



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE FLORESTAS  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

**RODRIGO ARAGÃO RIBEIRO**

**AVALIAÇÃO DA RUGOSIDADE SUPERFICIAL EM PEÇAS DA MADEIRA DE  
*Artocarpus heterophyllus* Lamk. SUBMETIDAS AO FRESAMENTO PERIFÉRICO**

Prof. Dr. ALEXANDRE MONTEIRO DE CARVALHO  
Orientador

SEROPÉDICA, RJ  
DEZEMBRO – 2015



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE FLORESTAS  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

**RODRIGO ARAGÃO RIBEIRO**

**AVALIAÇÃO DA RUGOSIDADE SUPERFICIAL EM PEÇAS DA MADEIRA DE  
*Artocarpus heterophyllus* Lamk. SUBMETIDAS AO FRESAMENTO PERIFÉRICO**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Florestal, como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro Florestal, Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Prof. Dr. ALEXANDRE MONTEIRO DE CARVALHO  
Orientador

SEROPÉDICA, RJ  
DEZEMBRO – 2015

**AVALIAÇÃO DA RUGOSIDADE SUPERFICIAL EM PEÇAS DA MADEIRA DE  
*Artocarpus heterophyllus* Lamk. SUBMETIDAS AO FRESAMENTO PERIFÉRICO**

**RODRIGO ARAGÃO RIBEIRO**

Monografia aprovada em 30 de novembro de 2015.

Banca Examinadora:

---

Prof. Dr. Alexandre Monteiro de Carvalho – UFRRJ  
Orientador

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Natália Dias de Souza – UFRRJ  
Membro

---

Engenheiro Florestal Carlos Eduardo Silveira da Silva – UFRRJ  
Membro

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho a Deus  
e a toda minha família.

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais, Simonides Maia Ribeiro e Luzia Aragão Catunda Ribeiro, pelo suporte e compressão dado em todas as horas. Sem eles nada disso seria possível.

Aos meus irmãos, Rafael Aragão Ribeiro, Ricardo Aragão Ribeiro e Raul Aragão Ribeiro, pelos anos que se foram e pelos anos que virão de amizade e companheirismo.

A todos os membros do Laboratório de processamento de madeira da UFRRJ, em especial ao Dnaldo, Pablo, Carlos Eduardo e Carolina por toda ajuda e amizade nos últimos anos da minha graduação.

Ao professor Alexandre Monteiro de Carvalho, pelos ensinamentos, pela orientação, compreensão e pela relação de amizade e respeito.

Aos membros da banca, Professora Natália Dias de Souza e Carlos Eduardo Silveira da Silva, pela contribuição valiosa nesse trabalho.

A FIOCRUZ MATA ATLÂNTICA (CFMA), pela colaboração e fornecimento do material utilizado na pesquisa, sem o qual seria impossível a realização deste trabalho.

Aos amigos que fiz na turma da Engenharia Florestal 2008-II, que foram grandes parceiros durante essa jornada acadêmica.

Aos amigos do alojamento, Vinícius “De Paula”, “Nobru”, “Vagão”, “Pedrinho Maluco”, Augusto, “Paulão”, Tomaz, Joaquim, Dalton, “Joãozinho do erva-doce”, Vitor “Marrone”, Gustavo “Kiko”, “Pedrinho”, Pablo, José Sávio, Luís “Skate” e Raul, que durante toda minha estadia no alojamento da universidade foram meus melhores amigos e minha família, sempre com respeito e companheirismo.

A todos os grandes amigos de Natividade, pelos mais de 20 anos de amizade e por estarem presentes em todos os momentos importantes da minha vida.

## RESUMO

Este trabalho teve como objetivo geral avaliar a madeira de *Artocarpus heterophyllus* Lamk. (jaqueira) no ensaio de fresamento periférico, analisando a superfície das peças gerada em diferentes velocidades de avanço e comparando os parâmetros gerados pela média aritmética dos valores dos pontos do perfil de rugosidade em relação à linha média, conhecidos como “Ra”, determinados por rugosímetro de agulha. Avaliou-se a madeira amostrada de 6 toras com aproximadamente 15 anos da espécie conhecida como jaqueira, em área de floresta secundária encontrada no município do Rio de Janeiro, Brasil, mais especificamente no Campus Mata Atlântica da Fundação Oswaldo Cruz. As árvores foram abatidas no local e as toras foram processadas no Laboratório de Processamento de Madeira, do Departamento de Produtos Florestais, do Instituto de Florestas, da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (LPM/DPF/IF/UFRRJ). Foram obtidas 10 amostras para a determinação da densidade básica e 16 corpos-de-prova com dimensões de 600 mm x 120 mm x 30 mm para o teste de aplainamento, sendo utilizadas ambas as superfícies dos corpos-de-prova, em condições de diferentes velocidades de avanço (6m/min, 8m/min, 10m/min e 13m/min). As amostras destinadas à caracterização física da madeira de jaqueira apresentaram densidade básica média de 0,45g/cm<sup>3</sup>, sendo este valor coerente com a idade estimada dos indivíduos avaliados, visto que informações da literatura relatam valores mais altos de densidade em árvores acima de 30 anos de idade. Os resultados de qualidade superficial mostraram que as amostras usinadas sob velocidade de avanço menor geraram menores defeitos assim como menores valores de rugosidade determinados por meio de rugosímetro digital.

**Palavras-chave:** jaqueira, rugosidade, velocidade de avanço.

## ABSTRACT

This research aimed to evaluate the wood of *Artocarpus heterophyllus* Lamk. (jackfruit) in the milling test, focusing on superficial evaluation of parts, adopting different feed rates and surface quality parameter describing the arithmetic average of the points of the roughness profile from the mean line, known as “Ra” based on the needle surface roughness tester. It was evaluated the wood derived from 6 logs of the species known as jackfruit, situated in forest area located at FIOCRUZ MATA ATLÂNTICA, Rio de Janeiro, Brazil, each one with approximately 15 years. They were felled on site and processed in the Wood Mechanical Processing Laboratory (DPF / IF / UFRRJ). 10 samples were taken for determination of specific density and 16 samples with dimensions of 600 mm x 120 mm x 30 mm for a milling test, being used both surfaces of the bodies of the test piece under conditions of different feed speeds (6m/min, 8m/min, 10m/min and 13m/min). The samples for physical characterization of the jackfruit wood had an average basic density of 0,45g/cm<sup>3</sup>, this number may be related to the age of the used individuals, where as another study found higher values of density in 35-year-old trees while the subjects of this study had approximately 15 years. The results of the surface quality showed that the samples machined lower feed speeds minor defects generated as well as lower roughness values determined by digital roughness tester.

**Keywords:** jackfruit, roughness, feed speeds.



## SUMÁRIO

<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	viii
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	ix
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	2
2.1 Objetivo geral.....	2
2.2 Objetivos específicos.....	2
<b>3. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	2
3.1 Características da espécie <i>Artocarpus heterophyllus</i> lamk.....	2
3.2 Propriedades Físicas da Madeira.....	4
3.3 Usinagem da Madeira.....	4
3.3.1 Fresamento periférico.....	5
3.4 Rugosidade superficial.....	6
3.5 Critérios para avaliar a rugosidade.....	6
3.5.1 Comprimento de amostragem, $l_e$ (CUT-OFF).....	7
3.5.2 Sistemas de medição da rugosidade superficial.....	8
3.6 Parâmetros da qualidade superficial.....	9
3.6.1 Rugosidade média (Ra).....	9
3.6.2 Altura total do perfil (Rt).....	10
3.6.3 Profundidade média (Rz).....	10
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	11
4.1 Preparo do Material.....	11
4.2 Usinagem da Madeira.....	12
4.3 Medição da rugosidade superficial.....	13
4.3.1 Instrumento de medição (Rugosímetro).....	13
4.3.2 Procedimentos de medição da rugosidade.....	13

<b>4.3.3</b> Análise estatística dos resultados.....	13
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	14
<b>5.1</b> Determinação da Densidade Básica da Madeira.....	14
<b>5.2</b> Rugosidade.....	14
<b>6. CONCLUSÕES</b> .....	17
<b>7. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	17
<b>8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	18

## LISTA DE TABELAS

	<b>Pag.</b>
Tabela 1. Técnicas de medição de rugosidade superficial aplicáveis a superfícies de materiais à base de madeira.....	7
Tabela 2. Tabela de comprimento da amostragem (CUT OFF) (ABNT – NBR 6405/1988).....	8
Tabela 3. Valores de densidade encontrados para as amostras estudadas.....	14
Tabela 4. Valores de rugosidade (Ra) para as amostras estudadas.....	14
Tabela 5. Parâmetros do ensaio e teste de Tukey para a igualdade entre os fatores....	16

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pag.</b>
Figura 1: Seção transversal (A), tangencial (B) e radial (C) da madeira de <i>Artocarpus heterophyllus</i> .....	4
Figura 2: Movimento de corte de uma fresa.....	5
Figura 3: Grandezas de usinagem de um fresamento periférico: avanço por dente (fz), profundidade do arco ciclóide (t).....	6
Figura 4: Comprimentos para a avaliação da rugosidade (ABNT – NBR 6405/1988).	8
Figura 5: Linha média e áreas mínimas superiores e inferiores.....	9
Figura 6: Rugosidade média (Ra); yi é o valor de um pico ou vale.....	9
Figura 7: Ilustração da determinação da rugosidade pela altura total do perfil (Rt), onde lm é o comprimento de medição e le é o comprimento de amostragem.....	10
Figura 8: Ilustração da determinação do Rz.....	10
Figura 9: Desdobro primário sendo realizado com auxílio de serra-fita portátil e corpos-de-prova utilizados.....	11
Figura 10: (A) Plaina BALDAN modelo DPC-4 e (B) avanço automático INMES modelo PF-32 utilizados nos testes de usinagem.....	12
Figura 11: Instrumento de medição da rugosidade empregado na determinação do acabamento superficial das amostras.....	13
Figura 12: Rugosidade “Ra” com ilustração do desvio padrão para cada velocidade de avanço.....	15
Figura 13: Gráfico gerado da variável Ra após fresamento periférico de amostras de amostras da madeira de <i>Artocarpus heterophyllus</i> , exemplificando a média obtida nas velocidades de avanço de (A) 6 m/min, (B) 8 m/min, (C) 10 m/min e (D) 13 m/min.....	16

## 1. INTRODUÇÃO

Desde épocas remotas a madeira desempenha papel importante no desenvolvimento da civilização e bem-estar dos seres humanos. Inicialmente, foi utilizada como abrigo, arma, combustível e no transporte (PANSHIN; ZEEUW, 1980). Com o passar do tempo, a madeira foi sendo mais bem estudada, assim possibilitando o seu uso para os mais diversos fins, incluindo usos de relevante interesse econômico.

O segmento de móveis é um dos principais interessados no viés econômico da utilização de peças de madeira serrada e, como tal, demanda produtos com qualidade superior, tornando-se fundamental o conhecimento da melhor maneira de beneficiar a esta matéria-prima, visto que a madeira é um material heterogêneo e não possui o mesmo comportamento nos diferentes planos de corte. Segundo Lucas Filho (2004) o conhecimento das propriedades da madeira e de seu comportamento durante a usinagem é de fundamental importância para sua correta utilização, assim a melhor seleção de espécies e o bom dimensionamento de máquinas e ferramentas utilizadas no seu processamento.

A tentativa de suprir a demanda pelo fornecimento de matéria-prima para a indústria passa pela busca de novas fontes de material, como por exemplo, madeiras de espécies exóticas consideradas invasoras. No estado do Rio de Janeiro, uma espécie invasora que se destaca por apresentar uma grande frequência em unidades de conservação é a jaqueira (*Artocarpus heterophyllus* Lamk.).

Atualmente, a jaqueira ocupa extensas áreas dos fragmentos florestais da cidade do Rio de Janeiro, entre eles os principais parques públicos do estado. Tal fato tem ocasionado alterações significativas nas comunidades vegetais, impedindo o crescimento de essências que são típicas de Floresta Atlântica (ABREU, 2005). Essa grande frequência revela um alto potencial de exploração da madeira da referida espécie, visto que ainda existem evidências que apontem para um processo de bioinvasão já estabelecido, a Política Nacional de Biodiversidade, fundamentada na Convenção Internacional sobre Diversidade Biológica, igualmente recomenda a adoção de medidas preventivas, de erradicação e controle de espécies exóticas, frente à iminência da bioinvasão (BRASIL, 2002).

A madeira da jaqueira já é utilizada para construções navais devido a sua capacidade de resistência em meio líquido e, na Bahia, é comum a manufatura de móveis com as variedades de jaqueiras cultivadas (CHAVES et al., 1967), porém não há condução apropriada das árvores para este e outros segmentos de consumo.

A ampliação do uso da madeira dessa espécie, associado à agregação de valor da mesma, requer um maior entendimento de suas características intrínsecas, fazendo-se necessário o uso de métodos de avaliação que possam retornar valores como os de densidade e acabamento superficial.

Existem inúmeras técnicas de avaliação da qualidade da superfície da madeira usinada, entre elas, pode-se destacar o método quantitativo, que envolve a medição da rugosidade através da análise de um perfil bidimensional da superfície da madeira. Como a rugosidade é afetada pelo tipo de matéria-prima e por diversas variáveis do processo de usinagem, o conhecimento da interferência destes sobre a qualidade da superfície usinada é de fundamental importância (LEMASTER & BEALL, 1996).

A rugosidade em superfícies de madeiras é influenciada por vários aspectos, como: o tipo de processo de usinagem empregado; estrutura anatômica; grã; largura dos

anéis de crescimento; raios; nós; madeira de reação e relação de lenho inicial e lenho tardio (TAYLOR et al., 1999).

Na avaliação da qualidade de um perfil bidimensional da superfície da madeira, pode-se utilizar o equipamento denominado rugosímetro, utilizado na análise da rugosidade e que mede a superfície segundo a variação vertical de sua constituição através do deslocamento horizontal de um sistema preciso de determinação dos chamados “picos” ou “saliências” e “vales” ou “reentrâncias” representados em um gráfico (SILVA et al., 2006).

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo geral

O objetivo geral do presente trabalho foi avaliar a madeira de *Artocarpus heterophyllus* Lamk. (jaqueira), no ensaio de fresamento periférico, com foco na avaliação superficial de peças serradas, submetendo essas peças a diferentes velocidades de alimentação.

### 2.2 Objetivos específicos

- Quantificar a densidade básica da madeira de *Artocarpus heterophyllus* Lamk;
- Avaliar as diferentes velocidades de avanço nas operações de fresamento periférico através da análise da qualidade superficial dos corpos-de-prova;
- Propor uma velocidade de avanço adequada para aumento de produtividade sem perda na qualidade do acabamento superficial das peças de madeira.

## 3. REVISÃO DE LITERATURA

### 3.1 Características gerais da espécie *Artocarpus heterophyllus* Lamk.

*Artocarpus heterophyllus* Lamarck (Moraceae) é uma espécie originária do Sudeste Asiático, possivelmente da Índia (CHAVES, 1967; FERRÃO, 1993). Em seu local de origem é típica de estágios sucessionais avançados, crescendo naturalmente no sub-bosque da floresta tropical úmida até 1300m de altitude. É tolerante a sombra, porém necessita de um pouco de luz e espaço para seu desenvolvimento durante os estágios iniciais de vida, germinando melhor em clareiras.

No habitat original, os frutos das jaqueiras frutos amadurecem entre julho e agosto e o número de sementes varia em tamanho e massa (1,5 – 14g), entretanto, as sementes viáveis variam de 4 a 14g de massa (KHAN, 2004).

O fruto da jaqueira, um dos maiores que se conhece, é na realidade uma infrutescência formada pelo agregado dos ovários de centenas de flores femininas, cada uma delas contendo uma semente. Uma jaqueira bem desenvolvida chega a produzir até 100 frutos por ano, alguns deles chegando a pesar mais de 30 quilos (CHAVES, 1967). É cultivada desde o Sudeste da China até as Filipinas, onde se tornou uma espécie

comumente encontrada. Foi introduzida em vários países da África e em muitos países da América Tropical.

As grandes navegações, responsáveis por desencadear o processo europeu de expansão colonialista, permitiram a disseminação da jaqueira pelas novas colônias tropicais na América e na África, atendendo a determinações do rei de Portugal, pelas quais os vice-reis da Índia deveriam enviar à metrópole e às suas colônias as plantas de interesse utilitário para viabilizar seu cultivo (FERRÃO, 1993). No Brasil foi introduzido no nordeste em meados do século XVII (MORTON, 1965), sendo que o primeiro registro de remessas de jaqueiras ao país foi em janeiro de 1683 (FERRÃO, 1993).

A jaqueira passou à relação das muitas espécies exóticas empregadas no paisagismo, tendo sido amplamente utilizada pelo francês Auguste Glaziou, contratado por D. Pedro II, em meados do século XIX, e que foi responsável pelos projetos originais dos parques urbanos da Quinta da Boa Vista e do Campo de Santana, no Rio de Janeiro (SANTOS et al., 2008). Porém, essa é uma espécie com alto poder de invasão e constitui um problema para diversas unidades de conservação do país. Em seu país de origem seus principais dispersores são os macacos, roedores e porcos selvagens (KHAN, 2004). No Brasil existem poucos predadores capazes de manter o equilíbrio entre a produção e consumo de jaqueiras; os predadores que existem como o esquilo e o ouriço não são suficientes para se alimentar do total de sementes produzidas.

A falta de predadores e a ação do homem acabam por facilitar a proliferação dessa espécie invasora na floresta. A oferta excessiva dos seus frutos favorece a reprodução de animais predadores como o sagui, o mico estrela, o macaco prego, o quati, formando uma superpopulação e causando um desequilíbrio na natureza durante o período de inverno, quando não há oferta de frutos da jaqueira e estes animais passam a se alimentar de outros animais e plantas, causando a extinção de algumas espécies (DALMAU, 2004).

Atualmente a jaqueira não é mais usada em paisagismo, pois representa uma ameaça as espécies nativas devido à agressividade de sua propagação, caracterizando um processo de bioinvasão (ABREU & RODRIGUES, 2005).

A espécie *Artocarpus heterophyllus* apresenta porte retilíneo, altura variando de 20 a 25 metros, normalmente com diâmetro médio acima de 1m, além de uma copa densa e irregular (BRAZ et al. 2010),

A madeira da jaqueira é branco amarelada, mas escurece quando exposta ao ar, tornando-se semelhante à do mogno. Própria para construção naval, especialmente para cavernames e outras partes vitais dos navios. É uma das principais madeiras para construção mista por ser uma das raras que não produzem oxidação em contato com metais (SEAGRI – BAHIA, 1989).

Valadares (2013) descreve que, a madeira de *Artocarpus heterophyllus* Lamk., macroscopicamente, apresenta anéis de crescimento indistintos e, microscopicamente, apresenta porosidade e arranjo difusos, presença de vasos solitários, múltiplos de 2, 3 e 4 e também presença de agrupamentos em cachos, além de vasos solitários em formato oval e parênquima axial predominantemente paratraqueal confluyente, com a ocorrência de pequenas faixas em algumas regiões. É constatada a rara ocorrência de tilose.

A madeira da jaqueira apresenta fibras libriformes com pontuações simples e de pequeno tamanho ocorrendo nas paredes radiais, pontuações intervasculares opostas, raios em sua maioria multisseriados, entretanto há ocorrência de uni e bisseriados, ambos formados por células de formato procumbente e quadrado de corpo em geral, formado por 8 ou mais camadas de células procumbentes, associados a uma ou duas camadas marginais de células quadradas (VALADARES, 2013).

Na Figura 1 são apresentadas as seções transversal, tangencial e radial da madeira de *Artocarpus heterophyllus*.

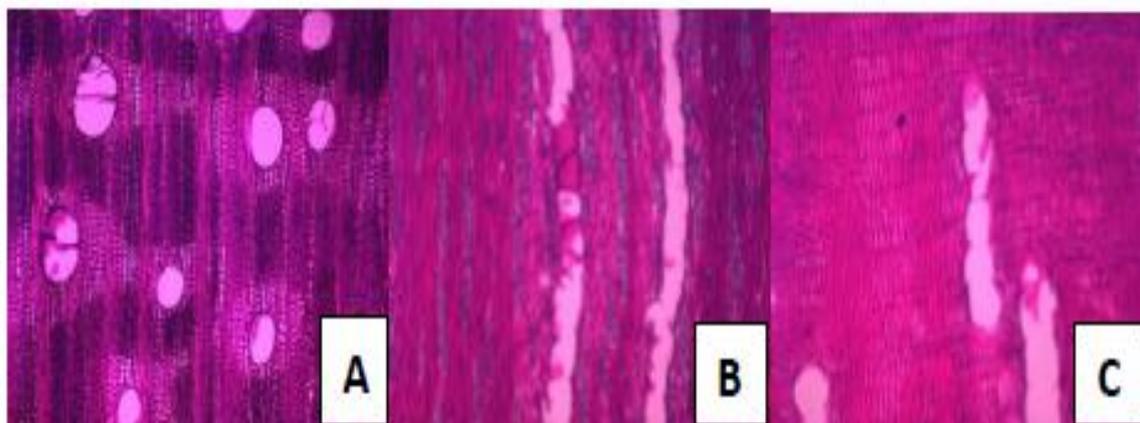


Figura 1. Seção transversal (A), tangencial (B) e radial (C) da madeira de *Artocarpus heterophyllus* Lamk. (Fonte: VALADARES, 2013)

### 3.2 Propriedades físicas da madeira

A superfície da madeira é uma mistura heterogênea e complexa de polímeros lignocelulósicos, sendo influenciada por diversos fatores intrínsecos do material, como a morfologia, a densidade, a textura, a rugosidade, a umidade e também pelas condições de usinagem (CÔTÉ et al. 1983, apud COELHO et al. 2005).

A caracterização física é um passo importante para definir a utilização final da madeira e dentre as características físicas que devem ser determinadas, invariavelmente, está a densidade, cuja variação tem influência nas contrações e nas resistências mecânicas da madeira.

A densidade aparente ou massa específica aparente é a propriedade física com maior significância para caracterizar madeiras destinadas à construção civil, fabricação de chapas e à utilização na indústria moveleira (HELLMEISTER, 1982).

A densidade básica é uma característica resultante da interação entre as propriedades químicas e anatômicas da madeira, sendo uma propriedade fácil de ser determinada e um excelente índice para a análise da viabilidade de seu emprego para diversas finalidades (PANSIN; ZEEUW, 1980).

A densidade é uma das propriedades da madeira mais importante e mais estudada, podendo variar de 0,13 a 1,40 g/cm<sup>3</sup> (BURGER & RICHTER, 1991); está diretamente relacionada ao volume vazio dos poros e com outras propriedades físicas e mecânicas como resistência a compressão, flexão estática e cisalhamento. A densidade básica é definida como a massa seca por unidade de volume saturado (BOWYER et al. 2003), sendo a forma mais utilizada para expressar essa característica física da madeira.

### 3.3 Usinagem da madeira

Segundo Burger & Richter (1991), o termo usinagem ou trabalhabilidade refere-se ao grau de facilidade de processar a madeira mediante o uso de instrumentos, tendo como objetivo não somente cortá-la, mas produzir uma forma desejada quanto às dimensões e à qualidade da superfície, tão exato e econômico quanto for possível.

A usinagem da madeira pode ser expressa pela função “5M”, que compreende a (i) matéria-prima, relacionada com as propriedades intrínsecas da madeira, como a estrutura anatômica, a umidade e a grã; (ii) máquina, referente aos seus aspectos construtivos, como os dispositivos de fixação, condução e de exaustão de cavacos; (iii) metodologia, que engloba a definição dos parâmetros de usinagem; (iv) mão-de-obra, considerando o treinamento dos operadores e o (v) meio ambiente, com as operações evitando a degradação do ambiente, objetivando o melhor aproveitamento da matéria-prima e minimizando os resíduos (BONDUELLE, 2003).

A otimização do processo de usinagem da madeira resulta em vantagens, como a diminuição do custo energético demandado pelas máquinas operatrizes, maior aproveitamento da madeira, aumento da vida útil das ferramentas e da produtividade e redução dos custos de usinagem e do produto final (SILVA, 2002).

Sobre a tecnologia da usinagem da madeira, Koch (1964) descreve essas operações em dois tipos singulares: o primeiro é o fresamento cilíndrico tangencial ou fresamento periférico, que é realizado por um cabeçote rotativo constituído de facas distribuídas em sua periferia; o segundo é o corte ortogonal, no qual a aresta da ferramenta de corte atua perpendicularmente à direção do movimento relativo entre a ferramenta e a peça; esta pode ser considerada um caso particular do tipo anteriormente citado, considerando infinito o raio do cabeçote rotativo, e nula a velocidade angular da ferramenta.

### 3.3.1 Fresamento periférico

O fresamento é um dos processos de fabricação mais utilizados na usinagem de madeiras maciças, especialmente o processo de fresamento periférico, que é considerado o mais importante para o segmento moveleiro pela diversidade de possibilidades de aplicações (GORGES-FARIAS, 1999).

Para Silva (2002), o fresamento periférico é um processo de usinagem destinado à obtenção de superfícies regradadas, geradas por um movimento retilíneo alternativo da peça ou da ferramenta. Segundo Gonçalves (2000), a fresa é uma ferramenta cilíndrica provida de dentes cortantes à superfície a ser usinada. Através do movimento combinado entre a rotação da ferramenta e o deslocamento da peça é possível produzir uma superfície plana ou com forma determinada.

Os movimentos relativos entre o avanço da peça e o sentido de giro de corte da ferramenta são classificados em discordante e concordante (LUCAS FILHO, 2004). Para Camargo (2007), no primeiro caso, o movimento de corte da ferramenta e o movimento de avanço do material a ser usinado encontram-se opostamente sincronizados, já no segundo, os movimentos encontram-se no mesmo sentido.

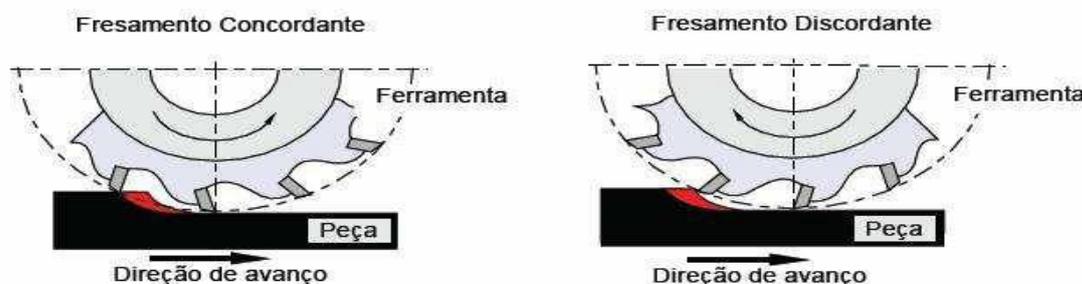


Figura 2. Movimento de corte de uma fresa. (Fonte: STOETERAU, 2007)

Na usinagem da madeira por fresamento concordante, o acabamento final da peça é melhor e a potência de usinagem é maior, porém, o fresamento discordante continua sendo mais utilizado devido a menor periculosidade para o operador (FARIAS, 2000).

A MADEIRA & CIA (1995) destaca ainda que a usinagem feita ao longo das fibras oferece algumas vantagens, pois diminui as forças de corte e velocidades de avanço e produz superfícies mais lisas. No corte longitudinal contra a fibra ocorre o pré-rachamento diante do fio da ferramenta de corte. O beneficiamento fica então prejudicado devido ao perigo do lascamento.

A velocidade de avanço depende de fatores como o tipo de madeira, teor de umidade, potência disponível e altura de corte, podendo ser definida em função da produtividade desejada e pode ser calculada como o comprimento da peça a ser usinada dividida pelo tempo que ela leva para ser trabalhada no equipamento. (GONÇALVES, 2000).

Os países tradicionalmente reconhecidos como fabricantes e exportadores de máquinas-ferramentas para a usinagem de madeira e de seus compostos consideram que os processos de remoção de madeira apresentam uma tecnologia bastante avançada nos países desenvolvidos, destacando que o processo de fresamento de madeiras maciças seja considerado uma abordagem muito importante, principalmente quando associado à utilização de fresamento em altas velocidades (HOFFMEISTER, 1998). Mesmo que a indústria não utilize altas velocidades, o simples aumento na velocidade de fresamento pode representar redução nos tempos de fabricação e nos custos de produção.

### 3.4 Rugosidade superficial

No processo de usinagem são produzidas na madeira pequenas ondulações na sua superfície, denominadas de avanço por dente ( $f_z$ ) (Figura 3). A medida do avanço por dente é resultado da interação entre a velocidade de avanço ( $V_f$ ) em m/min correspondente ao movimento da peça de madeira e a ferramenta de corte; número de dentes ( $z$ ) e a rotação ( $n$ ).

O avanço por dente e a velocidade de avanço são importantes parâmetros e inversamente proporcionais à qualidade da superfície da madeira, ou seja, quanto menores os valores de  $f_z$  e  $V_f$ , melhor é a qualidade da superfície da peça de madeira. A velocidade de avanço varia em função do tipo e da densidade da madeira, sendo que as de menor densidade são, normalmente, trabalhadas com uma maior velocidade de corte (SILVA et al., 2006).

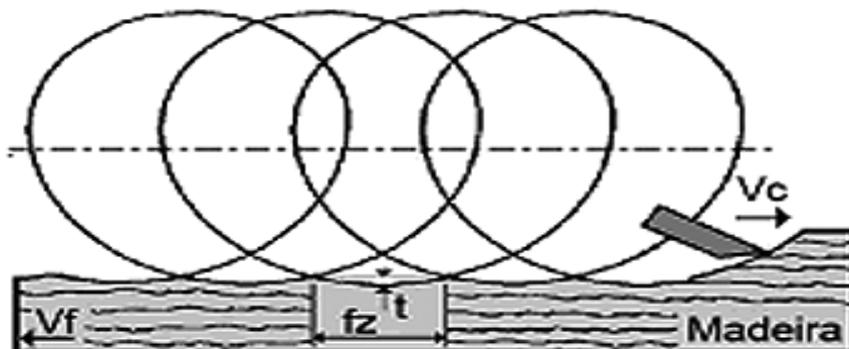


Figura 3. Grandezas de usinagem de um fresamento periférico: avanço por dente ( $f_z$ ), profundidade do arco cicloide ( $t$ ). (adaptado de WEISSENSTEIN, 2000, citado por SILVA, 2002).

Bonduelle (2003) afirma que a qualidade de uma superfície usinada de madeira é representada pelas irregularidades e imperfeições no perfil da peça, ou seja, sua rugosidade.

A rugosidade superficial de um material pode ser função da sua própria natureza, do processo de manufatura aplicado ao material, ou uma combinação dos dois. As características do processamento que afetam a textura superficial são: a imprecisão da máquina-ferramenta, as condições da ferramenta, a vibração da ferramenta ou da peça-obra e a geometria de corte (LEMASTER & BEALL, 1996).

Para a avaliação desses níveis de irregularidades, existem inúmeras técnicas de medição, tais como: apalpamento mecânico, técnicas óticas paramétricas (perfilometria e interferometria) e não paramétricas (dispersão de luz), microscopia, emissão acústica, ultrassom, técnica pneumática e capacitância (LEMASTER & BEALL, 1996, Tabela 1).

Tabela 1. Técnicas de medição de rugosidade superficial aplicáveis a superfícies de materiais a base de madeira, Lemaster e Beall (1996):

TÉCNICA	VANTAGENS	DESVANTAGENS
Apalpamento mecânico	Alta resolução	Baixa velocidade, método de contato, análise bidimensional, pode usinar a superfície, insensível a fibras individuais e expostas.
Pneumático	Sensível a fibras individuais, análise tridimensional	Sensível à porosidade, método de contato, não fornece o perfil real.
Emissão acústica	Análise tridimensional, sensível às fibras, alta velocidade	Método de contato, não fornece o perfil real.
Ótica	Alta velocidade, sem contato, alta resolução	Análise bidimensional (linha estreita da amostra), insensível a fibras individuais expostas.

### 3.5 Critérios para avaliar a rugosidade

A ABNT (NBR 6405/1988) apresenta uma série de conceitos, critérios e padrões importantes na condução de medições de rugosidade superficial para a avaliação de qualquer material. Abaixo são detalhados estes conceitos ou critérios:

#### 3.5.1 Comprimento de amostragem, $l_c$ (CUT-OFF)

Como o perfil efetivo de uma superfície apresenta rugosidade e ondulação, o comprimento de amostragem filtra esta ondulação. É recomendado pela norma ISO que os rugosímetros devam medir cinco comprimentos de amostragem ( $l_m$  : comprimento de

medição) e devem indicar o valor médio. A Figura 4 apresenta os comprimentos considerados para avaliação da rugosidade.

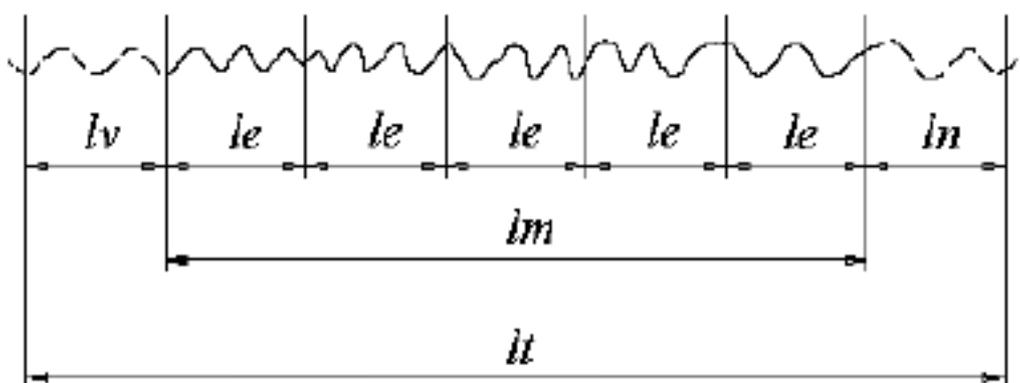


Figura 4. Comprimentos para a avaliação de rugosidade (ABNT – NBR 6405/1988).

- $l_m$ : comprimento do percurso de medição – extensão do trecho útil do perfil de rugosidade utilizado diretamente na avaliação, projetado sobre a linha média;
- $l_t$ : comprimento total de medição;
- $l_v$ : comprimento para atingir a velocidade de medição;
- $l_n$ : comprimento para parada do apalpador – extensão da primeira e última parte do trecho apalpado não utilizado na avaliação, com a finalidade de permitir o amortecimento das oscilações mecânicas e elétricas do sistema e ajuste de centro do perfil de rugosidade.

Na medição da rugosidade, são recomendados valores para o comprimento da amostragem, conforme Tabela 2.

Tabela 2. Tabela de comprimento da amostragem (CUT OFF) (NBR 6405/1988):

Rugosidade Ra ( $\mu\text{m}$ )	Mínimo comprimento de amostragem (CUT OFF) (mm)
De 0 até 0,1	0,25
Maior que 0,1 até 2,0	0,8
maior que 2,0 até 10,0	2,5
Maior que 10,0	8

### 3.5.2 Sistemas de medição da rugosidade superficial

São usados dois sistemas básicos de medida: o da linha média e o da envolvente, sendo o da linha média o mais utilizado. Alguns países adotam ambos os sistemas. No Brasil, pelas normas ABNT NBR 6405/1988 e NBR 8404/1984, é adotado o sistema da linha média, que é a linha paralela à direção geral do perfil, no comprimento da amostragem, de tal modo que a soma das áreas superiores, compreendidas entre ela e o perfil efetivo, seja igual à soma das áreas inferiores, no comprimento de amostragem (Figura 5).

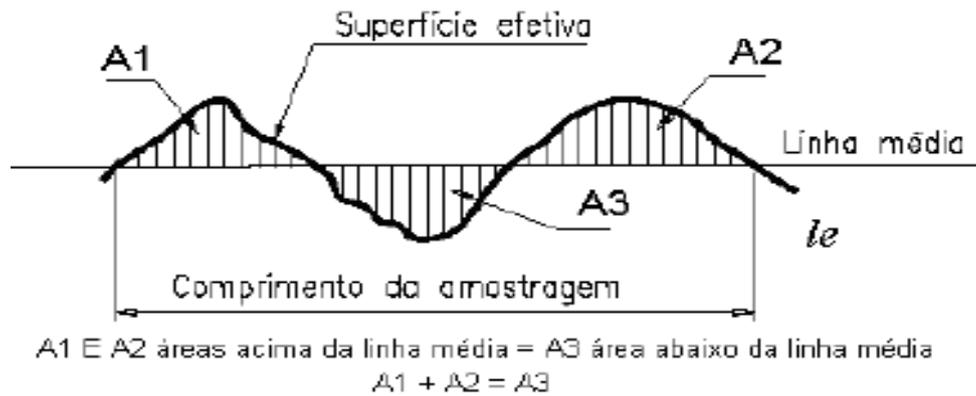


Figura 5. Linha média e áreas mínimas superiores e inferiores.

### 3.6 Parâmetros da qualidade superficial

Na avaliação da qualidade de um perfil bidimensional da superfície da madeira, pode-se usar o rugosímetro, aplicado na análise da rugosidade e da superfície de materiais como metais e plásticos, medindo a superfície segundo a variação vertical, em um deslocamento horizontal (SILVA et al., 2006).

Bonduelle (2003) afirma que o valor da rugosidade é função dos parâmetros da expressão matemática entre a variação vertical das superfícies (picos e vales) e o deslocamento horizontal do sensor (agulha).

Em 2009, Arencibia, apresentou uma atualização na especificação de termos, definições e parâmetros para a determinação do estado da superfície, bem como, regras para seleção do comprimento de onda (“CUT OFF”), especificações geométricas do produto (GPS), método do perfil e calibração de instrumentos de medição por contato, com base nas normas: NBR ISSO 4288 de novembro de 2008; NBR ISSO 4287 de setembro de 2002 e NBR ISSO 12179 de agosto de 2002. A seguir são apresentados os parâmetros mais utilizados:

#### 3.6.1 Rugosidade média (Ra)

É a média aritmética dos valores absolutos das ordenadas de afastamento ( $y_i$ ), dos pontos do perfil de rugosidade em relação à linha média, dentro do percurso de medição ( $l_m$ ). Essa grandeza pode corresponder à altura de um retângulo, cuja área é igual à soma absoluta das áreas delimitadas pelo perfil de rugosidade e pela linha média, tendo por comprimento o percurso de medição ( $l_m$ ). É o parâmetro de avaliação da rugosidade superficial mais utilizado por se adequar melhor a estudos de madeira (Figura 6) e está representado na Equação (1).

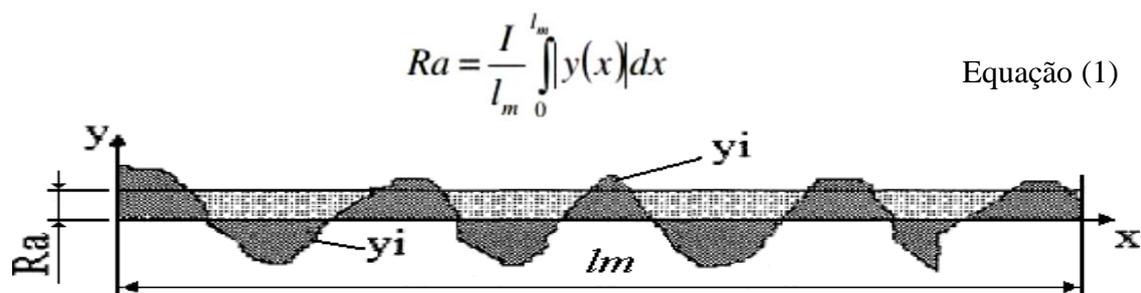


Figura 6. Rugosidade média (Ra);  $y_i$  é o valor de um pico ou vale (NBR 6405/1988).

### 3.6.2 Altura total do perfil (Rt)

Este parâmetro define a altura máxima de um pico a um vale no percurso de medição ( $lm$ ), ou seja, a amplitude máxima entre o pico mais alto e o vale mais profundo no comprimento de avaliação.

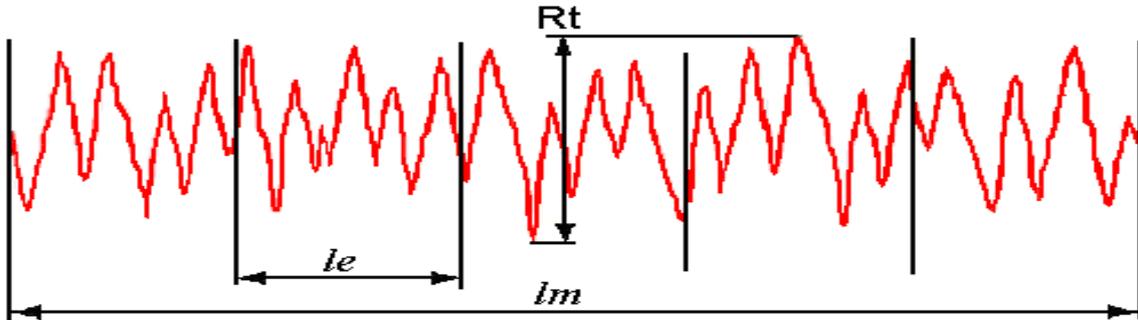


Figura 7. Ilustração gráfica da determinação da Rugosidade pela altura total do perfil ( $R_t$ ), onde  $lm$  é o comprimento de medição e  $le$  é o comprimento de amostragem.

O emprego do parâmetro  $R_t$  depende do tipo da superfície a ser analisada, por exemplo, em superfícies que serão sedes de retentores, não é conveniente a presença de grandes amplitudes entre picos e vales.

### 3.6.3 Profundidade média (Rz)

É a distância vertical entre o pico mais alto e o mais profundo vale dentro do comprimento de amostragem. É a média aritmética dos  $Rz_i$  em amostragens consecutivas, ou seja, é a soma dos valores absolutos das ordenadas dos pontos de maior afastamento, acima e abaixo da linha média existentes no comprimento de amostragem.

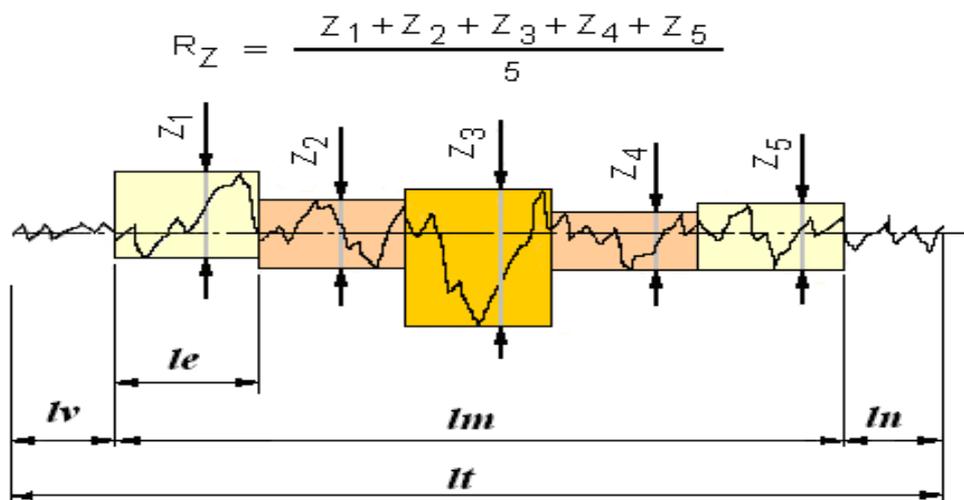


Figura 8. Ilustração gráfica da determinação do  $R_z$

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Preparo do material

Para a realização do presente estudo foram utilizadas seis árvores de *Artocarpus heterophyllus* Lamk., provenientes do Campus Mata Atlântica da Fundação Oswaldo Cruz (CFMA/FIOCRUZ), localizado anexo ao Parque Estadual da Pedra Branca no município do Rio de Janeiro. As árvores abatidas têm aproximadamente 15 anos e possuem autorização de corte pela Secretaria Municipal de Ambiente e Cultura do Rio de Janeiro - SMAC, licença n°002920.

As 6 toras com aproximadamente 15 anos de idade cada, foram traçadas a 30 cm do solo, com 1,30m de comprimento, foram levadas para o para o Laboratório de Processamento de Madeira - LPM/DPF/IF/UFRRJ, onde foram confeccionados os corpos-de-prova a serem avaliados no estudo.

As toras foram desdobradas em tábuas de 30 mm de espessura, com o auxílio de serra-fita horizontal portátil Modelo MCA 600 (Figura 9).



Figura 9. Desdobro primário sendo realizado com auxílio de serra-fita horizontal portátil e corpos-de-prova utilizados.

Para a obtenção da densidade básica foram confeccionados 10 corpos-de-prova com dimensões de 5cm x 3cm x 2cm. Os corpos-de-prova foram imersos em água até atingirem a saturação, após isto, foram retirados da água e medidos em comprimento, largura e espessura para obtenção do volume saturado. Logo após a determinação do volume saturado os corpos-de-prova foram secos em estufa ajustada a  $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  até peso constante, para obtenção do peso seco.

Com os valores de volume saturado e peso seco foi obtida a densidade básica através da Equação 3:

$$DB = PS / Vol_{sat} \quad (\text{Equação 3})$$

onde: DB = densidade básica em  $\text{g}/\text{cm}^3$ ;  
PS = peso ou massa absolutamente seca do corpo-de-prova em g;  
 $Vol_{sat}$  = volume saturado em  $\text{cm}^3$

Foram confeccionados 16 corpos-de-prova com as dimensões 600 mm x 120 mm x 30 mm (comprimento x largura x espessura) e os mesmos foram destinados para

os quatro tratamentos que levaram em consideração diferentes velocidades de avanço das peças ao longo do processo de fresamento periférico.

Foram utilizadas as duas faces de cada corpo-de-prova, totalizando oito faces para cada uma das seguintes velocidades de avanço:

- 6m/min;
- 8m/min;
- 10m/min;
- 13m/min.

A medição da rugosidade foi realizada em regiões da superfície dos corpos-de-prova determinadas através de sorteio aleatório, onde a superfície foi subdividida em quatro quadrantes e cada um desses subdivididos em setores retangulares de 5 cm x 4cm, sendo sorteado um setor por quadrante.

A rugosidade foi medida no sentido paralelo as fibras, totalizando 128 medições.

#### 4.2 Usinagem da madeira

Os corpos-de-prova foram submetidos aos testes de aplainamento da madeira adaptados dos parâmetros estabelecidos pela norma ASTM D 1667-87/1994. O avanço por dente  $f_z$  (mm), ou seja, a transição da peça durante os sucessivos cortes foi expressa pela equação 2, sendo  $V_f$  = velocidade de avanço (mm/min);  $z$  = número de dentes da ferramenta e  $n$  = rotação do fuso (rpm).

$$f_z = \frac{V_f}{z \cdot n} \quad (\text{equação 2})$$

No aplainamento foi utilizada Plaina BALDAN modelo DPC-4 (Figura 10 A), equipada com quatro facas e 3600 RPM, e as amostras foram usinadas em ambas as superfícies, no sentido de crescimento axial da árvore.

Para a alimentação das amostras sob velocidades controladas foi utilizado o avanço automático marca INMES modelo PF-32 (Figura 10 B). Nesse modelo de avanço automático as velocidades são selecionadas por meio de engrenagens, que de acordo com seu arranjo no equipamento, fornecem as diferentes velocidades de avanço.

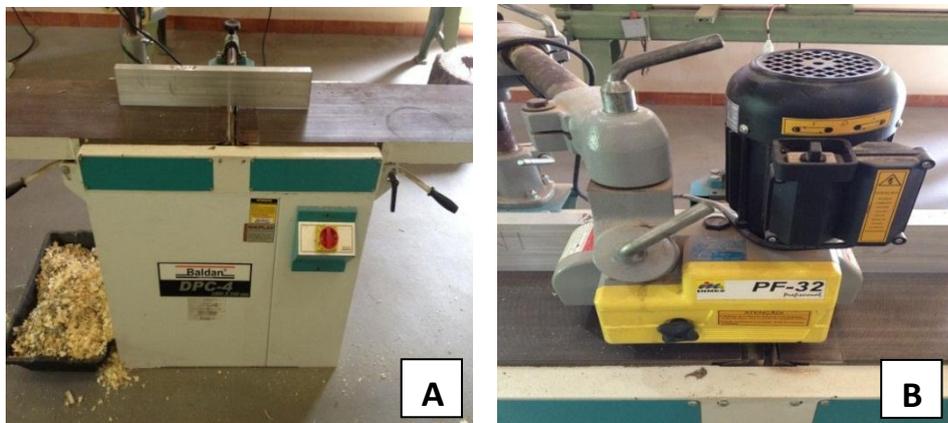


Figura 10. (A) Plaina BALDAN DPC-4 e (B) avanço automático INMES modelo PF-32 utilizados nos testes de fresamento periférico.

### 4.3 Medição do acabamento superficial

#### 4.3.1 Instrumento de medição (Rugosímetro)

Para a medição da rugosidade superficial das peças de madeira após aplainamento empregou-se um rugosímetro portátil digital, modelo DIGIMESS TR200, de haste de medição com ponta apalpadora cone-esférica de diamante (Figura 11).



Figura 11. Instrumento de medição da rugosidade empregado para medição do acabamento superficial das amostras.

#### 4.3.2 Procedimentos de medição da rugosidade

As amostras de madeira, depois de usinadas no processo de aplainamento para cada condição de ensaio preestabelecida, foram submetidas às medições de rugosidade das superfícies.

Como parâmetro de rugosidade foi adotado o “Ra”, definido como a média aritmética dos valores absolutos dos desvios do perfil da linha média, que conforme visto na revisão da literatura, melhor se adequa aos estudos de acabamento superficial de madeiras e também por ser o mais utilizado em estudos dessa natureza.

O comprimento de amostragem (“CUT OFF”) escolhido foi o de 2,5 mm, segundo valor sugerido pela ABNT 6405/1988, de acordo com o Ra esperado, indicado para uma faixa de rugosidade entre 2,0 e 10,0  $\mu\text{m}$ . O percurso de medição para o CUT OFF de 2,5 mm é de 12,5mm, resultando na média de 5 valores adquiridos por medição.

#### 4.3.3 Análise estatística dos resultados

Os registros dos resultados da rugosidade foram anotados em uma tabela para geração de uma planilha Excel. A análise estatística foi realizada com o uso do programa Action 2.9, e os resultados obtidos foram submetidos à Análise de Variância (Anova), adotando-se o método de fator simples, e teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Determinação da densidade básica da madeira

Amostra	densidade básica (g/cm <sup>3</sup> )
1	0,52
2	0,42
3	0,46
4	0,51
5	0,49
6	0,51
7	0,49
8	0,45
9	0,35
10	0,48

Tabela 3. Valores de densidade básica encontrados para as amostras estudadas.

Com os valores de densidade básica para cada amostra, obteve-se a densidade média de **0,47 g/cm<sup>3</sup>**.

De acordo com Valadares (2013) em estudo visando à utilização da madeira de jaqueira para carvão, foi encontrada densidade básica de 0,55 g/cm<sup>3</sup>, para árvores de 35 anos de idade. Em geral, a madeira de árvores mais jovens por ser constituída ainda por alta porcentagem de lenho juvenil possui menor valor médio de densidade.

### 5.2 Rugosidade

A Tabela 4 apresenta as medições de rugosidade “Ra” das amostras de *Artocarpus heterophyllus* submetidas às diferentes velocidades de avanço.

Tabela 4. Valores de rugosidade (Ra) encontrados para as amostras estudadas.

VELOCIDADE	Ra	VELOCIDADE	Ra	VELOCIDADE	Ra	VELOCIDADE	Ra
6	3,699	6	2,622	8	3,562	8	5,143
6	2,951	6	3,881	8	2,862	8	3,744
6	2,308	6	4,720	8	4,449	8	4,256
6	3,589	6	2,812	8	5,396	8	5,363
6	5,086	6	5,833	8	4,095	8	2,953
6	4,367	6	5,220	8	7,312	8	4,244
6	3,220	6	5,329	8	5,284	8	3,868
6	4,347	6	3,846	8	2,789	8	3,189
6	2,654	6	3,134	8	5,227	8	3,374
6	2,694	6	3,080	8	6,560	8	3,638
6	2,726	6	2,373	8	5,756	8	5,714
6	2,956	6	3,804	8	6,110	8	4,595
6	3,296	6	4,031	8	4,167	8	4,480
6	3,522	6	5,711	8	3,521	8	3,412
6	2,687	6	4,696	8	3,706	8	4,353
6	2,704	6	4,020	8	4,236	8	4,075

VELOCIDADE	Ra	VELOCIDADE	Ra	VELOCIDADE	Ra	VELOCIDADE	Ra
10	2,897	10	3,820	13	4,383	13	3,525
10	4,992	10	8,916	13	4,992	13	4,932
10	5,682	10	3,885	13	4,753	13	7,280
10	4,220	10	4,473	13	5,065	13	5,440
10	3,963	10	6,900	13	5,657	13	5,766
10	5,433	10	4,895	13	4,662	13	7,300
10	4,006	10	5,027	13	5,823	13	6,972
10	7,601	10	4,747	13	4,464	13	5,787
10	3,196	10	4,174	13	5,694	13	5,025
10	3,737	10	3,905	13	5,978	13	3,327
10	6,040	10	4,305	13	7,141	13	8,425
10	8,668	10	5,311	13	4,701	13	5,019
10	4,021	10	4,017	13	3,855	13	9,236
10	5,017	10	6,405	13	6,933	13	7,286
10	2,632	10	4,189	13	5,096	13	5,018
10	4,582	10	2,699	13	7,494	13	6,133

A Tabela 4 nos mostra que em todos os ensaios realizados, nenhum valor de “Ra” medido excedeu o intervalo especificado entre 2,0 e 10,0  $\mu\text{m}$  para o comprimento de amostragem adotado (CUT OFF = 2,5 mm). Portanto, segundo a NBR ISO 4288/2008, o número de cinco medições adotado, garantiu a confiabilidade da medição da rugosidade de uma mesma superfície.

Observando a Figura 12 pode ser constatado de forma evidente que o uso de velocidades de avanço mais elevadas resultou em maiores valores de rugosidade.

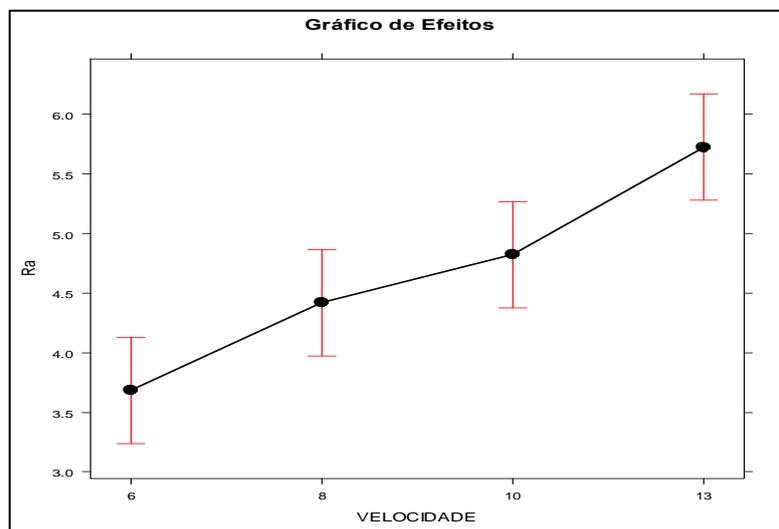


Figura 12. Rugosidade “Ra” com ilustração do desvio padrão para cada velocidade de avanço.

Como pode ser observado na Tabela 5, entre as velocidades de avanço de 8 e 10 m/min não foram verificadas diferenças significativas na qualidade da superfície da madeira usinada, assim como entre as velocidades de avanço de 8 e 6 m/min.

Foi observado também que a velocidade de avanço de 8m/min não diferiu estatisticamente das velocidades de 6 e 10 m/min. Já para a velocidade de avanço de

13m/min foi verificada diferenças significativas na qualidade da superfície da madeira em relação às outras velocidades de avanço.

Tabela 5. Parâmetros do ensaio e teste de Tukey para a igualdade entre os fatores.

Velocidade avanço Vf (m/min)	Avanço por dente fz (mm)	Ra médio ( $\mu\text{m}$ )	Grupos (Tukey)
13	0,90	5,724	a
10	0,69	4,823	b
8	0,52	4,419	bc
6	0,42	3,684	c

Para a madeira de *Artocarpus heterophyllus*, as menores velocidades de avanço da peça e de avanço por dente proporcionaram os menores valores de Ra, indicando um melhor acabamento superficial da madeira, com a rotação e o número de facas da ferramenta mantidos constantes.

A tendência do aumento dos valores de Ra com o aumento das velocidades de avanço condiz com resultados anteriores encontrados por outros autores, que estudaram diversas espécies madeireiras (BONDUELLE, 2003; CASTRO, 2000; GONÇALVES, 2000). Ambos os autores relatam resultados onde a altura entre os picos e vales produzidos pela ferramenta aumentam com o aumento da velocidade de avanço.

Nas Figuras 13 são apresentados gráficos gerados pelo software do rugosímetro utilizado no presente estudo, sendo um de cada velocidade de avanço avaliada.

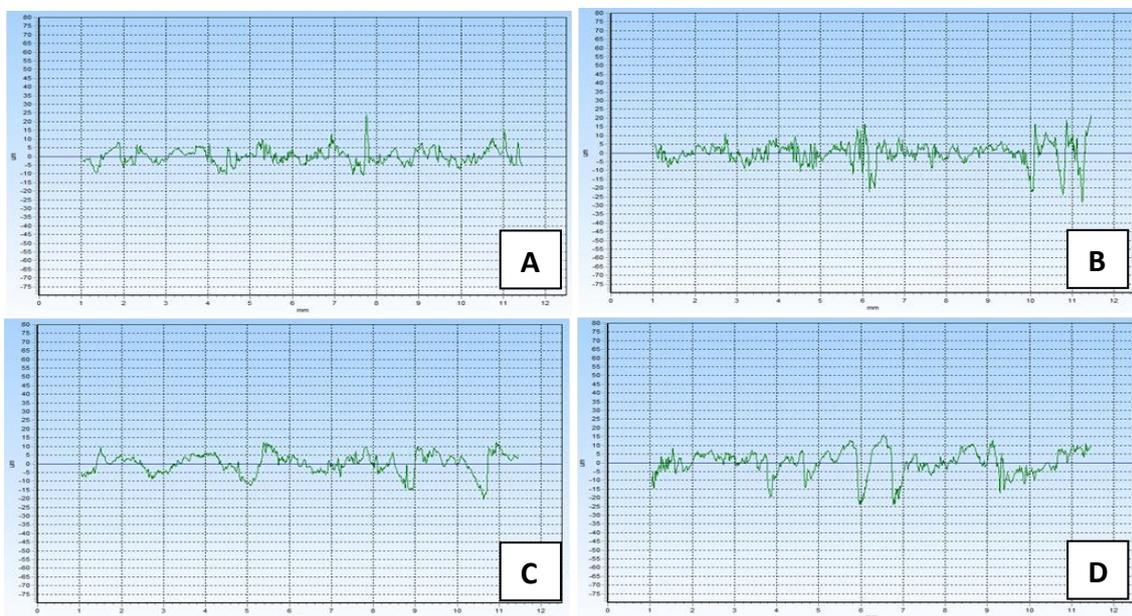


Figura 13. Gráfico gerado da variável Ra após aplainamento de amostras da madeira de *Artocarpus heterophyllus*, exemplificando a média obtida nas velocidades de avanço de (A) 6 m/min, (B) 8 m/min, (C) 10 m/min e (D) 13 m/min.

## **6. CONCLUSÕES**

A partir dos resultados obtidos neste estudo podemos concluir que:

- A espécie estudada apresentou densidade básica de  $0,45 \text{ g/cm}^3$ , sendo considerada leve;
- O aplainamento da superfície da madeira utilizando baixas velocidades de avanço resulta em melhores valores de rugosidade, ou seja, resulta em melhor acabamento superficial.
- A partir dos resultados encontrados é possível concluir que a velocidade de avanço de  $8 \text{ m/min}$  é a mais adequada para utilização na usinagem por fresamento periférico da madeira da jaqueira, pois promove maior produtividade em relação a menor velocidade de avanço sem perda na qualidade do acabamento superficial.

## **7. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

De acordo com o processo de análise da rugosidade superficial pelo rugosímetro de contato TR-200, foram ainda destacadas as seguintes considerações:

- O equipamento rugosímetro utilizado, assim como outros no mercado, é produzido principalmente para análise de estruturas de metais, e necessitam de cuidados especiais na adequação de seu uso para madeiras;
- O aparelho apresentou problemas de leitura em regiões das amostras com defeitos como arranchamento de cavacos e rachaduras, mesmo sendo estas bastante pequenas e em baixa ocorrência nas amostras avaliadas.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, R.C.R. **Estrutura de populações de uma espécie exótica na Mata Atlântica: O caso da potencial invasora *Artocarpus heterophyllus* L. (jaqueira) no Parque Nacional da Tijuca.** Monografia de graduação em Ciências Biológicas Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ. 2005, 87p.

ABREU, R.C.R.; RODRIGUES, P.J.F.P. Estrutura de populações de jaqueiras, subsídios para manejo e conservação da Mata Atlântica. In: **I Simpósio Brasileiro sobre Espécies Exóticas Invasoras.** Brasília, 2005.

ANISIO,A.; GONÇALVES, P.S.; GONDIM-TOMAZ,R.M.A. O diâmetro dos tubos crivados e a produção de borracha em clones de seringueira. **Bragantia**, Campinas, v. 57, n.1, 1998.

ARENCIBIA. F. V. Aula: “Tolerâncias Geométricas”, **Primeiro Seminário de Metrologia**, Universidade Federal de Uberlândia, Mar, 2009.

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

BONDUELLE, A. **Processamento mecânico da madeira.** Curitiba: UFPR, 2003.

BRASIL (2002). Decreto nº 4339, de 22/08/2002: institui princípios e diretrizes para a implementação da Política Nacional da Biodiversidade. **Diário Oficial da União** 163 (8): 2-9

BRAZ, R.F.; DUARTE, A.P.C.; MOTTA, J.P.; OLIVEIRA, J.T.S.; MAURI, R. Caracterização anatômica e tecnológica da madeira de jaca *Artocarpus heterophyllus* Lamk. XII Embramem. **Anais..Lavras/ MG**, Julho, 2010.

BURGER, L. M.; RICHTER, H. G. **Anatomia da madeira.** São Paulo: Nobel, 1991. 180p.

CASTRO, E. M. **Estudo da usinabilidade de chapas de MDF para usinagem de desbaste e acabamento.** 2000. 122p. Dissertação (Mestrado em Ciências e Engenharia dos Materiais) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.

CHAVES C.M., Martins H.F., Carauta J.P.P., Lanna-Sobrinho J.P., Vianna M.C. and Silva SAF (1967) **Arboreto Carioca 3.** Centro de Conservação da Natureza – Rio de Janeiro – Brasil – 28p.

CÔTÉ, W. **Wood as a substrate for coatings.** Journal of coating technology, v.55, n.699, 1983 apud COELHO, C.L. **Estudo dos efeitos de maquinação da madeira nas características objectivas e percepção subjetiva de um acabamento.** In: 5º CONGRESSO FLORESTAL NACIONAL, 2005, Viseu. **Anais...** Viseu, Portugal: Instituto politécnico, Maio, 2005.

DALMAU, E. **A jaqueira, problema ou solução.** Disponível em: [http://www.terrabrasil.org.br/ecosistema/ecosist\\_jaqueira.htm](http://www.terrabrasil.org.br/ecosistema/ecosist_jaqueira.htm) Acesso: outubro de 2015.

FARIAS, M. G. **As questões ambientais e o processo de fresamento em alta velocidade de madeiras de floresta plantada *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus dunnii*.** 2000. Tese (Doutorado) - Programa de pós-graduação em engenharia mecânica. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

FERRÃO, J.E.M. 1993. **A aventura das plantas e os descobrimentos portugueses.** Instituto de Investigação Científica Tropical, Lisboa. Fox, G.A. & Gurevitch, J. 2000. Population Numbers Count: Tools for Near-Term Demographic Analysis. The American Naturalist 156: 242-256.

GONÇALVES, M.T.T. **Processamento da Madeira.** Bauru-SP: Document Center Xerox – USC, Livro ISBN 85.901425-1-5. 2000.

GORGES-FARIAS, M. **Fresamento de madeiras e de seus Derivados,** Qualificação para a Tese de Doutorado, Curso de pós-graduação em Engenharia Mecânica, UFSC, Florianópolis.

LUCAS FILHO, F. C. **Análise da usinagem de madeiras visando a melhoria de processos em indústrias de móveis.** 2004. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal Santa Catarina, Florianópolis.

LEMASTER, R. L.; BEALL, F. C. **The use of an optical profilometer to measure surface roughness in medium density fiberboard.** Forest Product Journal, v. 46, n.11/12, p.73-80, 1996.

HELLMEISTER, J. C. **Sobre a determinação das características físicas da madeira.** São Carlos, 1982. 119 p. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo.

KHAN, M.L., 2004. **Effects of seed mass on seedling success in *Artocarpus heterophyllus* L., a tropical tree species of north-east India** Acta Oecologica, 25 : 103-110.

PANSHIN, A. J.; De ZEEUW, C. **Textbook of wood technology.** New York: McGraw-Hill, 1980. 722 p.

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.

SEAGRI – BAHIA. **Cultura – jaca, Bahia.** 1989. Disponível em <http://www.seagri.ba.gov.br/noticias/2007/07/23/jaqueiras-derrubadas-no-recôncavo-para-fabricação-de-moveis>. Acesso em: Outubro de 2015.

SILVA, J. C. **Caracterização da madeira de *Eucalyptus grandis* de diferentes idades, visando sua utilização na indústria moveleira.** 2002. 160 p. Tese (Doutorado em Tecnologia de Produtos Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

SILVA, J. R. M.; LIMA, J. T.; BRAGA, P. P. C.; TRUGILHO, P. F. **A utilização de rugosímetro na qualificação das superfícies usinadas em madeiras de *Eucalyptus sp.*** In: ENCONTRO NACIONAL EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 10., 2006, São Pedro. Anais... São Carlos: EBRAMEM, 2006. 1 CD-ROM.

VALADARES, L. B. **Propriedades da madeira e do carvão vegetal de *Artocarpus heterophyllus* Lamk.** Monografia de graduação em Engenharia Florestal Universidade Federal de Viçosa, MG. 2013, 47p.

\* \* \*