3,18 bA	2,97 bA
		(± 0,56)	(± 0,64)	(± 0,84)	(± 0,40)	(± 0,47)	(± 0,62)	(± 0,57)
<i>Rz</i> (µm)	6	15,97 bA	15,61 bA	15,25 bB	14,57 bB	17,15 aB	15,03 bB	18,13 aA
		(± 2,75)	(± 2,02)	(± 2,16)	(± 2,29)	(± 3,04)	(± 2,41)	(± 3,36)
	30	17,07 aA	17,22 aA	19,20 aA	17,30 aA	19,62 aA	17,69 aA	17,30 aA
		(± 2,97)	(± 3,65)	(± 4,20)	(± 2,34)	(± 2,49)	(± 3,32)	(± 3,21)
<i>Rq</i> (µm)	6	3,58 bA	3,43 bA	3,32 bB	3,26 bB	3,74 aB	3,37 bB	4,02 aA
		± 0,70	± 0,45	± 0,51	± 0,56	± 0,78	± 0,60	± 0,81
	30	3,79 aA	3,82 aA	4,23 aA	3,90 aA	4,46 aA	4,02 aA	3,78 aA
		± 0,72	± 0,81	± 1,01	± 0,53	± 0,60	± 0,80	± 0,72

Fonte: Autores (2018)

Em que: Letras minúsculas comparam clones em mesma velocidade de avanço (V.A) (vertical) e letras maiúsculas comparam velocidades em mesmo clone (horizontal), por parâmetro (*Ra*, *Rz* e *Rq*). Valores entre parênteses são as estimativas do desvio padrão do tratamento.

De acordo com a Tabela 5, podemos observar a formação de dois grupos independentes dos parâmetros *Ra*, *Rz* e *Rq*, os com maiores e menores valores médios de rugosidade, cada parâmetro possui valores intrínsecos à sua forma de obtenção da rugosidade que expressam a qualidade da superfície avaliada e, de maneira geral, quanto menor o valor, melhor será a qualidade da superfície. Observa-se assim que para os parâmetros *Rz* e *Rq* a velocidade de avanço de 30 m.min⁻¹ não apresentou diferença estatística para os clones.

Em comparação entre a velocidade de avanço de 30 m.min⁻¹ com a de 6 m.min⁻¹ no que diz respeito ao parâmetro *Ra*, observa-se uma maior quantidade de amostras com menor qualidade de superfície usinada, o que denota a influência da velocidade de avanço no processo usinagem.

Não houve efeito da velocidade de avanço para os clones 1, 2 e 7. Considerando que esses três clones também estão contidos no grupo dos clones que apresentaram melhores resultados do parâmetro *Ra*, pode-se inferir que o aumento da velocidade de avanço para esses clones não altera a qualidade da superfície usinada em relação ao parâmetro *Ra*.

Dessa forma, levando-se em consideração os melhores resultados de *Ra*, *Rz* e *Rq* é possível afirmar que os clones 1 e 2 apresentam maior qualidade de superfície, pois foram posicionados no grupo dos melhores resultados, sem sofrer influência da variação da velocidade de avanço durante o processo de usinagem, o que otimiza a produtividade do processo de usinagem dentro da indústria, pois é possível utilizar a maior velocidade de avanço sem perda da qualidade, o que acarreta em maior volume de madeira usinada.

Considerando-se que a velocidade de 30 m.min⁻¹ é 5 vezes maior que a velocidade de 6 m.min⁻¹, pode-se dizer que é possível usinar maior quantidade com mesmos níveis de qualidade de superfície, no relativo ao parâmetro *Ra*. Esse resultado indica ainda que os fatores que colocaram

os clones 1 e 2 no grupo dos que apresentam melhores valores de rugosidade podem estar ligados à melhor qualidade de suas madeiras, mesmo avaliadas aos 7 anos de idade.

Em conjunto, essas informações são um forte indicativo de superioridade das propriedades organolépticas e anatômicas dos clones 1 e 2 no relativo à textura e conseqüente qualidade de superfície da madeira usinada nas condições utilizadas.

Os valores médios encontrados para os parâmetros de rugosidade avaliados nas madeiras de todos os clones foram inferiores aos relatados por Kilic, Hiziroglu e Burdurlu (2006) para madeiras de *Populus tremula* e *Fagus orientalis*, mesmo após essas terem sido lixadas. E também por Dias Junior *et al.* (2013), para madeiras de *Eucalyptus* sp., nesses trabalhos, os autores também constataram a tendência de aumento do valor desses parâmetros com o aumento da velocidade de avanço, da mesma forma que foi constatado no presente trabalho.

Comparando os resultados da análise visual com base na norma ASTM D-1666 (2011) com os resultados obtidos a partir do rugosímetro, foi possível observar que o clone 1 esteve no grupo dos melhores resultados obtidos para todas as análises realizadas, tanto para a velocidade de avanço de 6 m.min⁻¹ quanto para a velocidade de avanço de 30 m.min⁻¹.

Por se tratar de uma avaliação de maior acurácia da superfície da madeira, a avaliação através do rugosímetro demonstrou que os resultados para o clone 2 não condizem com os das análises visuais indicando que o clone 1 apresenta maior potencialidade de qualidade de superfície na usinagem, podendo esse clone ser caracterizado tanto de forma visual quanto através do rugosímetro.

Conclusão

A avaliação da rugosidade dos clones de cedro australiano (*Toona ciliata*) em conjunto com a norma de análise visual ASTM 1666 (2011) permite obter informações mais detalhadas relativas à superfície usinada da madeira.

A norma de análise visual ASTM 1666 (2011) da superfície usinada dos clones avaliados estima de maneira confiável os possíveis usos das superfícies avaliadas, todavia, uma análise físico-mecânica se faz necessária para determinar a viabilidade dos respectivos usos.

Há aumento da qualidade da superfície usinada dos clones avaliados com a redução da velocidade de avanço e no sentido medula-casca do tronco.

O clone 1 se destacou em ambas as avaliações, sendo o mais indicado para usos que requeiram alta qualidade da superfície usinada.

Referências

AGUILERA, A.; MARTIN, P. Machining qualification of solid wood of *Fagus silvatica* and *Picea excelsa*: cutting forces, power requirements and surface roughness. **Holz als Rohstoff**, Berlin, v. 59, n. 6, p. 483-488, 2001.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D-1666**: standard method for conducting machining tests of wood and wood base materials. Philadelphia, 2011. 19 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11941**: madeira: determinação da densidade básica. Rio de Janeiro, 2003. 6 p.

BHAT, K. M.; BHAT, K. V.; DHAMODARAN, T. K. Wood density and fiber length of *Eucalyptus grandis* grown in Kerala, India. **Wood and Fiber Science**, United States, v. 22, n. 1, p. 54-61, 2007.

BONDUELLE, A. Usinagem, material de corte e desgaste do gume. **Revista da Madeira**, Curitiba, v. 1, n. 64, p. 80-86, 2002.

- COSTA, E. M. A madeira de eucalipto na indústria moveleira. In: SEMINÁRIO SOBRE PROCESSAMENTO E UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE REFLORESTAMENTO, 1996, Curitiba. **Anais [...]** Curitiba: ABPM; SBS, 1996. p. 75-89.
- CRUZ, T. M. **Avaliação da madeira de clones de *Toona ciliata* pela análise da superfície usinada**. 2018. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2018.
- DIAS JÚNIOR, A. F. *et al.* Caracterização da Madeira de Quatro Espécies Florestais para Uso em Movelaria. **Revista Ciência da Madeira**, Pelotas, v. 4, n. 1, p. 93-107, 2013.
- GURAU, L. *et al.* Effect of species and grinding disc distance on the surface roughness parameters of medium density fiberboard. **European Journal of Wood and Wood Products**, Germany, v. 75, n. 3, p. 335-346, 2017.
- KILIC, M.; HIZIROGLU, S.; BURDURLU, E. Effect of machining on surface roughness of wood. **Building and Environment**, England, v. 41, n. 8, p. 1074-1078, 2006.
- MALKOÇOĞLU, A. Machining properties and surface roughness of various wood species planed in different conditions. **Building and Environment**, England, v. 42, n. 7, p. 2562-2567, 2007.
- MITUTOYO. **SJ-400 Surface Roughness Tester - User's Manual**. [S. l.], 2011. p. 14-38.
- PEREIRA, K. M.; GARCIA, R. A.; NASCIMENTO, A. M. Rugosidade da superfície de madeiras amazônicas. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, v. 46, n. 119, p. 347-356, 2018.
- R CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2016.
- SENAI. **Acabador de móveis**. Ubá: CFP; JAGS, 1995. 29 p.
- SENAI. **Fundamentos teóricos da afiação e manutenção de ferramentas para a indústria moveleira e madeireira**. São José dos Pinhais, 1996. 73 p.
- SILVA, J. R. M. *et al.* Parâmetros de qualidade da usinagem para a determinação dos diferentes usos da madeira de *Eucalyptus*. **Cerne**, Lavras, v. 15, n. 1 p. 75-83, 2009.
- SILVA, J. R. M. *et al.* Preparação de superfícies de madeira e derivados para receber acabamento. **Boletim Agropecuário**, Lavras, v. 28, p. 5-26, 1999.
- SILVA, M. P. S. *et al.* Growth and quality of australian cedars saplings originated from different multiclonal minigarden systems. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 37, n. 3, p. 1127-113, 2016.
- SORAGI, L. C. **Qualidade de superfícies usinadas em madeira de *Toona ciliata* M. Roem**. 2009. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.
- SOY, A. S.; ÖHRSTRÖM, C. **Investigation and evaluation of methods for measuring surface texture on worktops and kitchen fronts**. 2013. Thesis (Master) – Lund University, Lund, 2013.
- TAYLOR HOBSON. **Surtronic S116 operation instructions**. [S. l.], 2008. Disponível em: <http://taylorhobson.com.br/detalhes.asp?linha=1&categ=1>. Acesso em: 24 jun. 2017.
- TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; MENDES, L. M. Influência da idade nas características físico-químicas e anatômicas da madeira de *Eucalyptus saligna*. **Cerne**, Lavras v. 2, n. 1, p. 94-111, 1996.
- WEISSENSTEIN, C. Usinagem, condições da ferramenta decide bom acabamento. **Revista da Madeira**, Curitiba, n. 57, p. 30-32, 2000.
- WEST, P. W. **Growing plantation forests**. 2th ed. [S. l.]: Springer International Publishing, 2014. 329 p.