



THIAGO MOREIRA CRUZ

**AVALIAÇÃO DA MADEIRA DE CLONES DE *Toona Ciliata*
PELA ANÁLISE DA SUPERFÍCIE USINADA**

**LAVRAS – MG
2018**

THIAGO MOREIRA CRUZ

**AVALIAÇÃO DA MADEIRA DE CLONES DE *Toona Ciliata* PELA ANÁLISE DA
SUPERFÍCIE USINADA**

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

Prof. Dr. Sebastião Carlos da Silva Rosado
Orientador

Prof. Dr. José Reinaldo Moreira da Silva
Coorientador

Prof. Dr. José Tarcísio Lima
Coorientador

**LAVRAS – MG
2018**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Cruz, Thiago Moreira.

Avaliação da madeira de clones de *Toona ciliata* pela análise da superfície usinada / Thiago Moreira Cruz. - 2018.

36 p. : il.

Orientador(a): Sebastião Carlos da Silva Rosado.

Coorientador(a): José Reinaldo Moreira da Silva, José Tarcísio Lima.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Lavras, 2018.

Bibliografia.

1. Cedro australiano. 2. Superfície de madeira usinada. 3. Rugosidade. I. Rosado, Sebastião Carlos da Silva. II. Silva, José Reinaldo Moreira da. III. Lima, José Tarcísio. IV. Título.

THIAGO MOREIRA CRUZ

**AVALIAÇÃO DA MADEIRA DE CLONES DE *Toona Ciliata* PELA ANÁLISE DA
SUPERFÍCIE USINADA
EVALUATION OF THE *Toona Ciliata* CLONES WOOD BY THE MACHINING
SURFACE ANALYSIS**

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

APROVADO em 28 de fevereiro de 2018.

Dr. José Reinaldo Moreira da Silva
Dr. Fábio Akira Mori
Dr. João Vicente de Figueiredo Latorraca

UFLA
UFLA
UFRRJ

Dr. Sebastião Carlos da Silva Rosado
Orientador

**LAVRAS – MG
2018**

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades.

Aos meus queridos pais, Clair e Roselita, pelo apoio, carinho e confiança disposto a mim nesse momento.

A meu irmão, Bruno, pelo companheirismo e irmandade.

À Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, seus professores e as amigadas que carregarei para o resto da vida, em especial ao Iago, Jailton, Rafaela e Victor.

À Universidade Federal de Lavras e ao programa Ciência e Tecnologia da Madeira, pela oportunidade de enriquecimento do conhecimento.

Aos meus amigos Cilene, Lara, Paulo, Rodrigo, Thomaz e Wendel pelo apoio e momentos singulares nesse período.

Aos funcionários Carlos, Heber e Raisa pela amizade, comprometimento e apoio com este trabalho.

À empresa Bela vista Florestal por conceder os materiais para este trabalho.

A meu orientador e amigo Sebastião Carlos da Silva Rosado.

À Comissão de Aperfeiçoamento de Pessoal do Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo.

A todos demais amigos e pessoas que de forma direta ou indireta fizeram parte deste trabalho.

RESUMO

O uso e o custos de produtos de madeira serrada estão diretamente ligados ao grau de qualidade desejável do produto. O mercado moveleiro é exemplo disto, pois, quanto melhor a qualidade superficial do produto, maior será seu valor comercial. A madeira é um material heterogêneo e anisotrópico, o que promove comportamento diferenciado durante o processo de beneficiamento do material. Conhecer o comportamento durante o processo de usinagem é um importante parâmetro para que possamos caracterizar e dar usos específicos para cada material. Assim, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a qualidade da superfície da madeira de clones de *Toona Ciliata* Var. *australis* avaliar seus potenciais de uso após o processo de usinagem e definir entre os clones avaliados o de maior potencial. Foram selecionadas trinta e cinco árvores (7 clones x 5 repetições) dos plantios, das quais foram retiradas toras de 1m de comprimento (0,3 a 1,3m a partir da base) que foram desdobradas em tábuas. A secagem ocorreu ao ar livre até atingir a umidade de equilíbrio. O processo de usinagem das tábuas ocorreu nas velocidades de avanço de 6 m.min⁻¹ e 30 m.min⁻¹. As avaliações da qualidade da superfície foram realizadas conforme a norma técnica ASTM D-1666/11. Os ensaios de rugosidade foram feitos com um rugosímetro da marca Taylor Hobson, modelo Surtronic S116. Entre os sete clones, o denominado FE, apresentou maior potencialidade de 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. Superfície de madeira usinada. Rugosidade.

ABSTRACT

The application and costs of wood milled products depends of the desired degree of quality of the product. The furniture market is an example of this, because the value increases according to the quality of the product. Wood is a heterogeneous and anisotropic material, what is responsible for special conditions of manufacturing needs. The wood behavior on machining process is an important parameter to characterization and adequate application of each wood specie. The main goal of this research was to evaluate wood surface quality of *Toona Ciliata* Var. *australis* clones, as well as to determinate potentiality of applications after machining process, and define the best clone among the evaluated material. We have selected thirty-five trees (7 clones x 5 samples), and from each tree, we cut logs of 1m lengths (0,3 a 1,3m tree height) to made timber board to analysis. Air drying were performed until equilibrium moisture content (EMC). The boards machining cutting were made on feed rates of 6 m.min⁻¹ and 30 m.min⁻¹. The evaluations of wood surface qualities were done according to the technical norm ASTM D-1666/11. Roughness test were performed on a Taylor Hobson Surtronic S116. Among the seven clones, the encoded as FE presented best potentiality of machining surface quality, and, in general, high rates of advancement result in reduction of surface quality.

Keywords: Australian red cedar. Wood machined surface. Roughness.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
2.1 <i>Toona ciliata</i> M. Roem.....	3
2.2 Usos sólidos da madeira	4
2.3 Usinagem da madeira	4
2.4 Influência das propriedades da madeira na usinagem	5
2.5 Qualidade da superfície usinada	6
2.6 Qualificação da Superfície Usinada	7
2.6.1 Qualificação pela Norma ASTM D-1666/11 (ASTM, 2011).....	8
2.6.2 Qualificação pelo rugosímetro.....	9
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	12
3.1 Local e Origem do Material.....	12
3.2 Preparo do material e confecção dos corpos de prova.....	12
3.3 Ensaio de Usinagem	13
3.4 Qualificação da superfície usinada	14
3.4.1 Avaliação visual	15
3.4.2 Rugosímetro	15
3.5 Análise estatística	16
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
4.1 Qualificação pela norma ASTM D-1666/11	17
4.2 Rugosidade da superfície usinada	19
5 CONCLUSÃO.....	25
6 SUGESTÃO	25
REFERÊNCIAS	26

1 INTRODUÇÃO

A qualidade da madeira como matéria-prima para as indústrias de transformação e de bens de produção é altamente relevante para propiciar os padrões almejados de qualidade e de valor dos produtos finais madeireiros. Assim, alcançar esta qualidade é um constante desafio para o setor, tendo em vista que o grau de defeitos da madeira pode limitar o seu uso e aplicações. Diante disso, várias espécies até então pouco disseminadas nas referidas indústrias vem ocupando mais espaço, dado as necessidades de inovações tecnológicas que estas têm para reduzir os seus custos de produção e, assim, se manterem ou alcançarem novos mercados. O cedro australiano (*Toona ciliata* var. *australis*) pode ser citado como um exemplo, sendo uma espécie que se destaca pelo rápido crescimento e qualidade do fuste, que é, por muitos, considerada similar a outras espécies de meliáceas amplamente conhecidas no mercado.

Para o mercado de madeiras sólidas, destinadas às indústrias madeireiras, uma das maneiras de se determinar o potencial de uso da referida matéria-prima se baseia na superfície usinada, levando-se em conta o acabamento da mesma, em que peças de qualidades superiores possuem maior demanda pelos setores mais exigentes, como o da indústria moveleira e da construção civil.

Como forma de garantir padrões de qualidade do acabamento muitas indústrias treinam seus avaliadores para que possam classificar seus estoques com base na qualidade visual da superfície. Entretanto, este tipo de avaliação apresenta algum grau de subjetividade e, conseqüentemente, pode superestimar ou subestimar a qualidade e comprometer o uso final após o processo industrial. Para auxiliar a obtenção da padronização nessa avaliação, alguns métodos têm sido propostos, dentre eles destaca-se a norma ASTM D-1666/11 (ASTM, 2011), a qual estabelece parâmetros qualitativos de avaliação da superfície da madeira após o processamento mecânico.

Outra forma de verificar a qualidade da superfície do material após a usinagem é através de técnicas até então pouco empregadas no âmbito industrial, como por exemplo, rugosímetro de agulha, perfilometria, análise de imagens, ultrassom e microscopia (MARTINS et al., 2011).

A rugosidade em superfícies de madeira usinadas é influenciada por inúmeros fatores, sendo, os principais, grã, largura dos anéis de crescimento, raios, nós, madeira de reação, relação entre lenho inicial e tardio e tipo de processo de usinagem empregado (TAYLOR et al., 1999). Assim, é possível inferir que todos os fatores intrínsecos à madeira são decorrentes do

processo biológico de formação da própria madeira, o que permite conjecturar que, para uma mesma espécie, além da idade e de outros fatores do meio à constituição genética das árvores pode ter um papel fundamental na expressão da qualidade da superfície usinada da madeira.

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo geral avaliar entre os clones o de maior potencial e definir usos da madeira de cedro australiano (*Toona ciliata* M. Roemer Var. *australis*) com base na avaliação da qualidade da superfície usinada através da norma ASTM D-1666/11 e do rugosímetro. Além disso, foram analisados os efeitos das velocidades de avanço e possíveis variações no sentido radial sobre a superfície usinada das madeiras.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 *Toona ciliata* M. Roem

A espécie *Toona ciliata* M. Roem, comumente conhecida como cedro australiano ou cedro vermelho (pertencente à família Meliaceae, subfamília Swietenioideae e Tribo Cedreleae), é uma espécie proveniente das partes do sul da Ásia, através da Nova Guiné até a Austrália, onde é encontrada na costa leste entre o sul de Queensland e o norte de Nova Gales do Sul. Devido a qualidade e valor da madeira, esta espécie é intensamente utilizada desde a colonização europeia, especialmente para armários, por sua fácil trabalhabilidade, textura e cor. Suas características são ideais para a produção madeireira (ANBG, 2017), com crescimento similar ao de outras espécies nativas e exóticas de alto valor (STYLES, 1972; TARNOWSKI, 2007; NISGOSKI et al., 2011).

O cedro australiano se assemelha ao cedro brasileiro nativo (*Cedrela odorata* e *C. fissilis*), o que agrega valor aos produtos fabricados (SILVA, 2016). Comparado com o mogno, o cedro apresenta um ciclo de corte mais rápido, além de melhores características dendrométricas (BERNARDES et al., 2009). As árvores desta espécie podem chegar até 50 m de altura e 2 m de diâmetro em seus locais de origem (PINHEIRO et al., 2006). Sua madeira possui cor vermelha-clara escurecendo-se com o tempo, brilhante, textura moderadamente grosseira, madeira uniforme, grã direita a levemente revessa e boa trabalhabilidade (KLEIN et al., 2016).

No Brasil, a *Toona ciliata* M. Roem, encontra condições favoráveis ao seu pleno cultivo, principalmente no sul da Bahia e em toda a região sudeste, com destaque para o Espírito Santo e Minas Gerais (ZIECH, 2008). Possui bom desenvolvimento em regiões de 500 a 1500 metros de altitude, regime pluviométrico de 800 a 1800 mm/ano e temperatura em torno de 20 a 26°C. É uma espécie tolerante a geada leve de curta duração e sobrevive a temperaturas mínimas absolutas pouco abaixo de 0°C, não tolera solos argilosos, compactados ou pobres, tendo preferência por solos calcários (PINHEIRO et al. 2003; 2006).

O cedro australiano fornece madeira de boa qualidade para marcenaria e construção civil, por isso vem recebendo maiores investimentos visando à produção de madeira serrada, além de também ser utilizado para arborização em parques e jardins, na produção de lâminas e

compensados decorativos, construção de barcos e na indústria de móveis (NISGOSKI et al., 2011).

2.2 Usos sólidos da madeira

Acompanhando o crescimento populacional, a extração das florestas tem ocorrido de forma intensa e desordenada. Este fato se deve às diversas aplicações da madeira na sociedade, ganhando destaque os mercados de construção civil e moveleiro.

No Brasil, em 2016, o mercado moveleiro e afins possuía cerca de 20,5 mil empresas, ocupando o quinto lugar no ranking mundial, tendo faturamento anual em torno de 58,1 bilhões (IEMI, 2017), mas esse setor ainda possui grande potencial de crescimento, tanto para o mercado nacional, quanto internacional.

Os processos de secagem, usinagem, acabamento de superfícies e o baixo rendimento na transformação da matéria-prima em produtos acabados são alguns dos grandes problemas encontrados pelas indústrias (SILVA, 2002). Desta maneira, conhecer as condições nas quais as máquinas são utilizadas, assim como os seus respectivos desgastes, vibrações indesejadas e os parâmetros de usinagem em relação operador-máquina são de fundamental importância para que se alcance a qualidade final desejada (BET, 1999) e também maior aproveitamento da matéria-prima.

O processo de escolha da madeira mais adequada a cada tipo de uso precisa apresentar espécies alternativas com propriedades semelhantes às das espécies tradicionais (IPT, 2003). Assim, é necessário conhecer completamente o material ao qual pretende-se trabalhar, bem como os fatores tecnológicos que podem influenciar na sua utilização, sendo importante realizar estudos sobre o comportamento das diferentes espécies florestais perante aos processos de usinagem de serramento, fresamento e furação e as interações dos fatores inerentes às ferramentas e às condições de corte (LUCAS FILHO E BOEHS, 2007).

2.3 Usinagem da madeira

Usinagem da madeira consiste em todo ou qualquer processamento no qual se utilize de ferramentas cortantes, visando a qualidade do produto (SILVA et al. 2005). Para todo processo de usinagem, as fibras da madeira são raramente cortadas, e sim, arrancadas. Tal fato se explica

devido à grande dimensão dos gumes de corte das ferramentas em relação às dimensões das fibras. Essas apresentam dimensões, geralmente, menores que os raios dos gumes das ferramentas utilizadas na usinagem (SILVA et al., 1999).

De acordo com BONDUELLE (2002) o processo de usinagem pode ser explicado pela função “5M”:

- **Matéria-prima:** relaciona-se a todas as propriedades e interações com o processo da madeira;
- **Máquina:** todos os aspectos construtivos das máquinas incluindo os dispositivos de fixação, de condução e de exaustão de cavacos que visam melhoria da operação de usinagem;
- **Metodologia:** definições previamente estabelecidas dos parâmetros de usinagem a serem utilizados, bem como escolha das ferramentas mais adequadas para otimizar o processamento;
- **Meio ambiente:** todas as fases de processamento devem evitar degradações do ambiente com pensamento de melhor aproveitamento da matéria-prima, minimizando os resíduos e ruídos;
- **Mão de Obra:** o executor das tarefas de usinagem deve ser bem treinado passando pelo pressuposto do total conhecimento de todas estas funções de usinagem para que se possa interferir, caso necessário, em qualquer dos itens anteriores, a fim de obter melhor resultado final.

Todos os elementos citados acima irão interferir na qualidade da superfície usinada da madeira, pois definem os parâmetros de corte. Sendo assim, essas escolhas devem ser as mais adequadas possíveis para otimizar o processamento (SORAGI, 2009), pois é de conhecimento que o objetivo de usinar a madeira não é somente cortá-la, mas obter da forma desejada em relação às dimensões e à qualidade da superfície, tão exato e econômico quanto possível (SILVA, 2002). Para se conhecer a trabalhabilidade de cada tipo de madeira é preciso conhecer a interação de suas propriedades com os parâmetros de usinagem (SILVA et al., 2005).

2.4 Influência das propriedades da madeira na usinagem

A densidade básica é uma das características que melhor expressa sua qualidade por ser resultado da complexa combinação de outras propriedades da madeira. Assim, a avaliação da

qualidade da madeira com base na sua densidade pode ser útil do ponto de vista tecnológico, sendo até indicador das propriedades da madeira (MATTOS et al., 2011).

As propriedades mecânicas inferem sobre o comportamento da madeira quando submetidos a esforços de natureza mecânica. A determinação da resistência à compressão axial (na direção paralela às fibras), à flexão estática, resistência a tração, cisalhamento nos sentidos paralelo e normal as fibras, compressão perpendicular às fibras, resistência à flexão dinâmica (impactos ou choques) e elasticidade são importantes industrialmente, além disso é especialmente importante para a usinagem, a dureza superficial (KOCH, 1964).

A umidade também influencia sobre a usinabilidade da madeira, tendo em vista que quando a madeira é seca a umidades abaixo do ponto de saturação das fibras (PSF), há redução dos espaços submicroscópicos entre as microfibrilas formadoras da parede celular, aumentando a rigidez da mesma e com isso, aumentando a resistência ao corte (KOCH, 1964).

Outras características da madeira também são importantes no que se diz respeito a usinabilidade e ao setor moveleiro, apresentando influência direta nas características valorizadas na confecção de móveis, como por exemplo as propriedades organolépticas que são percebidas pelo sentido humano tais como visão, olfato e tato, cor, odor, textura e o brilho (KOLLMANN e COTÊ, 1984).

A madeira tem alta diversidade em suas características naturais e as diferentes etapas do processo de fabricação devem ser capazes de lidar com isso, já que no processamento da madeira, cada etapa afeta a utilização do material e a eficiência de custos, sendo, portanto, de grande importância para o rendimento final do processo. (BROMAN e FREDRIKSSON, 2012).

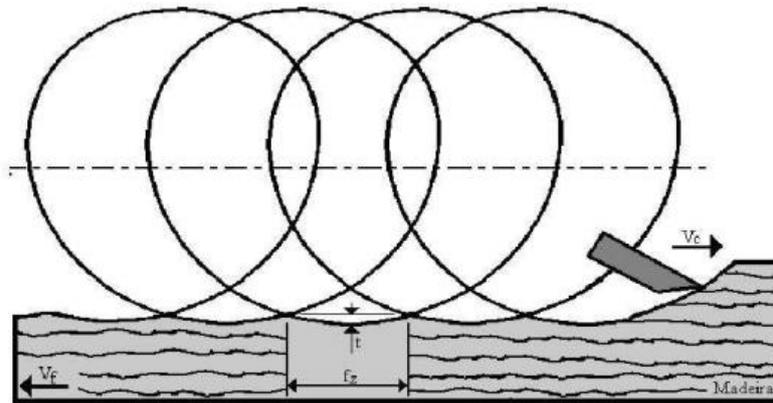
2.5 Qualidade da superfície usinada

Entende-se como qualidade da superfície usinada em madeira a presença ou ausência de arrancamentos e/ou arrepiamentos que ocorrem após o processo de usinagem. Quando comparado aos metais, a mensuração da qualidade da superfície usinada em madeiras e seus derivados requer análise mais detalhada (SORAGI, 2009).

Na literatura são encontradas diferentes definições para a qualidade da usinagem em madeiras. Alguns pesquisadores conceituam a qualidade apenas por meio dos valores normativos da usinagem, através do cálculo do avanço por dente (fz) ou da profundidade do arco cicloide (t) (Figura 1), enquanto outros consideram não somente os parâmetros indicados

acima, mas também a presença de falhas na superfície, que são geradas em função da estrutura da madeira, pela presença dos diferentes tipos de células, de suas diferentes dimensões e orientações (SILVA, 2002).

Figura 1 – Grandezas de corte em aplainamento cilíndrico na direção discordante.



Legenda: fz - avanço por dente, Vc - velocidade de corte e Vf - velocidade de avanço.
Fonte: SILVA (2002).

A falta de um método padrão e específico para superfície da madeira permite aos pesquisadores usar padrões e recomendações gerais para metais ou outros materiais homogêneos. Infelizmente, em várias publicações, faltam informações importantes, como por exemplo, erros de formulações dos parâmetros ou sobre o filtro e o comprimento de corte utilizados na avaliação da rugosidade via rugosímetro. Nestas circunstâncias, é difícil comparar o mesmo tipo de processamento, porque os resultados podem diferir da forma como os dados de superfície foram medidos e avaliados (GURAU et al., 2017).

A redução da qualidade de acordo com o aumento da velocidade de avanço está relacionada com a estrutura da madeira, pois, além de aumentar o avanço por dente, altas velocidades de avanço provocam mais arrancamento de fibras (SILVA et al., 2008).

2.6 Qualificação da Superfície Usinada

Com os avanços tecnológicos, diversas técnicas vêm sendo desenvolvidas afim de ampliar e facilitar as avaliações do material submetido ao processo de usinagem. Os primeiros estudos que se têm relatos voltados para a rugosidade como propriedades dos materiais iniciaram-se antes de 1939, possuindo primeiramente como foco a indústria de metal. Já os

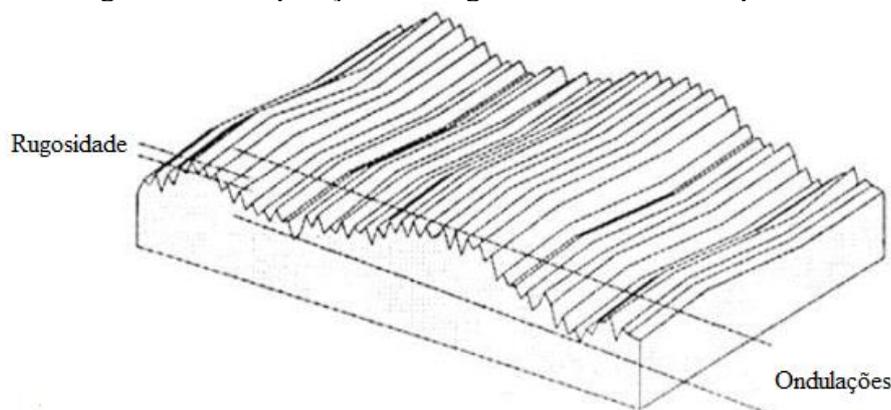
primeiros estudos sobre rugosidade da madeira que se tem registro foram iniciados por volta de 1950 (SORAGI, 2009).

Devido à complexidade estrutural da madeira, a maioria das pesquisas que possuíam o objetivo de qualificar as superfícies usinadas deste material apresentou dificuldades (SILVA, 2002). Assim, em 1987 foi criada a norma ASTM D-1666/11 voltada para a qualificação de superfícies usinadas em madeira.

Para auxiliar a norma, outros métodos que até então não se aplicavam ao material madeira devido a sua complexidade, vem ganhando espaço, entre eles o rugosímetro que visa o acompanhamento na escala micro do perfil da superfície da madeira.

Cada vez é dada mais importância à análise de rugosidade, visto que ela influencia em diversas propriedades de um determinado componente. A irregularidade da superfície é o resultado da rugosidade mais as ondulações do material (Figura 2) e para que haja uma avaliação precisa deve-se adotar o uso do rugosímetro.

Figura 2 – Composição da irregularidade de uma superfície.



Fonte: GAFF et al., (2017).

2.6.1 Qualificação pela Norma ASTM D-1666/11 (ASTM, 2011)

Para produtos à base de madeira, a norma ASTM D-1666, implementada pela primeira vez em 1987 com atualização em 2011, define procedimentos de teste para operações que são comuns para a indústria madeireira.

Através de métodos visuais esta norma visa qualificar superfícies usinadas em madeira considerando os defeitos (arrancamentos e arpejiamentos) existentes nas superfícies que foram

gerados pelo ataque da ferramenta. O processo basicamente consiste em atribuir notas que variam de 1 a 5 (Tabela 1) de acordo com cada material avaliado.

Tabela 1 – Notas atribuídas para cada qualidade da superfície de madeira usinada.

Notas	Qualidade da superfície da madeira usinada
1	Superfície isenta de quaisquer defeitos
2	Presença de arrepiamento leve a médio
3	Presença de arrepiamento forte e arrancamento leve
4	Presença de arrepiamento forte e arrancamento leve a médio
5	Presença de arrancamento forte, independente da presença de arrepiamento

Fonte: ASTM D-1666/11 (2011).

Por se tratar de um método visual, a subjetividade pode acarretar possíveis erros e divergência entre avaliadores. Para minimizar este problema faz-se necessário realizar um treinamento rigoroso entre os avaliadores.

Métodos mais precisos estão sendo desenvolvidos com o intuito de reduzir possíveis erros que um treinamento inadequado pode gerar. Neste sentido, SILVA (2002) sugeriu que fossem utilizados outros métodos mais precisos e considerou utilizar os métodos ópticos e mecânicos para qualificação da superfície usinada em madeiras.

2.6.2 Qualificação pelo rugosímetro

Os rugosímetros são equipamentos que determinam perfis lineares em superfícies de materiais. Estes, capturam variações verticais em função do deslocamento horizontal e foi inicialmente usado para verificar rugosidade em materiais como metais, plásticos, entre outros. Estudos realizados por Silva et al. (2006) mostraram que o rugosímetro de arraste pode ser utilizado para verificação de texturas de superfícies usinadas de madeira.

O equipamento nos fornece parâmetros de rugosidade, denominados: R_p , R_v , R_z , R_c , R_t , R_a , R_q , R_{sk} , R_{ku} , R_{mr} e R_{dc} , os quais cada um destes possui uma equação única que permite gerar um valor absoluto para cada perfil amostrado. A escolha do parâmetro ideal é em função do material utilizado e da coerência dos dados com a realidade, para a madeira os parâmetros mais usuais são R_a e R_z , entretanto já possui na literatura trabalhos com resultados satisfatórios com o parâmetro R_q . Estes três últimos parâmetros foram analisados neste trabalho.

O parâmetro Ra é a média aritmética dos valores absolutos das ordenadas $Z(x)$ dentro de um comprimento dos desvios avaliados (Equação 1).

$$Ra = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |Y_i| \quad (1)$$

Em que:

Ra = Parâmetro de rugosidade absoluto (μm)

Y_i = Valores absolutos das ordenadas de afastamento, em relação à linha média

n = Número de leituras

O parâmetro Rz é a soma do maior pico (Zp) e o maior vale (Zv) dentro de uma amostragem de comprimento (Equação 2).

$$Rz = |Max Zp| + |Max Zv| \quad (2)$$

Em que:

Rz = Parâmetro de rugosidade absoluto (μm)

$Max Zp$ = Maior pico da amostragem

$Max Zv$ = Maior vale da amostragem

O parâmetro Rq é o valor médio da raiz dos valores $Z(x)$ dentro de um comprimento da amostragem (Equação 3).

$$Rq = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_i^2} \quad (3)$$

Em que:

Rq = Parâmetro de rugosidade absoluto (μm)

Z_i = Valores absolutos das ordenadas de afastamento, em relação à linha média

Os parâmetros de rugosidade Ra , Rz e Rq baseiam-se nas medições da textura da superfície do material. Quanto menor o valor desses parâmetros menor é a rugosidade do material.

Os parâmetros médios Ra e Rq são comumente utilizados como indicadores de rugosidade, mas sozinhos não fornecem informações suficientes sobre a topografia da superfície da madeira. Muitas superfícies diferentes podem apresentar Ra semelhantes (GURAU et al., 2017).

Em comparativo com outras espécies MARTINS (2008) avaliou parâmetros de rugosidade (Ra e Rz) na direção das fibras para Carvalho ($Ra = 2,44$ e $Rz = 16,78$), Mogno ($Ra = 3,20$ e $Rz = 20,72$), Jatobá ($Ra = 2,92$ e $Rz = 18,80$), Ipê ($Ra = 2,99$ e $Rz = 19,71$), Sucupira ($Ra = 2,70$ e $Rz = 17,67$). Enquanto BLANCO-FLÓREZ et al. (2015) estudando *Tectona grandis* verificou, $Ra = 2,36$ e $Rz = 13,18$.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local e Origem do Material

Foram utilizados neste trabalho, sete clones, com 7 anos de *Toona Ciliata* Var. *australis* cultivados na empresa Bela Vista Florestal, situada em Campo Belo, no sul de Minas Gerais. Esses clones foram selecionados pela produtividade, evitando bordaduras e fustes tortuosos de acordo com as médias por clones de diâmetro e altura do peito (Tabela 2), para cada clone foram selecionadas cinco árvores (repetições).

Tabela 2 – Valores médios de diâmetro altura do peito, altura e densidade dos clones.

Clone	Código	DAP (cm)	Altura (m)	Densidade (g/cm ³)
1	FE	24,36	17,10	0,318
2	XD	29,50	17,30	0,280
3	XE	26,50	16,90	0,253
4	XF	25,50	17,50	0,266
5	MB	24,30	15,00	0,306
6	MD	22,60	14,50	0,313
7	XB	26,90	16,30	0,298

Fonte: Do autor (2018).

3.2 Preparo do material e confecção dos corpos de prova

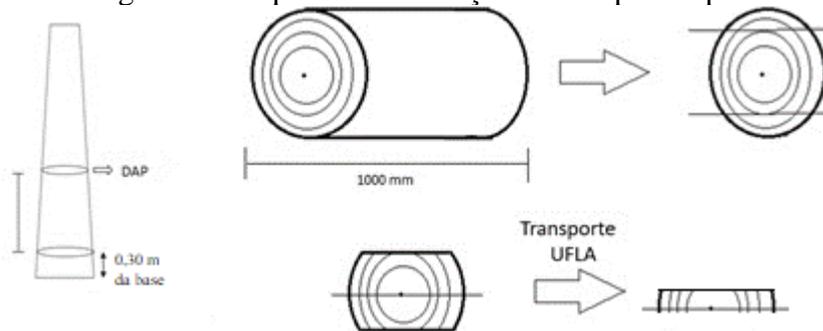
As árvores selecionadas foram abatidas e retiradas toras de um metro (0,30 a 1,30 metros), em seguida foram levadas para o pátio de desdobro e secagem da empresa Bela Vista Florestal, onde os primeiros cortes foram realizados por meio da serra móvel SMM-4 (Figura 3). Inicialmente retiraram-se duas costaneiras opostas, para facilitar o acomodamento das toras durante o transporte. O material foi encaminhado para a unidade experimental de desdobro e secagem da madeira (DCF-UFLA), onde foram desdobradas em tábuas com as dimensões de 1000 x 100 x 2,5 mm (C x L x E), a secagem foi realizada ao ar livre e sombreadas. Os corpos de prova então foram constituídos a partir de 35 árvores (7 clones x 5 repetições) e para cada árvore foi retirada uma tábua próxima a medula (Figura 4).

Figura 3 – Árvores selecionadas em campo (A), Transporte das toras amostradas (B), Retirada de duas costaneiras (C) e Pilha para secagem ao ar livre (D).



Fonte: Do autor (2018).

Figura 4 – Esquema de obtenção dos corpos de prova.



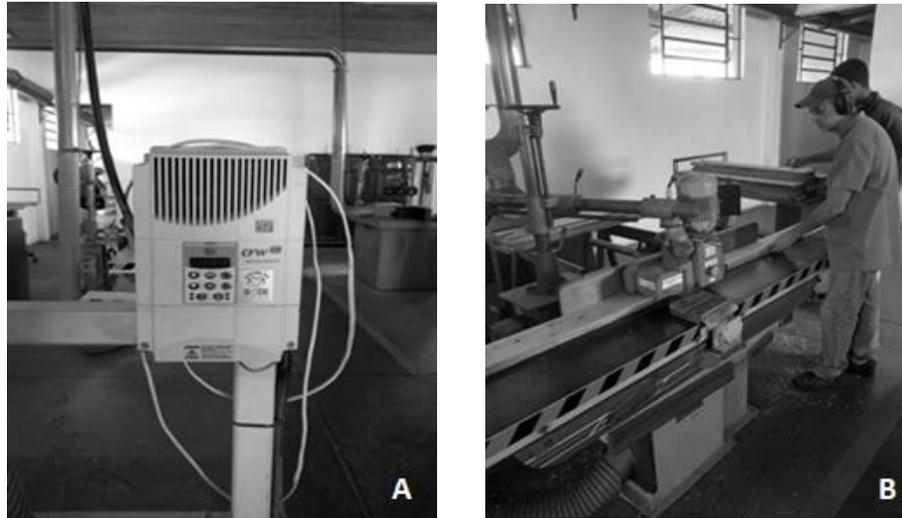
Fonte: Do autor (2018).

3.3 Ensaio de Usinagem

Após atingido a umidade de equilíbrio no processo de secagem, as tábuas foram encaminhadas ao laboratório de usinagem da madeira (DCF/UFLA) e em seguida foram desempenadas e desgrossadas em suas faces e cantos. Para uma mesma tábua foram utilizadas diferentes velocidades de avanço em cada uma de suas duas faces $6 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ e $30 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$. As velocidades de avanço foram controladas por inversor de frequência ligado ao alimentador de

avanço (Figura 5). Todas as tábuas foram usinadas aleatoriamente para evitar a influência do desgaste dos gumes.

Figura 5 – Inversor de frequência (A), Usinagem nas velocidades de avanço de $6 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ e $30 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ (B).



Fonte: Do autor (2018).

3.4 Qualificação da superfície usinada

Posterior à usinagem, as tábuas foram encaminhadas para a câmara climática com temperatura e umidade controladas [$T = (20 \pm 2) ^\circ\text{C}$ e $UR = (60 \pm 5) \%$] do Laboratório de Ciência e Tecnologia da Madeira (DCF/UFLA). Em cada tábua foram marcadas 3 posições radiais, sendo: C – posição próximo a medula, I – posição intermediária entre medula e casca e E – posição próximo a casca, conforme figura 6.

Figura 6 – Regiões amostradas radialmente entre externa, intermediário e central.



Fonte: Do autor (2018).

3.4.1 Avaliação visual

A qualificação da superfície teve início pela avaliação visual, de acordo com o descrito na ASTM D-1666/11 (ASTM, 2011). Para cada corpo de prova foi concedida nota, de 1 a 5 (Tabela 1), para cada posição, região e para as duas velocidades (Faces da tábua).

Três pessoas foram devidamente treinadas para a avaliação e as notas foram atribuídas isoladamente. Após esta etapa, as notas foram comparadas, e em caso de discordância uma nova avaliação em conjunto foi realizada.

3.4.2 Rugosímetro

Após a avaliação visual, em cada tábua foi avaliado a rugosidade e para isso foi utilizado rugosímetro de arraste (Figura 7), modelo Surtronic S116 (Taylor Hobson, 2008).

Figura 7 – Rugosímetro de arraste.



Fonte: Do autor (2018).

Os parâmetros para avaliação da rugosidade foram R_a , R_z e R_q devido a melhor qualificação da superfície da madeira e ampla utilização na literatura. Assim, em cada face das tábuas, foram realizadas medições (Figura 8) nas extremidades e central, nas respectivas posições radiais e paralelamente as fibras. Ao fim obteve-se 15 medições por face, todas as medições foram realizadas no sentido da fibra com “cut-off” 0,80 mm utilizando o filtro gaussiano, comprimento da medição 4,0 mm e range de 100 μm .

Figura 8 – Sentido da qualificação da superfície usinada através do rugosímetro.



Fonte: Do autor (2018).

3.5 Análise estatística

Na avaliação do experimento foi utilizado delineamento inteiramente casualizado disposto em esquema fatorial triplo 7 x 3 x 2 (clone, posição radial e velocidade de avanço). As unidades experimentais foram as faces aplainadas das tábuas. As variáveis avaliadas foram:

- Ra (μm)
- Rz (μm)
- Rq (μm)

A comparação múltipla de médias foi feita com o teste de Scott-Knott (5%). As notas da análise visual foram avaliadas em relação ao percentual de corpos de provas para velocidades de avanço, clones e por posição radial (central, intermediário e externo).

As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o *software* R 3.3.2, com os pacotes *base* (R CORE TEAM, 2016).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Qualificação pela norma ASTM D-1666/11

Os resultados da análise visual para os parâmetros avaliados de velocidade de avanço (6 m.min^{-1} e 30 m.min^{-1}), clone e posição radial (Central – Externo) de acordo com a norma ASTM D-1666/11 são apresentados sob a forma de percentuais de corpos de prova por nota (tabela 3).

Tabela 3 – Valores percentuais de corpos de prova classificados, segundo ASTM D-1666/11 (2011), nas velocidades de 6 m.min^{-1} e 30 m.min^{-1} , para os clones e para as variações radiais.

Fator de variação	Percentual de corpos de prova por qualidade obtida (%)				
	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					
FE	0	33	13	37	17
MB	0	13	47	33	7
MD	3	3	23	60	10
XB	0	10	37	37	17
XD	3	43	17	37	0
XE	3	30	30	33	3
XF	3	37	27	23	10
Posição					
Central	0	17	23	46	14
Intermediária	1	19	23	43	9
Externa	4	37	31	23	4

Fonte: Do autor (2018).

Na tabela 3 observou-se que 34% dos corpos de prova usinados à velocidade de avanço de 6 m.min^{-1} obtiveram notas superiores de qualidade de superfície, excelente (nota 1) e boa (nota 2), enquanto apenas 18% dos corpos de prova usinados com velocidade de avanço de 30 m.min^{-1} apresentaram valores superiores para a operação de aplainamento. Estes resultados também foram encontrados por SILVA et al. (2009) e SORAGI (2009), evidenciando menor necessidade de processos de lixamento após a usinagem para a maioria das peças usinadas sobre essas condições.

Considera-se, que o lixamento pode interferir no dimensionamento da espessura da peça trabalhada, este processo deve ser reduzido a nível industrial, pois, afeta a precisão das medidas usinadas e dificulta as aplicações que requeiram peças de dimensões precisas para encaixes perfeitos. Além disso, a eliminação da necessidade de lixamento de superfícies usinadas contribui para redução de custo final da produção.

Na tabela 3, observou-se ainda que os corpos de prova com velocidade de avanço de 6 m.min^{-1} apresentaram menores percentuais de corpos de prova reprovados no ensaio de aplainamento de superfície, nota 4 (ruim) e 5 (péssima), quando comparado com o material usinado a 30 m.min^{-1} . Isso se deu 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 o acabamento da superfície da madeira.

Em relação aos clones, foram avaliadas em conjunto as amostras usinadas a 6 m.min^{-1} e 30 m.min^{-1} , de forma aleatória, visando assim oferecer ao conjunto ambas as situações de usinagem. Os clones XD, XF, XE e FE apresentaram 46, 40, 33 e 33% de corpos de provas com valores superiores (notas 1 e 2) para o processo de aplainamento, enquanto os demais clones estudados XB, MB e MD não foram indicados para usos que necessite de alta qualidade de superfície, por apresentarem menos de 20% de corpos de prova com notas 1 e 2.

Os resultados demonstraram ainda que os clones MB, XB, XE e XF 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 decréscimo de qualidade da superfície no sentido externo-central, as amostras retiradas na posição externa mais próxima a 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 central apresentou 20 e 17% de corpos de

prova com notas 1 e 2, respectivamente, corroborando com os resultados encontrados por SORAGI (2009) para a mesma espécie descrita nesse trabalho.

Esta variação externo-central já era esperada, pois se tem conhecimento de que as regiões mais externas do tronco são constituídas em sua maioria por lenho adulto, composto, geralmente, por células mais alongadas e com maior espessura de parede celular, bem como maior densidade, fazendo assim, com que a qualidade da usinagem seja melhor. De forma contrária, no centro das toras encontramos o lenho juvenil, material de crescimento mais rápido, geralmente com células mais curtas e paredes celulares mais finas, bem como menor densidade do material, o que facilita o arrancamento durante a usinagem, gerando mais imperfeições de superfície.

Considerando as qualidades obtidas conforme a norma ASTM D-1666/11 (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 aparentes, 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 não aparentes de telhados e cercas divisórias e/ou portões externos.

Para todos os casos, foram consideradas apenas a utilização da superfície aplainada com todos os aspectos existentes, sem a necessidade de utilização de lixamentos. A afirmação dos usos deve-se por fim após a avaliação completa do material, desde a avaliação da resistência mecânica, bem como características físicas e anatômicas do material.

4.2 Rugosidade da superfície usinada

Na tabela 4 são apresentados os resultados estatísticos da análise de variância entre os fatores estudados, ou seja, clone, posição radial e velocidades de avanço.

Tabela 4 – Resumo da análise de variância para a rugosidade da madeira de *Toona ciliata* sob os fatores de clone, posição central-externa e velocidade de avanço.

Fonte de variação	G.L.	<i>Ra</i>	<i>Rz</i>	<i>Rq</i>
Clone (C)	6	0,6549*	22,855*	0,9808
Posição Central-Externa (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	0,6040
Resíduos	168	0,2986	8,140	0,4680

* Significativo a 5% de probabilidade

Fonte: Do autor (2018).

Para os parâmetros de rugosidade da superfície avaliados não houve efeito de interação dos três fatores *Ra*, *Rz* e *Rq*. Foi observado efeito simples significativo, a 5% de probabilidade, entre os clones para os parâmetros *Ra* e *Rz*, enquanto o parâmetro *Rq* não foi significativo entre os clones.

Para a posição em relação à medula, os resultados estatísticos obtidos a partir do ensaio com o rugosímetro não foram significativos a 5% de probabilidade. No que concerne às velocidades de avanço, os efeitos foram significativos para todos os parâmetros avaliados, com 95% de confiança.

Houve interação significativa entre os clones e as velocidades de avanço, indicando que os resultados foram influenciados por esta interação. Entretanto, não houve efeito de interação significativo entre os clones e posição em relação à medula, nem entre posição em relação à medula e velocidade de avanço.

O desdobramento das interações significativas para os parâmetros *Ra*, *Rz* e *Rq* estão dispostos nas tabelas 5, 6 e 7, respectivamente. Na tabela 5, podemos observar que no processo de usinagem realizado com velocidade de avanço de 6 m.min⁻¹ houve a formação de dois grupos para o parâmetro *Ra*. No primeiro grupo temos os clones MB, MD, XB, e XE, os quais apresentaram menores valores de rugosidade de superfície no relativo ao parâmetro *Ra*, ou seja, apresentaram maior qualidade da superfície usinada. Os clones FE, XD e XF, entretanto, apresentaram valores médios maiores de rugosidade de superfície, ou seja, apresentam mais irregularidades na superfície usinada.

Tabela 5 – Valores médios do parâmetro Ra (μm) para as madeiras de *Toona ciliata* dos clones avaliados nas velocidades de avanço (V.A) de 6 m. min⁻¹ e 30 m. min⁻¹.

V.A.	Clone						Média	
	FE	MB	MD	XB	XD	XE		XF
6	2,85 aA (± 0,56)	2,69 bA (± 0,33)	2,61 bB (± 0,41)	2,58 bB (± 0,46)	2,95 aB (± 0,63)	2,67 bB (± 0,47)	3,20 aA (± 0,65)	2,79
30	3,00 bA (± 0,56)	3,02 bA (± 0,64)	3,35 aA (± 0,84)	3,09 bA (± 0,40)	3,56 aA (± 0,47)	3,18 bA (± 0,62)	2,97 bA (± 0,57)	3,17

Letras minúsculas comparam clones em mesma velocidade (vertical) e letras maiúsculas comparam velocidades em mesmo clone (horizontal). Valores entre parênteses representam o coeficiente de variação do tratamento.

Fonte: Do autor (2018).

Para a velocidade de 30 m.min⁻¹ também foram formados dois grupos, tendo os clones FE, MB, XB, XE e XF apresentado menores valores médios do parâmetro Ra , enquanto os clones MD e XD apresentaram os maiores valores médios do parâmetro referido.

Nota-se que para a velocidade de avanço de 30 m.min⁻¹ um maior número de clones apresentou maiores valores do parâmetro Ra , o que denota a influência da velocidade de avanço no processo usinagem, e confirma a significância de interação entre as velocidades de avanço e a qualidade de superfície dos clones analisados, bem como a significância do parâmetro Ra , da tabela 4.

Entretanto, não houve efeito da diferença da velocidade de avanço para os clones FE, MB e XF. Considerando que os três clones que não apresentaram efeito significativo da velocidade de avanço sobre a usinagem também estão contidos no grupo dos clones que apresentaram melhores resultados do parâmetro Ra , pode-se inferir que este resultado de imperfeição de superfície se refere ao clone e não à velocidade de usinagem estudadas.

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 usar mais materiais com mesmos níveis de qualidade de superfície, no relativo ao parâmetro Ra . Este resultado indica ainda que os fatores que colocaram os clones FE, MB e XF no grupo dos que apresentam melhores valores de Ra são intrinsecamente relativos à melhor qualidade de suas madeiras produzidas, mesmo avaliadas em idades precoces (sete anos).

Na Tabela 6 estão apresentados os valores médios do parâmetro Rz para os clones analisados, nas velocidades de avanço de 6 m.min⁻¹ e 30 m.min⁻¹.

Tabela 6 – Valores médios do parâmetro R_z (μm) para as madeiras de *Toona ciliata* dos clones avaliados nas velocidades de avanço (V.A) de 6 m. min^{-1} e 30 m.min^{-1}

V.A.	Clone							Média
	FE	MB	MD	XB	XD	XE	XF	
6	15,97 bA $\pm 2,75$	15,61 bA $\pm 2,02$	15,25 bB $\pm 2,16$	14,57 bB $\pm 2,29$	17,15 aB $\pm 3,04$	15,03 bB $\pm 2,41$	18,13 aA $\pm 3,36$	15,96
30	17,07 aA $\pm 2,97$	17,22 aA $\pm 3,65$	19,20 aA $\pm 4,20$	17,30 aA $\pm 2,34$	19,62 aA $\pm 2,49$	17,69 aA $\pm 3,32$	17,30 aA $\pm 3,21$	17,91

Letras minúsculas comparam clones em mesma velocidade (vertical) e letras maiúsculas comparam velocidades em mesmo clone (horizontal). Valores entre parênteses representam o coeficiente de variação do tratamento.

Fonte: Do autor (2018).

Para a velocidade de avanço de 6 m.min^{-1} , também houve separação em dois grupos de clones, em relação ao parâmetro R_z . Os clones FE, MB, MD, XB e XE apresentaram valores médios menores, isto é, menor rugosidade de superfície, enquanto os clones XD e XF apresentaram maiores médias deste parâmetro.

Para a velocidade de 30 m.min^{-1} não houve diferença estatística entre os valores de R_z , para os clones analisados. Da mesma forma que o parâmetro anterior, os clones FE, MB e XF não apresentaram efeito da velocidade de avanço, enquanto os clones MD, XB, XD e XE apresentaram aumento do R_z com o aumento deste fator. Entretanto, para o parâmetro R_z , o clone XF não foi contemplado no grupo dos melhores resultados para a velocidade 6 m.min^{-1} , e na velocidade de 30 m.min^{-1} não houve diferença significativa entre os resultados médios do parâmetro analisado.

Desta forma, levando-se em consideração os melhores resultados de R_a e R_z , é possível afirmar que os clones FE e MB apresentam maior qualidade de superfície, pois foram posicionados no grupo dos melhores resultados de ambos os parâmetros analisados até aqui, 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.

Na Tabela 7 estão apresentados os valores médios do parâmetro R_q para os clones analisados, nas velocidades de avanço de 6 m.min^{-1} e 30 m.min^{-1} .

Tabela 7 – Valores médios do parâmetro Rq (μm) para as madeiras de *Toona ciliata* dos clones avaliados nas velocidades de avanço (V.A) de 6 m. min⁻¹ e 30 m. min⁻¹

V.A.	Clone							Média
	FE	MB	MD	XB	XD	XE	XF	
6	3,58 bA	3,43 bA	3,32 bB	3,26 bB	3,74 aB	3,37 bB	4,02 aA	3,53
	± 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	4,00
	± 0,72	± 0,81	± 1,01	± 0,53	± 0,60	± 0,80	± 0,72	

Letras minúsculas comparam clones em mesma velocidade (vertical) e letras maiúsculas comparam velocidades em mesmo clone (horizontal). Valores entre parênteses representam o coeficiente de variação do tratamento.

Fonte: Do autor (2018).

Para a velocidade de avanço de 6 m.min⁻¹, também houve separação em dois grupos de clones, em relação ao parâmetro Rq . Os clones FE, MB, MD, XB e XE apresentaram valores médios menores, enquanto os clones XD e XF apresentaram maiores médias deste parâmetro.

Para a velocidade de 30 m.min⁻¹ não houve diferença estatística entre os valores de Rq , para nenhum dos clones analisados. Da mesma forma que para os dois parâmetros avaliados anteriormente, Ra e Rz os clones FE, MB e XF não apresentaram efeito significativo da velocidade de avanço sobre a rugosidade da superfície, enquanto os clones MD, XB, XD e XE apresentaram aumento do Rq com o aumento da velocidade.

Repetindo o comportamento analisado para o parâmetro Rz , apenas os clones FE e MB não apresentaram influência da velocidade de avanço na rugosidade da superfície e foram agrupados no grupo de menores valores médios do parâmetro Rq , pois o clone XF não foi contemplado no grupo dos melhores resultados para a velocidade 6 m.min⁻¹ e, como na velocidade de 30 m.min⁻¹ não houve diferença significativa entre os resultados médios do parâmetro analisado, o mesmo fica excluído do grupo de melhores resultados quando considerados a interação entre a velocidade de avanço e os clones.

Assim sendo, com base nos parâmetros Ra , Rz e Rq foi possível verificar que as madeiras dos clones FE e MB apresentaram os menores valores de rugosidade, sem sofrer influência da velocidade de avanço do material, enquanto o aumento da velocidade de avanço acarretou no aumento rugosidade da superfície dos clones MD, XB, XD e XE para os três parâmetros avaliados.

Em conjunto, estas informações são um forte indicativo de superioridade das propriedades organolépticas e anatômicas dos clones FE e MB no relativo a textura, e consequente qualidade de superfície do material usinada.

Os valores médios encontrados para os parâmetros de rugosidade avaliados nas madeiras de todos os clones foram inferiores aos relatados por KILIC et al. (2006) para madeiras de *Populus tremula* e *Fagus orientalis*, mesmo após essas terem sido lixadas e 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 encontrado no presente trabalho.

Comparando-se os resultados da análise visual com base na norma ASTM D-1666/11 com os resultados obtidos a partir do rugosímetro, foi possível observar que o clone FE 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.

Para clone MB, entretanto, os resultados obtidos a partir do rugosímetro não são condizentes com as análises visuais, indicando que o clone FE apresenta maior potencialidade de qualidade de superfície na usinagem, podendo esta ser caracterizada tanto de forma visual quanto através do rugosímetro.

Considerando as dimensões de avaliação do rugosímetro, que são da ordem de micron é possível inferir que os resultados obtidos se referem muito mais a própria estrutura anatômica da madeira do que aos efeitos do processo de aplainamento, os quais são de ordem milimétrica. Assim sendo, é possível afirmar que o clone FE apresenta uma melhor propriedade organoléptica de textura da madeira, isto é, uma textura fina, qualidade excelente para usos aos quais se destinem a melhor qualidade da superfície.

5 CONCLUSÃO

✓ Os clones XD, XF, XE e FE se desatacaram na análise visual com base na norma ASTM D-1666/11. De modo geral, houve um aumento da qualidade da superfície no sentido medula-casca.

✓ Os clones FE e MB apresentaram os melhores resultados de qualidade de superfície nas análises feitas com o rugosímetro.

✓ O clone FE ocupou lugar de destaque em todas as análises realizadas, em ambas as velocidades de avanço testadas.

✓ Os clones selecionados como mais promissores neste trabalho podem ser indicados para usos aos quais requeiram alta qualidade da superfície usinada.

6 SUGESTÃO

Frente aos resultados encontrados, recomenda-se que novos ensaios e análises sejam realizados, buscando melhores parâmetros de rugosidade que se apliquem a este material. Recomenda-se ainda, separar o efeito da usinagem e dos caracteres anatômicos para uma melhor visualização das características intrínsecas a matéria prima.

REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D-1666/11: **standard method for conducting machining tests of wood and wood base materials**. Philadelphia, p.226-245. 2011.

AUSTRALIAN NATIONAL BOTANIC GARDENS – ANBG. *Toona ciliata* - **Australian Red Cedar**. Disponível em: < <https://www.anbg.gov.au/gnp/trainees-2017/toona-ciliata.html> >. Acesso em: 7 de mar. de 2018.

BET, L. **Estudo da medição da textura de superfícies com sondas mecânicas e com sondas ópticas tipo seguidor**. 1999. 243 p. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.

BLANCO-FLÓREZ, J.; SILVA, J. R. M.; BRAGA, P. P. C.; LIMA, J. T.; TRUGILHO, P. F. Simulação em serviço de pisos de madeira jovem de *Tectona grandis*. **Revista Materia**, Rio de Janeiro, v. 20, n. 4, p. 1048–1060, 2015.

BERNARDES, M. S. Avaliação do desenvolvimento de mogno brasileiro, cedro australiano e seringueira plantados em consórcio na região de São José do Rio Preto – SP. In: 7 CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS., 2009. Anais... Brasília: [s.n], p.40-48.

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

BROMAN, O. E FREDRIKSSON, M. Wood material features and technical defects that affect yield in a finger joint production process. **Wood Material Science & Engineering**. v. 7, n. 4, p. 167-175, 2012.

DIAS JÚNIOR, A. F.; SANTOS, V. P.; Pace, C. H. J.; CARVALHO, M. A., LATORRACA, F.V.J. Caracterização da Madeira de Quatro Espécies Florestais para Uso em Moveleira. **Revista Ciência da Madeira**, Pelotas, v. 4, n. 1, p. 93–107, 2013.

GAFF, M.; GAŠPARÍK, M.; KVIETKOVÁ, M. Evaluation of wood surface quality depending on the embossing parameters. **Wood research**, v. 62 n. 5, p.751-762, 2017.

GURAU, L.; AYRILMIS, N.; BENTHIEN, T. J.; OHLMEYER, M.; KUZMAN, K. M.; RACASAN, S. Effect of species and grinding disc distance on the surface roughness parameters of medium density fiberboard. **European Journal of Wood and Wood Products**, v. 75, n. 3, p. 335–346, 2017.

IEMI (INSTITUTO DE ESTUDOS E MARKETING INDUSTRIAL). **Relatório setorial moveleiro**. São Paulo: IEMI, v.11, nº 11, Jul. 2017.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO S. A. **Madeira: uso sustentável na construção civil**. São Paulo. Disponível em: <<http://www.fca.unesp.br/Home/Extensao/GrupoTimbo/manualUsodaMadeira.pdf>>. Acesso em: 12 fev. de 2018.

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.

KLEIN, D. R.; ANDRADE, M. M.; DERENGOSKI, J. A.; DUARTE, E.; KREFTA, M. S.; SILVEIRA, A. C.; BRUN, J. E. Aspectos gerais e silviculturais de *Cordia americana*, *Aspidosperma polyneuron*, *Toona ciliata* e *Khaya* spp. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 15, n. 1, p. 155–164, 2016.

KOCH, P. **Wood machining process**. New York: Ronald press company, 1964. p. 530.

KOLLMANN, F. F. P.; CÔTÉ, W. A. Principles of wood science and technology: **I Solid wood**. Berlin: Springer, 1984. p. 592.

LUCAS FILHO, C.; BOEHS, L. **Usinagem da madeira na indústria de móveis**. Disponível em: <http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=1162&subject=Usinagem&title=Usinagem>. Acesso em: 24 jul. 2017.

MARTINS, S. A.; FERRAZ, M. J.; SANTOS, T. M. C.; MENEZZI, S. H. C.; SOUZA, R. M. Efeito da usinagem na rugosidade da superfície da madeira de *Eucalyptus benthamii*. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 18, n. 2, p. 135–143, 2011.

MARTINS, D. A. L. **Caracterização de madeiras exóticas para acabamento com vernizes aquosos**. 2008. 87 p. Dissertação (Departamento de Engenharia Química) – Universidade do Porto, Portugal, 2008.

MATTOS, B. D.; GATTO, D. A.; STANGERLIN, D. M.; CALEGARI, L.; MELO, R. R.; SANTINI, É. J. Variação axial da densidade básica da madeira de três espécies de gimnospermas. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.6, n.1, p. 121-126, 2011.

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

PINHEIRO, A. L.; LANI, L. L.; COUTO, L. **Cultura do Cedro Australiano para Produção de Madeira Serrada**. Viçosa: UFV, 2003. p. 42.

PINHEIRO, A. L.; LANI, J. L.; COUTO, L. **Cedro-australiano: cultivo e utilização *Toona ciliata* M. Roem. Var. australis (F. Muell) Bahadur**. Viçosa, MG: UFV, 2006, p. 42.

R Core Team. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. 2016.

SILVA, J. R. M. **Relações da usinabilidade e aderência do verniz com as propriedades fundamentais do *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden**. 2002. 179 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

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.; LIMA, J. T.; BRAGA, P. P. C.; TRUGILHO, P. F. 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: EBRAMEN, 2006. 1 CD-ROM.

SILVA, J. R. M.; MARTINS, M.; OLIVEIRA, G. M. V.; BRAGA, P. P. C. Parâmetros de Qualidade da usinagem para determinação dos diferentes usos da madeira de *Eucalyptus*. **Cerne**, Lavras, v. 15, n. 1, p. 75-83, 2009.

SILVA, J. R. M.; MENDES, L. M.; TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T. Preparação de superfícies de madeira e derivados para receber acabamento. **Boletim Agropecuário**, Lavras, v. 28, p.05-26, 1999.

SILVA, J. R. M.; MUÑIZ, G. I. B; LIMA, J. T; BONDUELLE, A. F. Influência da morfologia das fibras na usinabilidade da 49 madeira de *Eucalyptus urophylla* Hill ex. Maiden. **Revista Árvore**, Viçosa, v.29, n.3, p.479-487, 2005.

SILVA, M. P. S.; BARROSOS, D. G.; SOUZA, J. S.; FERREIRA, D. A.; OLIVEIRA, T. P. F.; LAMÔNICA, K. R.; MARINHO, C. S. Growth and quality of australian cedar 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. 61 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

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

TARNOWSKI, C. G. Propagación agâmica de *Toona ciliata* var. australis (Meliaceae) mediante açodo em montículo. In: JORNADAS FORESTALES DE ENTRE RIOS, 1., 2007, Concórdia, Argentina. **Anais...** Concórdia, 2007. p. 1-5.

TAYLOR HOBSON. **Surtronic S116 operation instructions.** Disponível em: <<http://taylorhobson.com.br/detalhes.asp?linha=1&categ=1>>. Acesso em: 24 de jun. 2017.

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.

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 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.