

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E ENGENHARIAS  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS FLORESTAIS E DA MADEIRA

GEAN DAVID CARREIRO

DESDOBRO DE TORAS DE PINUS EM SERRARIA PORTÁTIL COM  
DOIS MODELOS DE CORTE

JERÔNIMO MONTEIRO  
ESPÍRITO SANTO

2019

GEAN DAVID CARREIRO

DESDOBRO DE TORAS DE PINUS EM SERRARIA PORTÁTIL COM  
DOIS MODELOS DE CORTE

Monografia apresentada ao  
Departamento de Ciências  
Florestais e da Madeira da  
Universidade Federal do Espírito  
Santo, como requisito parcial para  
obtenção do título de Engenheiro  
Industrial Madeireiro.

JERÔNIMO MONTEIRO

ESPÍRITO SANTO

2019

GEAN DAVID CARREIRO

DESDOBRO DE TORAS DE PINUS EM SERRARIA PORTÁTIL COM  
DOIS MODLOS DE CORTE

Monografia apresentada ao Departamento de Ciências Florestais e da Madeira da  
Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título  
de Engenheiro Industrial Madeireiro

Aprovada em 16 de dezembro de 2019.

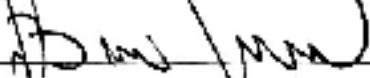
COMISSÃO EXAMINADORA



Prof. Dr. Jordão Cabral Moulin

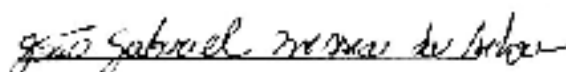
Universidade Federal do Espírito Santo

Orientador



Prof. Dr. Juarez Benigno Paes

Universidade Federal do Espírito Santo



Prof. Dr. João Gabriel Missia da Silva

Universidade Federal do Espírito Santo

## AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal do Espírito Santo (Departamento de Ciências Florestais e da Madeira – DCFM), por todos esses anos de aprendizado

A Deus pela saúde, dedicação e força para conseguir superar todas as dificuldades.

A minha família, que sempre apoiaram minhas escolhas e estiveram ao meu lado.

Aos meus colegas de universidade, professores, servidores, todos que fizeram parte de alguma forma para que esse momento chegasse.

A minha namorada Alekissandra, que me ajudou e colaborou de forma relevante, me ajudando a superar todas minhas dificuldades e limites, além de acompanhar toda minha trajetória em todos esses anos de graduação.

Ao técnico de marcenaria Elecy Palacio, por toda a ajuda durante a graduação e no trabalho de conclusão de curso.

Ao meu orientador, conselheiro e professor, Jordão Moulin, Michel Picanço e João Gabriel Missia da Silva, respectivamente, por me ajudarem no momento de elaboração do Trabalho de Conclusão do Curso.

Aos alunos do curso de Engenharia Industrial Madeireira, os servidores e ao Vinicius, que me ajudaram na operação de desdobro das toras.

Aos meus amigos, José Paulo, Vinícius, Giovanni e Felipe, entre outros, que acompanharam toda minha caminhada, sempre dispostos a me ajudarem.

A minha mãe Rosane, por todo apoio e amor desde quando comecei minha trajetória no curso de Engenharia Industrial Madeireira.

A Floema Júnior, por todo o apoio e conhecimento nesses últimos períodos de graduação.

## RESUMO

O objetivo do trabalho foi avaliar dois métodos de desdobro de madeira com uma serraria portátil. Foram utilizadas árvores com aproximadamente 46 anos de idade da espécie *Pinus caribaea*, do Campus da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), em Alegre – ES. Desse plantio foram selecionadas seis toras com diâmetro médio de 29 centímetros e comprimento de 3 metros. Sendo utilizadas três toras para o primeiro método de desdobro e três para o segundo método. Os rendimentos em madeira serrada foram calculados, as superfícies das tábuas avaliadas e a energia gasta para o desdobro foram medidas. O primeiro método de desdobro obteve rendimento de 48,80%, já o segundo houve rendimento de 52,79%. Foram constatadas diferenças significativas de energia consumida entre as tábuas e costaneiras nos dois métodos. Na geração da tábua foram necessários pelo menos dois cortes, com isso somou-se a energia destes para a obtenção da respectiva tábua, justificando maior consumo de energia em relação à costaneira, visto que a sua produção tem apenas a presença da energia consumida de um corte. A qualidade da superfície das tábuas em diferentes posições nas toras foi semelhante, sendo constatado que a lâmina sem afiação influenciou negativamente na qualidade da superfície das tábuas. O maior gasto de energia correlacionou inversamente com a qualidade da superfície com tábuas. Conforme o modelo 1 de desdobro não necessita de posteriores cortes para finalizar a geração das tábuas, não havendo diferença da qualidade das tábuas. Este modelo é mais adequado para ser utilizado pelo pequeno produtor de madeira serrada.

**Palavras chaves:** qualidade da superfície, energia de corte, serraria móvel.

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 O problema e sua importância.....	2
1.2 Objetivos .....	2
1.2.1 Objetivo geral .....	2
1.2.2 Objetivos específicos.....	2
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1 O gênero <i>Pinus</i> destinado para serraria.....	3
2.2 Classificação de serrarias .....	4
2.3 Modelo de corte .....	5
2.4 Energia consumida no processamento mecânico da madeira .....	6
2.5 Qualidade da superfície da madeira serrada (microesfera de vidro).....	7
3 METODOLOGIA.....	8
3.1 Preparação e desdobro das toras.....	8
3.2 Modelos de corte e rendimento em madeira serrada .....	8
3.3 Rendimento em madeira serrada .....	9
3.4 Qualidade da superfície da tábuas.....	10
3.5 Energia consumida.....	11
3.6 Densidade aparente e teor de umidade das tábuas para cada modelo de corte.....	13
3.7 Avaliação do efeito da qualidade da lâmina de corte na energia consumida e qualidade superficial da madeira serrada.....	14
3.8 Análise estatística dos dados .....	14
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	15
4.1 Rendimento em madeira serrada, energia consumida e qualidade da superfície....	15
4.2 Energia consumida necessária para gerar as tábuas e costaneiras em diferentes posições nas toras .....	16

4.3 Qualidade de superfície da madeira serrada em diferentes posições nas toras.....	17
4.4 Influência da lâmina de corte na qualidade da superfície da madeira e consumo de energia.....	19
4.5 Influência da densidade no consumo de energia .....	19
5 CONCLUSÕES .....	21
6 REFERÊNCIAS .....	22
APÊNDICES .....	25

## 1 INTRODUÇÃO

Pode-se afirmar que a serraria é a atividade encarregada do primeiro beneficiamento industrial da madeira para fabricação de produtos sólidos de madeira. Sendo a forma mais antiga de processamento mecânico utilizado para a produção de tábuas e pranchões, já utilizado na produção de móveis e sarcófagos, a mais de 2.000 a.C (EGESTOR, 2017). Essa atividade e a necessidade da civilização moderna por bens oriundos da madeira conduziram à escassez de várias espécies florestais e impulsionaram a plantação de florestas de eucaliptos e pinus no Brasil.

As microrregiões do Caparaó e Polo Cachoeiro de Itapemirim, no sul capixaba, possuem aproximadamente 60 serrarias de pequeno porte (18,2% do total do estado), com uma produção anual de 195.375 m<sup>3</sup> de madeira serrada. Como a maioria desses empreendimentos é de origem familiar, o número de funcionários é variável de acordo com a estrutura, nível tecnológico e produtos processados, sendo uma média de empregos/ocupações igual a 13,6 pessoas/serraria (CEDAGRO, 2011).

O desdobro realizado por essas empresas é, na maioria conduzido em serrarias fixas, com máquinas estacionárias que necessita do transporte de toras até sua instalação para execução do desdobro. Essas serrarias ainda possuem algumas desvantagens de alto custos de aquisição e manutenção das máquinas, além do alto consumo energético, estes custos podem inviabilizar o desdobro de toras para pequenos produtores de madeira serrada. Para contornar essa situação surge a serraria portátil como opção.

Pela sua característica de ser portátil e conseqüentemente realizar o primeiro desdobro para produção de tábuas em região próxima do plantio das árvores para conseguir a redução do custo com transporte, estas máquinas portáteis permitem executar o desdobro da tora em diferentes modelos de corte, mas ainda há poucas informações sobre o rendimento de madeira serrada, a qualidade das tábuas e o consumo energético dessas máquinas.



## **1.1 O problema e sua importância**

A serraria portátil é indicada para pequenos produtores de madeira, com a limitação de estudos sobre esse tipo de máquina, surge a necessidade de fazer um estudo sobre o desdobro de toras de pinus em uma serraria portátil utilizando dois modelos de corte, bloco e semibloco. Com o estudo pode-se ter uma análise da viabilidade técnica da serraria portátil.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo geral**

Analisar a viabilidade técnica do desdobro de toras de pinus com uma serraria portátil por meio do modelo de corte que produza tábuas com costaneiras. Para nível de comparação será utilizado outro modelo de corte convencional, que necessita de processamento posterior para remoção de costaneiras.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Analisar o rendimento em madeira serrada nas duas metodologias de desdobro;
- Analisar o consumo energético para cada modelo de corte e em cada posição da tora desdobrada;
- Avaliar a qualidade da superfície das tábuas desdobradas geradas nas diferentes posições das toras;
- Avaliar o efeito da qualidade da lâmina de corte na energia consumida durante o corte e a qualidade da superfície da madeira desdobrada.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 O gênero *Pinus* destinado para serraria

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística –IBGE (2018), o Brasil tem 9,85 milhões de hectares de florestas plantadas, sendo 75,2% de eucalipto e 20,6% de pinus. A maior concentração está nas regiões Sul e Sudeste, que respondem, respectivamente, por 36,1% e 25,4% do valor da produção total, impulsionadas pelo setor de florestas plantadas. O gênero *Pinus* engloba mais de 100 espécies com grande potencial a ser explorado. Espécies desse gênero vem sendo plantada no Brasil a séculos, inicialmente plantadas para fins ornamentais, porém depois da década de 1960 começou a ser explorada comercialmente.

Segundo Industria Brasileira de Árvore – IBÁ (2017), os plantios de pinus ocupam 1,6 milhão de hectares e estão concentrados nos estados do Paraná (42%) e em Santa Catarina (34%). Nos últimos cinco anos, a área plantada com esse gênero vem caindo a uma taxa de 0,7% a.a., pois está havendo substituição por plantios de eucalipto, principalmente nos estados onde esta cultura não é tradicional.

As fontes de toras para uma serraria podem ser de florestas plantadas e também de florestas nativas. Em toras de reflorestamento pode-se observar que os diâmetros são geralmente menores em relação às provenientes de floresta nativas. Portanto uma classificação de toras eficiente e técnicas de desdobro adequadas irão gerar melhores resultados no rendimento de madeira serrada e aumentar a eficiência da serraria (LEITE, 1994).

As toras destinadas à serraria devem possuir o mínimo possível de defeitos, como, isenção de nós, baixo índice de conicidade, evitando assim, um rendimento de madeira serrada baixo. O diâmetro da tora, quanto maior melhor será o rendimento em madeira serrada.

## 2.2 Classificação de serrarias

Denomina-se serraria o estabelecimento ou imóvel onde há o recebimento e armazenamento de toras e estas são processadas em madeira serrada. A serraria é composta de um pátio de toras, galpão de maquinário e um depósito para o armazenamento de madeira serrada (ROCHA, 2007).

As serrarias são classificadas em fixas e não fixas. As não fixas são classificadas em móveis ou portáteis (ROCHA, 2007). Na Figura 1 pode ser visualizada uma serra portátil em operação.



Figura 1: Serraria portátil (ecoserra).

Fonte: ECOSERRA (2019)

A eficiência técnica e econômica dos processos de transformação do recurso florestal em produtos de maior valor agregado é fator básico para a sobrevivência da indústria madeireira. A indústria de transformação da madeira que não estiver preocupada em melhorar seus rendimentos e, conseqüentemente, viabilizar seus custos de produção, dando uma utilização total aos resíduos gerados no processo, assume um sério risco de perder em competitividade e paralisar as suas atividades (BIASI, 2005).

Em serrarias de pequeno e médio portes, em que o grau de automação é baixo, o estudo da eficiência técnica se torna necessário, para facilitar na tomada de decisões relativas ao arranjo do número de operários por atividade e a estimativa da

produtividade por ciclo de trabalho, podendo assim realizar a avaliação custo/benefício de cada operário por atividade (LATORRACA, 2004).

Segundo Magalhães et al. (2007), a serraria móvel pode ser operada por apenas uma pessoa, porém o indicado é operar com mais de duas pessoas. Esse número de empregados depende exclusivamente dos pesos das toras. Outro aspecto que deve ser considerado é que depois da fixação da tora na mesa da serra a produtividade em madeira serrada aumenta, caso haja um operador para ir retirando as tábuas desdobradas, com o intuito de aumentar a eficiência operacional (MAGALHÃES 2007).

Segundo Magalhães et al. (2007), o trilho da serraria portátil dispõe de pés de nivelamento permitindo ajustes em quaisquer tipos de terreno. A mesa deverá estar sempre nivelada. A montagem da serraria é simples e pode ser transportada com o emprego de uma carreta especialmente construída para esse fim, ou instalar ferragem de adaptação aos três pontos de pequenos tratores, os mesmos que são usados para transporte dos mais variados implementos agrícolas. Também podem ser transportados pelo trator, ou coloca-la em caminhões ou camionetas que farão o transporte.

### **2.3 Modelo de corte**

Segundo Garcia (2012), a madeira é um material que ao ser processada mecanicamente gera perdas significantes em resíduos nas formas de costaneiras, pó de serra, aparas e pontas de peças, ou seja, causa um desperdício considerável de matéria.

Um sistema de desdobro otimizado significa usar o volume de madeira ao máximo para obtenção o maior número de produtos possíveis, ou seja, o rendimento de madeira serrada será maior. Com isso surge a necessidade de fazer uma seleção por classes diamétricas e escolher bons modelos de cortes, para assim atingir altos níveis de rendimento (ROCHA, 2000).

Alguns métodos de desdobro, como o desdobro tangencial e o desdobro radial, são utilizados, podendo os dois métodos ser executados de forma simétrica ou alternada para o processamento das toras (ROCHA, 2000). O modelo de corte

tangencial é o mais utilizado nas serrarias e consiste em se fazer cortes longitudinais paralelos, dividindo a tora em várias peças de faces paralelas, já o corte radial é o mais utilizado no desdobro de madeiras para fins decorativos, pois evidencia o brilho das faixas de parênquima dos raios lenhosos (Rocha, 2000).

O modelo de corte é o que vai definir o tipo de peça que será obtida na operação de desdobro. Segundo Vermaas (1995), o desdobro tangencial é preferido na Austrália por apresentar melhor desenho, maior rendimento em madeira serrada e menor limitação de largura das tábuas.

#### **2.4 Energia consumida no processamento mecânico da madeira**

O consumo de energia pode ser calculado em todas as etapas na produção de madeira serrada. Devem ser consideradas energias consumidas no corte das árvores, no transporte, no processamento mecânico das toras e no transporte de madeira serrada. O consumo energético em uma serraria é um fator importante porque interfere diretamente nos custos de produção (FERGUSSON et al., 2010).

Segundo Monteiro (2011), a energia elétrica ativa expressada em (kWh), é utilizada pelas máquinas para realização do desdobro. A energia elétrica reativa (kVArh) é a energia que circula continuamente entre os diversos campos elétricos e magnético de um sistema de corrente alternada sem produzir trabalho. Por fim a última energia é a aparente, expressa em (kVa), que é a energia total da instalação elétrica que pode ser obtida pela soma vetorial da energia ativa e reativa.

Em pequenas indústrias e residências apenas a energia ativa (kWh) é cobrada, já nas grandes indústrias também é cobrada a energia reativa. Então o ideal é que tenha um baixo consumo de energia reativa. Em vários trabalhos sobre consumo de energia, apenas a energia ativa (kWh) é considerada. Isto ocorre, uma vez que os autores usarem medidores de energia comum (MONTEIRO, 2011).

## 2.5 Qualidade da superfície da madeira serrada (microesfera de vidro)

Ao processar a tora, busca-se sempre o máximo de rendimento em madeira serrada e produtos com qualidades adequadas para atender seu posterior uso. Com isso tem-se a importância de avaliar a qualidade da superfície da madeira desdobrada.

O método de avaliar a macrotextura de pavimentos, conhecido como altura da mancha das microesferas de vidro, surgiu como uma possibilidade de avaliar a superfície de tábuas, como já empregado por Pigozzo (2015).

O ensaio de determinação da altura das microesferas de vidro é estudado em diversos países (PIGOZZO 2015). No Brasil este estudo é conhecido como Mancha de Areia, Altura da Mancha de Areia ou Altura das Microesferas de Vidro, usada principalmente para avaliação da superfície de pavimentos. A execução deste ensaio é regulamentada pelas seguintes normas, 98 216-1 (ASSOCIATION FRANÇAIS DE NORMALISATION - ANF, 1992) e outra americana E960-96 (ASTM, 2001).

Segundo Lemaster e Beall (1996), a textura superficial de um material está relacionada com a sua natureza e com o processo de manufatura aplicado ao material. O que pode afetar do processamento na textura superficial são as imprecisão da máquina-ferramenta, condições da ferramenta e a geometria de corte. Segundo Pigozzo (2015), a troca de lâminas de corte é essencial para se ter um bom resultado, pois evita uma série de defeitos, além de melhorar a qualidade superficial, agilizar o processo e aumentar o rendimento.

Pigozzo (2015), relata em seu trabalho que o procedimento consisti em preencher os vazios da textura superficial da peça de madeira com um volume conhecido de microesferas de vidro limpas e secas, uniforme e de grãos arredondados, com a finalidade de avaliar a superfície da madeira serrada

## **3 METODOLOGIA**

### **3.1 Preparação e desdobro das toras**

Neste trabalho foram utilizadas árvores com aproximadamente 46 anos de idade do gênero *Pinus espécie caribaea* do campus da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), em Alegre – ES. Desse plantio foram selecionadas seis toras com diâmetro médio de aproximadamente 29 centímetros e comprimento de 3 metros. As extremidades foram seccionadas em 20 cm em cada um dos dois topos, para eliminar defeitos. As toras foram cubadas conforme o método de Smalian.

Os desdobros das seis toras foram realizados no próprio Departamento de Ciências Florestais e da Madeira - CCAE/UFES, por uma serraria portátil, a qual possui uma serra fita posicionada horizontalmente, com 182 dentes, funcionando com velocidade de corte de 25,76 (m s<sup>-1</sup>), com um comprimento total da base (sem extensões) de 6 metros, largura máxima de corte 70 centímetros, Correia de acionamento B78, Lamina da serra padrão 4m x 32mm x 1.1mm com passo de 22mm Opcional, adquirindo guias de 2'': Laminas com largura até 2'' ¼, Correia de forração do volante B59, Rolamentos do volante 2x6307, Rolamentos das guias da lamina e das rodinhas 4 x 6002 e 8 x 6202.

### **3.2 Modelos de corte e rendimento em madeira serrada**

O desdobro foi realizado no sentido tangencial, utilizando dois modelos de corte, nos quais foram obtidas seis tábuas por tora, com 3 cm de espessura. No primeiro modelo de corte foi realizado o desdobro de três toras. As toras foram posicionadas no trilho da serraria portátil para retirada das quatro costaneiras por meio da medição do diâmetro da tora dividido por 6, gerando assim um bloco. Em seguida foram feitos cortes sucessivos no bloco de madeira para produção das tábuas (Figura 2A).

Para realização do segundo modelo de corte foram utilizadas três toras, sendo retiradas duas costaneiras de cada uma delas dando origem a um semibloco, para formar o esquadro e facilitar o posicionamento da tora para realizar os sucessivos cortes, para obtenção das tábuas com presença de esmoados, os quais foram posteriormente removidos por uma serra circular (Figura 2B).

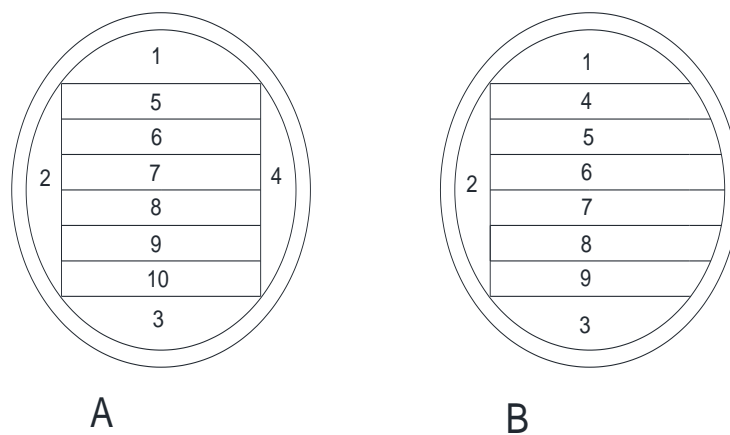


Figura 2: A: 1º modelo de corte (bloco); B: 2º modelo de corte (semibloco).

Fonte: O autor.

### 3.3 Rendimento em madeira serrada

Após o desdobro das toras, as dimensões das tábuas foram medidas para os cálculos dos seus volumes. Foi somado o volume das seis tábuas referentes a mesma tora, para o cálculo do rendimento em madeira serrada, pela relação do volume de tábuas pelo da tora e multiplicando esse resultado por 100 (Equação 1).

$$RVT\% = \left( \frac{\sum v_{ms}}{v_{tora}} \right) * 100$$

1

Em que: RVT% = Rendimento volumétrico total em madeira serrada (%);

$\Sigma V_{ms}$  = Somatório dos volumes das tábuas produzidas (m<sup>3</sup>);



$V_{\text{tora}} = \text{Volume da tora (m}^3\text{)}$ .

### 3.4 Qualidade da superfície da tábua

As tábuas provenientes do processo de desdobro foram destinadas para avaliação das suas superfícies pelo método de microesfera de vidro, o teste foi feito em duas posições em cada tábua, como pode ser visualizado na Figura 3. Segundo Pigozzo (2015), o teste das microesferas de vidro serve para avaliar a macrotextura e caracteriza a superfície da tábua, tudo isso conforme a norma E960-96 (ASTM, 2001). Segundo Pigozzo (2015), o procedimento tem a função de preencher os vazios da textura superficial da peça de madeira com as microesferas de vidro limpas e secas, uniforme e de grãos arredondados.

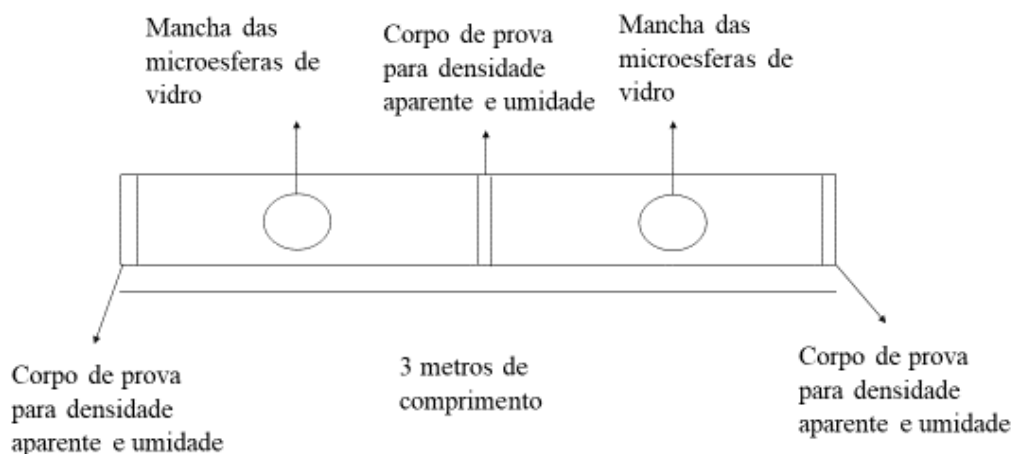


Figura 3: Localização da avaliação da superfície da madeira e obtenção de corpos de prova para análise de densidade aparente e umidade.

Fonte: O autor

Para a condução do método de avaliação da superfície da tábua foram utilizados os seguintes materiais.

1. Microesfera de vidro com granulometria padronizada (90% passada na peneira de nº 60 mesh e retida na peneira de nº 80 mesh), e um grau de esfericidade de 90%;
2. Soquete com base circular (64 mm de diâmetro) e revestida de borracha (1,5 mm de espessura);
3. Régua para medir o diâmetro da mancha circular de microesfera de vidro com precisão em mm;
4. Trincha para limpeza da superfície da tábua.

Para realização do ensaio, todas as tábuas foram limpas, o volume conhecido de microesferas de vidros ( $3 \text{ cm}^3$ ) foi espalhado com a ajuda de um soquete, com movimentos circulares.



Figura 4: Espalhamento das microesferas de vidro.

Fonte: O autor.

### 3.5 Energia consumida

Para a realização do consumo de energia, foram obtidos os tempos totais de cortes, juntamente com a corrente elétrica consumida durante a operação utilizando um cronômetro e um alicate multiaperímetro.

Quando um resistor é percorrido por uma corrente elétrica  $I$ , devida a uma tensão  $V$  fornecida por uma fonte de energia ele se aquece, e chamamos de Joule, é resultado de transformação da energia que vem da fonte em energia térmica no resistor. A energia transformada em calor por unidade de tempo é a potência dissipada. Após a apresentação dos valores de consumo de energia elétrica para o desdobro de uma tora e para a produção de madeira serrada dessa tora. os valores de consumo de energia foram calculados. A potência foi calculada pela Equação 2.

$$P = \frac{V \cdot I \cdot T}{3600} \quad 2$$

Em que: P = Potência;

V = Tensão;

Va = Tempo em segundos;

3600 = Segundos.

Na Tabela 5 nos apêndices estão apresentados os valores de corrente média (a), a potência (kWh) e a velocidade de avanço ( $\text{m min}^{-1}$ ) de cada corte para as tábuas e costaneiras para os dois métodos de desdobro. A movimentação da serra para realização do desdobro foi realizada por apenas uma pessoa com intuito de minimizar a variação da velocidade de avanço.

Na Figura 5 a seguir pode ser observado os cortes realizados nas toras para gerar tábuas, no modelo de corte de bloco (Figura 5A) e semibloco (Figura 5B), rendeu seis tábuas por tora em cada método. Os cortes um, dois, três e quatro do modelo de corte bloco deram origem as costaneiras, para realizar esses cortes a tora foi submetida a giros anti-horários (três giros), já os cortes cinco, seis, sete, oito e nove deram origem as tábuas. Os cortes um, dois e três do modelo de corte semibloco deram origem as costaneiras, para realizar esses cortes a tora foi submetida a giros horários (dois giros), e os quatro, cinco, seis, sete e oito deram origem as tábuas.

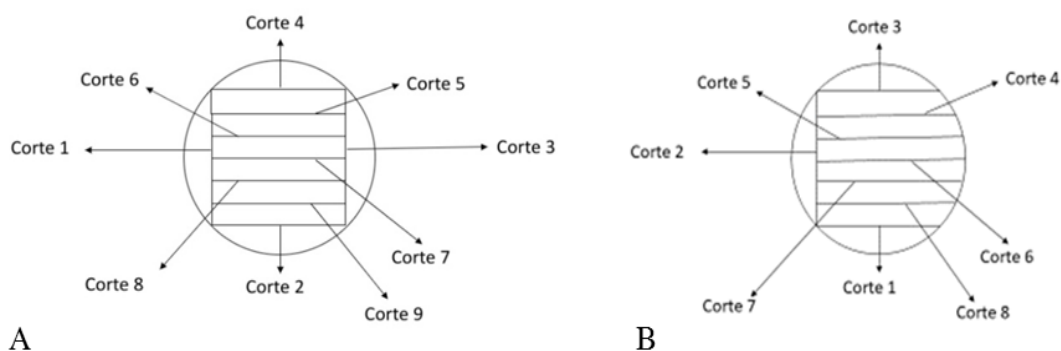


Figura 5: A: 1º modelo de corte (bloco); B: 2º modelo de corte (semibloco).

Fonte: O autor.

### 3.6 Densidade aparente e teor de umidade das tábuas para cada modelo de corte

Para cálculo da densidade aparente foi necessário produzir corpos de provas, cortados nas duas extremidades e no meio das tábuas, como pode ser visualizado na Figura 3.

A densidade aparente é realizada como relação entre a massa e o volume, determinada nas mesmas condições de umidade (U). Para realizar o cálculo, o corpo de prova foi pesado em uma balança digital de (0,01g) e o volume foi obtido por medições das dimensões do corpo de prova, logo a densidade aparente foi calculada conforme a Norma Brasileira – NBR 7190, Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT (1997).

O teor de umidade na base seca foi determinado de acordo com a NBR 7190 Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT (1997).

Na Tabela 6 nos apêndices pode ser visualizo os valores médios por tábua nos dois métodos de desdobro de densidade aparente e teor de umidade.

### **3.7 Avaliação do efeito da qualidade da lâmina de corte na energia consumida e qualidade superficial da madeira serrada**

Foi realizada a comparação de energia consumida e qualidade da superfície da madeira processada, entre duas toras desdobradas no segundo modelo de corte, a primeira tora foi desdobrada com uma lâmina em condição não afiada, ou seja, já vinha sendo utilizadas em outros processos, a segunda com lâmina era nova. Seis tábuas foram geradas em cada condição de desdobro, para fazer a comparação entre os dois processos.

### **3.8 Análise estatística dos dados**

Para comparação da energia consumida e qualidade da superfície da tábua entre métodos e nas diferentes posições da tora, os dados dos parâmetros avaliados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), teste F ( $p < 0,05$ ), quando significativo foi realizado o teste Scott-knott a 5% de probabilidade.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Rendimento em madeira serrada, energia consumida e qualidade da superfície

Pode-se observar que o modelo de corte semibloco apresentou maior rendimento em madeira serrada (Tabela 1). Não houve diferença significativa de consumo de energia e qualidade das tábuas entre os dois métodos de desdobro, porém houve diferença significativa no rendimento de madeira serrada.

Tabela 1: Parâmetros avaliados para o modelo de corte em bloco e semibloco

Parâmetros avaliados	Modelo de corte bloco	Modelo de corte semibloco
Rendimento em madeira serrada (%)	48,80 b	52,79 a
Energia (w.h) média por tora	1370,46 a	1520,35 a
Qualidade média das superfícies das tábuas por tora (mm)	0,2137 a	0,2191 a

Medidas seguidas da mesma letra, na linha, não difere ( $F > 0,05$ ).

Vale destacar que a serraria portátil é para atender pequenos produtores de madeira serrada, assim, o segundo método apresenta desvantagem da necessidade de uma serra circular para remoção dos esmoados, o que possivelmente irá aumentar o consumo de energia. A energia da serra circular não foi contabilizada nesse estudo.

Os rendimentos obtidos do desdobro das toras para produção de madeira serrada estão de acordo com os outros trabalhos que também utilizaram madeiras de reflorestamento.

Manhiça (2010) desdobrou toras de pinus em quatro classes diamétricas, variando entre 24 e 33 cm, ao utilizar dois sistemas de desdobro (aleatório e programado), tendo observado que o rendimento médio em madeira serrada foi de 49,01% para o desdobro aleatório e 52,14% para o desdobro (serraria fixa) programado, os quais foram estatisticamente diferentes e com valores próximos aos encontrados neste estudo.

Segundo Manhiça (2010), o rendimento médio em madeira serrada é afetado pelo sistema de desdobro na operação, ao utilizar um sistema de desdobro programado todas as classes diamétricas apresentam um aumento em seu rendimento.

De acordo com Monteiro (2011), o maior consumo de energia para a produção de madeira serrada deve-se ao rendimento em peças, contudo isso não foi constatado no presente trabalho, visto que houve maior rendimento em madeira serrada no segundo método e a energia consumida foi igual ao do primeiro método de desdobro.

Segundo Monteiro (2011), a quantidade necessária para serrar um m<sup>3</sup> de tora, também inclui o tempo não produtivo (movimentação do carro porta-tora, regulagem do bitolador e regulagem da guia). Em seu trabalho pode ser observado que o crescimento do diâmetro da tora tende a aumentar o consumo de energia no processamento para obtenção de tábuas e pranchões, verificou que no aumento de um centímetro de diâmetro acarretou em um aumento de 0,305 kWh no consumo de energia.

A avaliação da qualidade de superfície das tábuas entre os dois métodos de desdobro não resultou em significativa diferença ( $P=0,704$ ). Podendo afirmar que apesar da madeira ser um material heterogêneo, com variações anatômicas no fuste da árvore, isto não influenciou na variação da qualidade da superfície da tábua.

#### **4.2 Energia consumida necessária para gerar as tábuas e costaneiras em diferentes posições nas toras**

Não houve diferença significativa nos dois modelos de corte. Verifica-se nos dois modelos de corte que a energia de consumo foi a mesma para a geração das tábuas, ou seja, independentemente da posição da tora, a energia consumida é a mesma para a produção das tábuas.

Não foram constatadas diferenças significativas de energia consumida entre as tábuas e costaneiras nos dois modelos de corte bloco e semibloco.

Tabela 2: Energia consumida em diferentes posições na tora para os dois modelos de corte.

Modelo de corte em bloco		Modelo de corte em semibloco	
Posições	Medidas (w.h)	Posições	Medidas (w.h)
1	99,32 a	1	114,82 a
2	85,57 a	2	110,23 a
3	84,22 a	3	77,96 a
4	79,59 a	4	79,13 a
5	88,73 a	5	100,02 a
6	79,65 a	6	112,83 a
7	83,77 a	7	109,32 a
8	84,60 a	8	110,82 a
9	91,56 a	-	-

Medidas seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem (Scott-Knott;  $p < 0,05$ ).

No processo de desdobro das toras geralmente tem-se a geração de costaneiras. Segundo Rocha (2007), em algumas serrarias as costaneiras com espessuras maiores, são resserradas em máquinas de reaproveitamento para aumentar o rendimento de madeira serrada. Ao se desdobrar uma tora, a geração de resíduos é inevitável.

As costaneiras e a serragem foram resíduos gerados no processo de desdobro do presente trabalho, o consumo de energia para a retirada da costaneira foi relativamente alto.

#### 4.3 Qualidade de superfície da madeira serrada em diferentes posições nas toras

A qualidade superficial das tábuas provenientes de diferentes posições da tora foi igual estatisticamente. De acordo com Pigozzo (2015), é possível afirmar que as peças retiradas das extremidades necessitam de mais acabamentos, porém nesse trabalho não houve necessidade de elevar o custo de produção para realizar acabamentos na superfície da madeira serrada das peças retiradas na extremidade, pois o intuito é gerar tábuas e não produtos com alto valor agregado. É importante ressaltar que a espécie madeireira, o método de desdobro e os maquinários utilizados têm um impacto significativo nesses resultados (PIGOZZO, 2015).



Tabela 3: Qualidade das superfícies da madeira serrada em diferentes posições nas toras, nos dois modelos de corte.

Método de desdobro 1		Método de desdobro 2	
Posições	Medidas (mm)	Posições	Medidas (mm)
1	0.2115 a	1	0.2592 a
2	0.2086 a	2	0.2284 a
3	0.2014 a	3	0.2165 a
4	0.2053 a	4	0.1992 a
5	0.1980 a	5	0.2031 a
6	0.2572 a	6	0.2078 a

Medidas seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem (Scott-Knott;  $p < 0,05$ ).

Segundo E960-96 (ASTM, 2001), a altura da mancha de microesferas de vidro, quando menor que 0,200 mm é classificada como muito fina, já quando está entre 0,200 mm e 0,400 mm classifica-se como fina. A qualidade da superfície usinada das tábuas desse trabalho foi classificada entre muito fina e fina, em que 41,66% das tábuas analisadas estão na classe muito fina e 58,34% das tábuas analisadas foram classificadas fina.

O modelo de corte usado nos dois métodos foi o tangencial, sendo obtidas peças tangenciais às camadas de crescimento. Porém, quando o corte passa pela proximidade da medula, ou tem orientação diametral, também são obtidas peças com face radial. As peças radiais tendem a ter uma estética mais bonita, além de possuírem melhor estabilidade dimensional. Segundo Vermaas (1995), na Austrália o modelo de corte tangencial é o preferido pois apresenta um melhor desenho (grã). Embora, independe de a tábua ser tangencial e radial, as qualidades das superfícies de ambas foram semelhantes.

Pigozzo (2015) relata que a espécie madeireira, o modelo de corte e os maquinários utilizados têm um impacto significativo nos resultados de qualidade da superfície das tábuas desdobradas. Esse autor, também não encontrou diferenças significativas na qualidade superficial quando avaliou a influência da classe diamétrica.

De acordo com Pigozzo (2015), existe uma tendência que as classes de menores diâmetros fiquem no alto do fuste das árvores, e as de maiores diâmetros são madeiras

da base, assim se tem uma propensão de que não haja variação de qualidade superficial no sentido longitudinal da árvore.

#### **4.4 Influência da lâmina de corte na qualidade da superfície da madeira e consumo de energia**

Na Tabela 4 estão apresentados os resultados de consumo de energia e qualidade de superfície das duas toras das tábuas que foram desdobradas com lâmina afiada e não afiada. Observa a não variação da qualidade da superfície da tábua, contudo houve significativo aumento no consumo de energia.

Tabela 4: Altura das microesferas de vidro e consumo de energia, para as condições testadas

<b>Condição</b>	<b>Altura das microesferas de vidro(mm)</b>	<b>Consumo de energia (w.h)</b>
Lâmina não afiada	0,1911 a	213,23 a
Lâmina afiada	0,2037a	139,50 b

Medidas seguidas da mesma letra em cada coluna não diferem (F;  $p > 0,05$ ).

Segundo E960-96 (ASTM, 2001), a altura quando menor que 0,200 mm é classificada como muito fina, já quando está entre 0,200 mm e 0,400 classifica-se como fina. Dessa maneira, observa-se que a qualidade da lâmina não influenciou de forma significativa na qualidade da superfície das tábuas, sendo que nas duas toras foram confeccionadas tábuas classificadas como fina e muito fina.

#### **4.5 Influência da densidade no consumo de energia**

Segundo Andrade (2018), a densidade da madeira é a característica física que é mais utilizada para definir a correlação com o esforço de corte. A densidade da madeira é um fator determinante para as taxas de consumo de energia. Teoricamente

as tábuas com maior densidade requerem maior consumo de energia para fazer o desdobro.

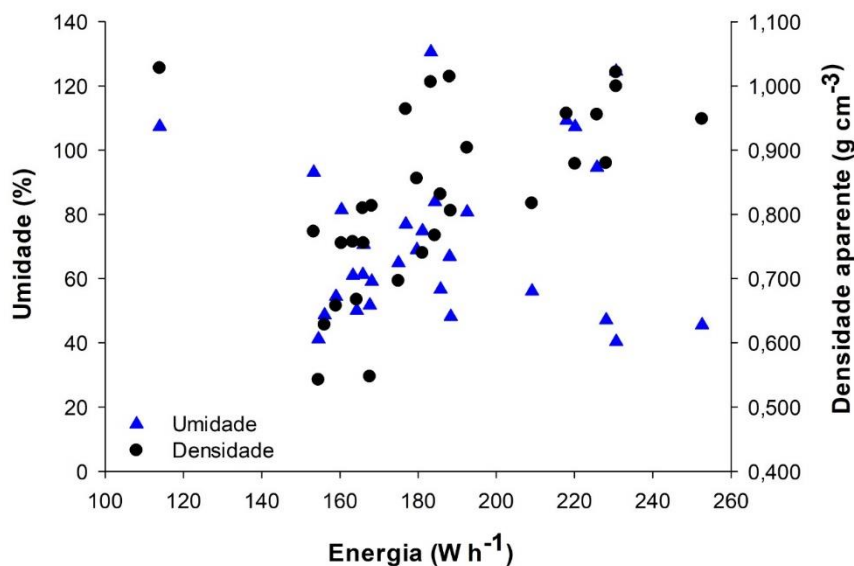


Figura 6: Gráfico de dispersão energia consumida, umidade e densidade aparente.

Na Figura 6 está representado um gráfico de dispersão entre umidade, energia e densidade aparente dos dois métodos de desdobros realizados.

De acordo com o gráfico podemos perceber que não houve correlação entre a umidade, energia e densidade aparente, ou seja, há uma grande dispersão entre os pontos.

## 5 CONCLUSÕES

A heterogeneidade que ocorre dentro do fuste não acarretou na influência da qualidade da superfície da tábua desdobrada, visto que a qualidade não variou nas tábuas obtidas nas diferentes posições da tora. Sendo verificado também que as tábuas dos dois modelos de corte foram classificadas como finas e muito finas, em que 41,66% das tábuas analisadas estão na classe muito fina e 58,34% das tábuas analisadas foram classificadas fina.

O primeiro método de desdobro gerou rendimento de madeira serrada de 48,80%, já o segundo método teve um rendimento de 52,79%. O balanço energético médio para produção das tábuas do primeiro método de desdobro foi 1370,46 w.h e o segundo método foi 1520,35 w.h.

Verifica-se nos dois modelos de corte independentemente da posição da tora, a energia consumida é a mesma para a produção das tábuas.

Ao utilizar lâmina não afiada o esforço de corte foi maior, havendo em consequência maior esforço de corte., fato ocorrido em todas as seis tábuas. As lâminas mal afiadas causam um esforço maior de corte, consumindo assim mais energia.

As qualidades das superfícies das tábuas geradas e o gasto energético para o desdobro pelos dois métodos foram iguais. Mesmo ressaltando maior rendimento em madeira serrada no modelo de corte semibloco, nessa metodologia há a necessidade da serra circular para promover a refilagem das tábuas, o que torna o modelo de corte bloco interessante para os pequenos produtores de madeira serrada que utilizam a serraria portátil.

Com o estudo podemos concluir que não houve correlação entre a umidade, energia e densidade aparente, ou seja, há uma grande dispersão entre os pontos.

## 6 REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D4444 standard test methods for use and calibration of hand-held moisture meters (CD ROM)**. Philadelphia, 1992.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **E960-96**: standard test method for measuring pavement macro texture depth using a volumetric technique. West Conshohocken, 2001. v. 04.03, 5 p.

ANDRADE, A. C. A. **Investigação da energia de corte em madeiras de diferentes densidades básicas**. 2018. 32. Tese - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 7190**: projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro, 1997. 107 p.

BIASI, C. P. **Rendimento e eficiência no desdobro de três espécies tropicais**. 2005. 61. Dissertação (Mestrado em Engenharia florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

BRAND, M. A.; MUÑIZ, G. I. B.; SILVA D. A.; KLOCK, U. **Caracterização do rendimento e quantificação dos resíduos gerados em serraria gerado através do balanço de materiais**. FLORESTA, Curitiba, PR, 2 jul. 2002.

CENTRO DE DESENVOLVIMENTO DO AGRONEGÓCIO - CEDAGRO. **Dimensionamento do mercado capixaba de produtos florestais madeiráveis**. 2011. 106 p. (Relatório Final). Disponível em <<http://www.cedagro.org.br/artigos/final.pdf>>. Acesso em: 27 nov. 2019.

EGESTOR. **Como montar uma madeireira ou serraria.** Disponível em: <[//blog.egestor.com.br/como-montar-uma-madeireira-ou-serraria/](http://blog.egestor.com.br/como-montar-uma-madeireira-ou-serraria/)>. Acesso em: 23 nov. 2019.

FERGUSON, I. et al. **Environmental properties of timber.** Disponível em: <<http://www.fwprdc.org.au/publications/online/epotbrochure/manufacture>>. Acesso em: 11 out. 2019.

GARCIA F. M.; MANFIO D. R.; SANSÍGOLO C. A. **Rendimento no Desdobro de Toras de Itaúba (*Mezilaurus itauba*) e Tauari (*Couratari guianensis*) Segundo a Classificação da Qualidade da Tora.** Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/floram/v19n4a09.pdf>>. Acesso em: 29 nov. 2018.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES – IBÁ. **Relatório 2017.** 2017. 80 p. Disponível em: < [https://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA\\_RelatorioAnual2017.pdf](https://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2017.pdf) >. Acesso em: 20 nov. 2019.

LATORRACA, J.V.F. **Processamento mecânico da madeira. Seropédica:** Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2004. 116p.

LEITE, H. G. **Conversão de troncos em multiprodutos da madeira, utilizando programação dinâmica.** Tese - Universidade Federal de Viçosa, 1994.

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.

MAGALHÃES, W. L. E.; DERETE, R. M.; WILCHES, C. E. **Primeiro protótipo da serraria móvel construído por meio da parceria embrapa/ finep/funpar/gil: tecnologia em processo de validação.** Colombo, PR, nov, 2007.

MANHIÇA, Alberto António; ROCHA, Márcio Pereira; TIMOFEICZYK JÚNIOR, Romano. **Rendimento no desdobro de *Pinus* sp. utilizando modelos de corte numa serraria de pequeno porte.** FLORESTA, Curitiba, PR, v 42, n. 2, p. 409-420, 29 fev. 2012.

MONTEIRO, T. C. **Balço energético do processamento mecânico de toras de *eucalyptus*.** Dissertação. Lavras - Universidade Federal de Lavras. 2011.

MURARA, M. T.; ROCHA, M. P.; TIMOFEICZYK, R. **Rendimento em madeira serrada de *Pinus taeda* para duas metodologias de desdobro.** v. 35, n. 3, set. 2005. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/5186/3900>>. Acesso em: 13 set. 2019.

PIGOZZO, P. F J. **Aplicação de microesferas de vidro para avaliação da qualidade da superfície serrada da madeira de *Eucalyptus grandis*.** 2015. 73. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2015.

ROCHA, M. P. ***Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Eucalyptus dunnii* Maiden como fontes de matéria-prima para serrarias.** 2000. 186 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.

ROCHA, M. P. Técnicas de serrarias. In: OLIVEIRA, J. T. S.; FIEDLER, N. C.; NOGUEIRA, M. (Org.). **Tecnologias aplicadas ao setor madeireiro.** Suprema, Jerônimo Monteiro, ES, 2007. p 209 – 270.

VERMAAS, H. F. **Drying eucalypts for quality: material characteristics and optimization of drying quality.** In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO PARA SERRARIA, 1., 1995, São Paulo. Anais. Piracicaba: IPEF/IPT, 1995. p. 119.

## **APÊNDICES**



Tabela 5: Energia consumida e velocidade de avanço para cada corte na tora.

1º Método de desdobro					2º Método de desdobro				
Desdobro	Corte	Corrente média (a)	w.h	Velocidade de avanço m/min	Desdobro	Corte	Corrente média (a)	w.h	Velocidade de avanço m/min
Costaneira tora 1	1	18,86	125,02	2,87	Costaneira tora 4	1	16,42	101,05	3,09
Costaneira tora 1	2	16,22	92,83	3,32	Costaneira tora 4	2	14,44	87,52	3,14
Costaneira tora 1	3	15,38	84,19	3,47	Costaneira tora 4	3	11,48	50,36	4,33
Costaneira tora 1	4	16,96	84,86	3,80	Tora 4	4	12,97	63,55	3,88
Tora 1	5	17,95	103,49	3,30	Tora 4	5	17,10	119,73	2,71
Tora 1	6	15,84	82,26	3,66	Tora 4	6	17,31	110,88	2,97
Tora 1	7	16,28	85,88	3,60	Tora 4	7	16,50	109,29	2,87
Tora 1	8	17,16	79,97	4,08	Tora 4	8	16,55	116,47	2,70
Tora 1	9	19,30	99,72	3,68	Costaneira tora 5	1	15,61	101,91	2,91
Costaneira tora 2	1	14,81	87,79	3,20	Costaneira tora 5	2	14,12	95,93	2,80
Costaneira tora 2	2	15,3	71,23	4,08	Costaneira tora 5	3	13,40	87,71	2,90
Costaneira tora 2	3	17,39	89,95	3,67	Tora 5	4	13,43	89,14	2,86
Costaneira tora 2	4	16,38	80,44	3,87	Tora 5	5	15,12	98,94	2,90
Tora 2	5	16,51	82,87	3,79	Tora 5	6	14,75	131,72	2,13
Tora 2	6	15,05	76,14	3,76	Tora 5	7	13,94	120,87	2,19
Tora 2	7	14,51	79,94	3,45	Tora 5	8	15,89	107,21	2,96
Tora 2	8	15,07	84,37	3,39	Costaneira 6	1	16,87	141,50	2,26
Tora 2	9	15,72	83,28	3,59	Costaneira 6	2	18,57	147,25	2,40
Costaneira tora 3	1	14,65	85,13	3,27	Costaneira 6	3	18,80	95,81	3,73
Costaneira tora 3	2	17,55	92,64	3,60	Tora 6	4	17,27	84,71	3,87
Costaneira tora 3	3	12,77	78,53	3,09	Tora 6	5	19,06	81,40	4,45
Costaneira tora 3	4	12,01	73,46	3,11	Tora 6	6	20,75	95,90	4,11
Tora 3	5	13,63	79,83	3,16	Tora 6	7	22,80	97,79	4,43
Tora 3	6	14,08	80,55	3,21	Tora 6	8	22,69	108,78	3,96
Tora 3	7	13,41	85,50	3,13	-	-	-	-	-
Tora 3	8	15,22	89,46	2,85	-	-	-	-	-
Tora 3	9	12,97	91,67	3,15					

Tabela 6: Densidade aparente e teor de umidade das tábuas para cada modelo de corte.

Tábua	1º método de desdobro	2º método de desdobro	Umidade média (%)
	Densidade aparente (g cm <sup>-3</sup> )	Densidade aparente (g cm <sup>-3</sup> )	
1	0,779	0,883	67,39
2	0,748	0,925	64,14
3	0,732	0,933	59,45
4	0,724	0,891	58,71
5	0,714	0,885	65,17
6	0,738	0,858	68,59