

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CAMPUS DE CURITIBANOS  
DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA, BIODIVERSIDADE E FLORESTAS  
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL

Sabrina Louise Sonda Bastos

**Rendimento em madeira serrada, produtividade e custos de uma serraria automatizada  
de cerca e pallets de *Pinus***

Curitibanos, SC

2023

Sabrina Louise Sonda Bastos

**Rendimento em madeira serrada, produtividade e custos de uma serraria automatizada  
de cerca e pallets de *Pinus***

Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Florestal do Centro de Ciências Rurais da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Karina Soares Modes, Dr<sup>ª</sup>.

Coorientador: Prof. Marcelo Bonazza, Dr.

Curitibanos, SC

2023

Ficha de identificação da obra elaborada pela autora, através do Programa de Geração Automática da  
Biblioteca Universitária da UFSC.

Bastos, Sabrina Louise Sonda

Rendimento em madeira serrada, produtividade e custos de uma serraria automatizada de cerca e pallets de Pinus / Sabrina Louise Sonda Bastos ; orientadora, Karina Soares Modes, coorientador, Marcelo Bonazza, 2023.

39 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Curitibanos, Graduação em Engenharia Florestal, Curitibanos, 2023.

Inclui referências.

1. Engenharia Florestal. 2. Rendimento de madeira serrada . 3. Custo de toras. 4. Custo da madeira serrada. 5. Produtividade diária de uma serraria. I. Modes, Karina Soares. II. Bonazza, Marcelo. III. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia Florestal. IV. Título.

Sabrina Louise Sonda Bastos

**Rendimento em madeira serrada, produtividade e custos de uma serraria automatizada  
de cerca e pallets de *Pinus***

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de “Bacharel em Engenharia Florestal” e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Florestal

Curitibanos-SC, 29 de maio de 2023.



Documento assinado digitalmente  
**MARCELO BONAZZA**  
Data: 12/06/2023 15:30:27-0300  
CPF: \*\*\*.641.899-\*\*  
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof. Marcelo Bonazza, Dr.  
Coordenador do Curso

**Banca Examinadora:**



Documento assinado digitalmente  
**Karina Soares Modes**  
Data: 12/06/2023 13:58:04-0300  
CPF: \*\*\*.082.240-\*\*  
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof<sup>ª</sup>. Karina Soares Modes, Dr<sup>ª</sup>.

Orientadora

Universidade Federal de Santa Catarina



Documento assinado digitalmente  
**MARCELO BONAZZA**  
Data: 12/06/2023 15:31:35-0300  
CPF: \*\*\*.641.899-\*\*  
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof. Marcelo Bonazza, Dr.

Avaliador

Universidade Federal de Santa Catarina



Documento assinado digitalmente  
**Magnos Alan Vivian**  
Data: 12/06/2023 14:35:49-0300  
CPF: \*\*\*.088.210-\*\*  
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof. Magnos Alan Vivian, Dr.

Avaliador

Universidade Federal de Santa Catarina

## AGRADECIMENTOS

Dedico e agradeço à minha avó, Terezinha Sonda (*in memorian*), que me incentivou a escolher este curso e seguir seu legado na empresa, sem ela não estaria hoje onde estou.

Aos meus Pais, Geovana Sonda Bastos e Telmo Ferreira Bastos, que me apoiaram em todas as minhas decisões, me deram suporte e oportunidades imensuráveis.

Ao meu namorado, Gabriel Malte Trebien, que me apoiou em todos os momentos.

Aos meus orientadores Karina e Marcelo e professores pelos conhecimentos e dedicação ao longo do curso e do presente trabalho.

A empresa Madesonda Madeiras e todos os colaboradores que auxiliaram na minha formação pessoal e no desenvolvimento desse trabalho.

## RESUMO

O objetivo do estudo foi avaliar o rendimento em madeira serrada de duas classes diamétricas de toras em cada sortimento de produtos, além de avaliar a produtividade e os custos de uma serraria de médio porte em Curitiba-SC. Para determinação do tempo em trabalho produtivo, do consumo de toras e rendimento no processo, foi utilizado o programa PRO-X da Marrari que forneceu dados de volume instantâneo (m<sup>3</sup>/h), volume de produção acumulado (m<sup>3</sup>), diâmetro e comprimento das toras, e relatórios de paradas classificados por motivos. Para contabilização da produtividade foram analisadas 45 horas de trabalho e estas, classificadas como tempo produtivo, parada e falhas, avaliando-as pelos indicadores de desempenho operacional. Para este período foi registrado uma taxa de disponibilidade mecânica (DM) de 92,8% e um percentual de horas-máquina produtivas livre de interrupções (PMH) de 66,9%. Do total de horas máquina programada para trabalho, as interrupções da classe “falhas” (interrupções entre 15 e 60 segundos) representaram um percentual de 12,8%, seguido por “problemas no processo” com 11,5% e “manutenções” com 7,2%, “máquina sobrecarregada” e “ociosidade” juntas não chegaram a 2%. O menor sortimento de toras (S1) resultou em um rendimento de 39,1% de madeira serrada, consumindo 57,4 toneladas no período de avaliação e gerando 20,9m<sup>3</sup> de madeira serrada com um custo de R\$71,36 de mão de obra por m<sup>3</sup>. O maior sortimento (S2) resultou em rendimento de 38,7% de madeira serrada, consumindo 93,3 toneladas de tora e gerando 32,9m<sup>3</sup> de madeira serrada com um custo de R\$46,60 de mão de obra por m<sup>3</sup>. Houve uma produção 5,3% maior do produto “Cerca” utilizando o maior sortimento (S2). O S2 em relação ao S1 possui um custo da tora 48,1% superior, que por ser o principal fator da rentabilidade acaba não compensando o faturamento 34,9% superior da classe S2. O sortimento S1 apresenta o melhor resultado financeiro. A utilização do sortimento S2 deve ser priorizado se a empresa necessita cumprir demandas ou prazos de vendas realizadas, ou se o produto “Cerca” estiver com um valor de venda muito superior ao “Pallet”.

**Palavras-chave:** Sortimentos de toras. *Pinus taeda*. Custo de toras. Custo da madeira serrada. Produtividade diária de uma serraria. Trabalho produtivo. Rendimento de madeira serrada.

## ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the yield in sawn wood of two diametric classes of logs in each assortment of products, moreover, evaluate the productivity and the costs of a medium-sized sawmill in Curitiba-SC. For determining the productive work, the log consumption and process yield, it was used the Marrari's program PRO-X, which provided data of instant volume (m<sup>3</sup>/h), cumulative production volume (m<sup>3</sup>), log diameter and length and stop reports classified by motive. For the analysis of the productive work, it was analyzed 45 work hours and classified as productive work, defect and stop, evaluating them by operational performance indicators. In this period, it was registered a mechanical availability rate (DM) of 92.8% and a percentage of productive machine hours (PMH) of 66.9%. From the total of scheduled machine hours (SMHt) (45h), the interruptions of the "defect" class (interruptions between 15 and 60 seconds) represented a percentage of 12.8%, followed by "problems in the process" with 11.5% and "maintenance" with 7.2%, "overloaded machine" and "idleness" summed together didn't add to 2%. The smallest log assortment (S1) resulted in a yield of 39.1% of sawn wood with a cost of R\$71,36 of labor per m<sup>3</sup>. The largest assortment (S2) resulted in a yield of 38.7% of sawn wood, consuming 93.3 tons of logs and producing 32.9m<sup>3</sup> of sawn wood with a cost of R\$46,60 of labor per m<sup>3</sup>. There was a 5.3% increased production of the "Fence" product by using the largest assortment (S2). The S2, in comparison to the S1, has a log cost 48,1% higher, which, for being the main factor of the profitability, doesn't compensate the 34,9% higher revenue of the S2 class. The S1 assortment presents the best financial result. The utilization of the S2 assortment should be prioritized if the company needs to meet demands or sales deadlines, or if the "Fence" product's cost becomes a lot higher than the "Pallet's".

**Keywords:** Log assortment. *Pinus taeda*. Log cost. Sawn wood cost. Daily productivity of a sawmill. Productive work. Sawn wood yield.

## SUMÁRIO

|              |  |           |
|--------------|--|-----------|
| <b>1</b>     | <b>INTRODUÇÃO .....</b>  | <b>8</b>  |
| 1.1          | OBJETIVOS .....  | 9         |
| 1.1.1        | <b>Objetivo geral.....</b>   | <b>9</b>  |
| 1.1.2        | <b>Objetivos específicos.....</b>  | <b>9</b>  |
| <b>2</b>     | <b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>   | <b>10</b> |
| 2.1          | PRODUÇÃO FLORESTAL DE <i>PINUS</i> EM SANTA CATARINA.....                        | 10        |
| 2.2          | RENDIMENTO NO DESDOBRO E TRABALHO PRODUTIVO .....                                | 10        |
| <b>3</b>     | <b>METODOLOGIA.....</b>  | <b>13</b> |
| 3.1          | CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO .....  | 13        |
| 3.2          | PRODUTOS FABRICADOS .....  | 13        |
| 3.3          | CARACTERIZAÇÃO DO PROCESSO DE DESDOBRO .....                                     | 15        |
| <b>3.3.1</b> | <b>Linha principal .....</b>   | <b>15</b> |
| <b>3.3.2</b> | <b>Linha de aproveitamento .....</b>   | <b>17</b> |
| 3.4          | DETERMINAÇÃO DOS INDICADORES DE USO DO TEMPO.....                                | 17        |
| <b>3.4.1</b> | <b>Parâmetros avaliados .....</b>  | <b>19</b> |
| 3.4.1.1      | <i>Qualidade da matéria prima .....</i>  | <i>19</i> |
| 3.4.1.2      | <i>Tempo de disponibilidade da máquina.....</i>                                  | <i>19</i> |
| 3.4.1.3      | <i>Indicadores de desempenho operacional .....</i>                               | <i>22</i> |
| 3.5          | ANÁLISE DE RENDIMENTO POR SORTIMENTO .....                                       | 23        |
| <b>4</b>     | <b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>   | <b>25</b> |
| 4.1          | INDICADORES DE USO DO TEMPO E PRODUTIVIDADE .....                                | 26        |
| 4.2          | ANÁLISE DE RENDIMENTO POR SORTIMENTO .....                                       | 30        |
| <b>4.2.1</b> | <b>Indicadores de uso do tempo na análise de rendimento por sortimento .....</b> | <b>30</b> |
| <b>4.2.2</b> | <b>Rendimento, produtividade e custos por sortimento .....</b>                   | <b>31</b> |
| <b>5</b>     | <b>CONCLUSÃO.....</b>  | <b>37</b> |
|              | <b>REFERÊNCIAS.....</b>  | <b>38</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

O setor de base florestal representa 26,74% do PIB industrial de Santa Catarina e é o 2º que mais exporta no estado (R\$ 1,8 bi), empregando diretamente cerca de 103 mil pessoas (ACR, 2022) sendo, portanto, de suma importância e representatividade principalmente para a economia da região serrana do estado.

A indústria madeireira é um mercado caracterizado pela oscilação econômica e de disponibilidade de matéria prima, decorrente disto, as empresas consumidoras de madeira para abastecimento da indústria precisam gerir a produção visando: o máximo aproveitamento da matéria prima disponível, a otimização do processo produtivo e a redução de custos. Ao mesmo tempo, deve manter a qualidade de seus produtos, uma vez que o custo e a qualidade do produto são fatores determinantes na competitividade da empresa dentro do mercado florestal.

Este trabalho busca verificar e implementar quais são as melhorias pontuais a serem desenvolvidas e praticadas na empresa visando reduzir o tempo perdido, aumentar a produtividade, e reduzir os custos de produção, gerando um melhor rendimento financeiro na operação. A melhoria contínua é inserida na cultura da empresa, buscando soluções de problemas pontuais sem maiores investimentos e atingindo, em longo prazo, resultados grandiosos, com risco moderado e baixa demanda de investimentos (CARPINETI, 2010). Para que essas melhorias ocorram, é necessário traçar caminhos e a sequência de ações necessárias para atingir o resultado desejado.

Em função da elevada participação da matéria prima na composição dos custos de uma serraria de *Pinus* spp. é necessário avaliar o rendimento dentro dos sortimentos diamétricos utilizados, não somente em volume final de madeira serrada, mas também em produtos de maior valor agregado no mercado.

Outro fator que influencia significativamente no custo final do produto é a relação custo/hora da mão de obra, e uma medida para mensuração desta informação é a análise e quantificação das paradas não programadas que ocorrem durante o horário de produção. Com estas informações dos gargalos da produção pode-se tomar as melhores decisões e medidas para reduzi-las e aumentar a produção diária.

Nesse sentido, a avaliação da rentabilidade em função dos custos da tora e do preço de venda final do produto, em uma linha de desdobro automatizada é importante para as tomadas de decisão da empresa quanto a escolha do sortimento de toras a ser utilizado como matéria

prima da produção. A escolha de sortimentos baseado em estudos de rendimento resulta em menores custos e aumenta a lucratividade do empreendimento.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo geral

Determinar o rendimento em madeira serrada e indicadores de desempenho de duas classes diamétricas de toras em cada sortimento de produtos e a produtividade diária em uma serraria de médio porte localizada no município de Curitibanos, SC.

### 1.1.2 Objetivos específicos

Determinar os indicadores de desempenho operacional, a natureza e o percentual de participação das atividades enquadradas como tempo perdido em uma linha de produção de Cerca e Componentes para Pallets.

Avaliar a influência de duas classes diamétricas sobre o rendimento em madeira serrada e a produtividade diária.

Avaliar a influência do custo de toras de classes diamétricas distintas sobre o custo da madeira serrada.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 PRODUÇÃO FLORESTAL DE *PINUS* EM SANTA CATARINA

O gênero *Pinus* foi introduzido em Santa Catarina na década de 50 no Parque Florestal do Rio Vermelho em Florianópolis, SC, e no final da década já somava a área reflorestada de 50 mil hectares com idades de até 12 anos (MORETTO; KLAUCK, 2015).

A indústria de árvores plantadas em Santa Catarina está entre as mais produtivas do mundo, sendo o gênero *Pinus*, o mais representativo no estado, obtendo na região serrana as maiores taxas de crescimento do gênero. Em 2021 foram mensurados 2 milhões de hectares plantados com *Pinus* no Brasil, sendo 35% no estado de Santa Catarina, o equivalente a 713 mil hectares (ACR, 2022). A produtividade florestal média do *Pinus* no estado de Santa Catarina está em 42,5m<sup>3</sup>/ha.ano (ACR, 2022) gerando uma produção de 18 milhões de m<sup>3</sup>, e um consumo de 27 milhões de m<sup>3</sup> de tora por ano.

Santa Catarina é o maior exportador de madeira serrada de *Pinus*, cerca de 42% das exportações nacionais são do estado, e representam um volume de 1,3 milhões de m<sup>3</sup> e US\$332 milhões, tendo como principais destinos EUA, México, Vietnã e China (ACR, 2022). Por concentrar grande parte da oferta de madeira de *Pinus* no Brasil, Santa Catarina também detém as principais unidades industriais de madeira serrada de coníferas e mesmo com o aumento de área de plantios entre 2020 e 2021 (ACR, 2022), cada vez mais as indústrias florestais estão se tornando verticalizadas já que a insegurança gerada pela possibilidade de falta de matéria prima é o principal fator que leva as indústrias investirem em adquirir e manejar suas próprias florestas.

### 2.2 RENDIMENTO NO DESDOBRO E TRABALHO PRODUTIVO

O rendimento é a relação entre o volume de madeira serrada e o volume de toras desdobradas em um período ou turno, e está diretamente ligado à produção de resíduos, pois todo o volume de madeira em tora que não é transformado em madeira serrada é considerado resíduo (ROCHA, 2002). Em coníferas considera-se normal um rendimento de 55-65% e, em folhosas, entre 45-55%. A razão dessa diferença deve-se ao fato de as coníferas terem tronco mais cilíndrico, com menos defeitos, e o alburno ser sempre utilizável (VITAL, 2008).

Um dos principais fatores que influencia no rendimento em madeira serrada é um diâmetro de tora adequado para o produto que se deseja produzir, visto que quanto maior o diâmetro na ponta fina, maior o rendimento do desdobro. Normalmente as empresas possuem um limite de diâmetro máximo que seja adequado às máquinas que possui.

Outro fato de importante influência no rendimento é a conicidade da tora, que consiste na diferença entre os diâmetros da ponta grossa e da ponta fina, que quando em excesso promove muita perda de material, visto que toda a produção da madeira serrada se dará pela ponta de menor diâmetro (IBF, 2020).

Ainda deve ser levado em conta o fator tortuosidade, que consiste no desvio do tronco de forma irregular, por fatores genéticos ou influências externas, repercutindo em um baixo aproveitamento longitudinal e transversal devido as toras entrarem nas serras em “esquadro”, gerando peças de pequeno comprimento pela necessidade de seccionamento (IBF, 2020).

Quando é realizado o corte de florestas de *Pinus* semimecanizado, com motosserra, acabam sendo geradas toras mal destopadas, que consistem na ponta com o topo inclinado, ou quebradas, e isso gera uma perda de rendimento visto que as dimensões solicitadas da tora são normalmente o limite entre a perda por excesso de comprimento ou perda por produto com dimensões inferiores às de comercialização. Se a tora solicitada possui 1,92 m e o responsável pelo abate produz com 1,92 m, mas com a ponta quebrada ou inclinada, resultará em peças de madeira serrada com comprimentos inferiores ao desejado.

Serrarias são sistemas complexos com diversas fontes de variabilidade da matéria-prima e dos processos, tornando atraente e eficiente a avaliação da produtividade em unidades de processamento de madeiras. Através de ferramentas de análise, e simulações pode-se obter melhores resultados e o aumento do volume de produção (HEINRICH, 2010). O mesmo autor elenca os fatores relacionados à matéria prima e ao processo que influenciam na produtividade e no rendimento do processo de desdobro (Figura 1).

Figura 1 – Variáveis em uma serraria que afetam a produtividade e o rendimento em madeira serrada.

| <b>Quanto à matéria-prima</b>  | <b>Quanto ao processo</b>  |
|--|--|
| Características da tora  | Capacidade dos equipamentos<br>Tempos de processamento<br>Mix de produtos  |
| Características da tora  | Rotinas de produção<br>Tempos de processo<br>Tempos de manutenção<br>Velocidade dos transportadores<br>Capacidade dos transportadores  |
| Diâmetro da tora<br>Comprimento da tora<br>Conicidade da tora<br>Qualidade da tora | Sistema de desdobro<br>Qualidade dos equipamentos<br>Capacidade dos operadores dos equipamentos<br>Manutenção dos equipamentos<br>Largura da serra<br>Percentual de sobre-medida das peças verdes<br>Mix de produtos<br>Dimensões do produto final (tábua) |
| Características da tora  | Qualidade dos equipamentos<br>Caminhos de deslocamento dos materiais<br>Velocidade dos transportadores<br>Capacidade dos transportadores   |
| Diâmetro da tora<br>Comprimento da tora  | Sistema de desdobro<br>Layout dos equipamentos   |
| Características da tora  | Qualidade dos equipamentos<br>Tempos do processo<br>Tempos de manutenção<br>Velocidade dos transportadores<br>Capacidade dos transportadores<br>Probabilidades de fluxo no processo  |
| Diâmetro da tora<br>Dispersão de diâmetros   | Velocidade de processamento das máquinas   |

Fonte: HEINRICH (2010)

De acordo com Batista *et al.* (2013) as atividades de uma serraria podem ser classificadas em ‘trabalho produtivo’ e ‘tempo perdido’. O trabalho produtivo é o período em que a madeira está efetivamente sendo desdobrada, enquanto tempo perdido é observado quando as máquinas estão inativas ou operando sem que haja o desdobro de madeira, seja por problemas elétricos, mecânicos ou falta de operador.

As falhas e paradas não programadas podem ser analisadas pelo Diagrama de Pareto, desenvolvido por Joseph Juran com base em estudos do italiano Vilfredo Pareto e de Max Otto Lorenz, que demonstram que 80% dos problemas ou defeitos se referem a 20% das causas e geram os principais problemas de ineficiência e baixa produção ou ainda, perda de qualidade. A utilização desta técnica atua de forma sistemática podendo atuar pontualmente nas correções e ações pela ordem de prioridade (SALES, 2013).

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO

O estudo foi conduzido na empresa Madesonda Madeiras, localizada no município de Curitibaanos, SC, as margens da rodovia BR-470, com área total de 5,9 hectares (Figura 2). Desta, 2,9 hectares corresponde a área industrial de produção de cercas e pallets da empresa. Levando em consideração a Instrução Normativa 04 do Instituto de Meio Ambiente de Santa Catarina (IMA), para atividades industriais, a unidade de processamento de madeira avaliada pode ser enquadrada como de médio porte, levando em consideração sua área total.

Figura 2 – Localização da planta industrial da empresa e acesso pela BR-470.



Fonte: Google Earth (2022)

Considerando a classificação descrita por Rocha (2002) na qual empresas que processam mais de  $100\text{m}^3$  de toras/dia são consideradas como de grande porte, a unidade é enquadrada nesta classificação, uma vez que consome um volume diário de toras de 300 a 350  $\text{m}^3$ .

#### 3.2 PRODUTOS FABRICADOS

A empresa conta com uma linha de produção de cercas americanas, produto principal, e componentes para pallets, subprodutos gerados no reaproveitamento, ambos com destino a

exportação a partir do desdobro de madeiras de *Pinus taeda* L. e *Pinus elliottii* Engelm. provenientes de florestas plantadas próprias e de terceiros na mesorregião serrana de Santa Catarina. Estes produtos passam por uma primeira classificação em relação às dimensões das peças. A classificação em relação a qualidade visual é determinada após a secagem em estufa industrial.

As cercas americanas são amplamente utilizadas nos Estados Unidos por terem um baixo custo visto que o país enfrenta diversos terremotos e furações, e os habitantes das regiões mais afetadas precisam trocá-las com frequência. Elas são produzidas no Brasil com madeiras do gênero *Pinus* e exportadas em bruto ou aplainado, e obrigatoriamente com tratamento térmico HT, que consiste em submeter a madeira a um ciclo de aquecimento em uma câmara térmica, à temperatura de 56°C durante 30 minutos seguindo a Portaria do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento nº 385/2021 para evitar a disseminação de pragas e reduzir o uso de brometo de metila, usado na fumigação.

Na maioria das vezes, o tratamento químico é realizado na chegada ao país de destino. A empresa produz o modelo “Dog Ear Fences” (Cerca orelha de cachorro) em bruto (Figura 3), com tratamento térmico fitossanitário (HT) e sem tratamento químico.

Figura 3 – Cerca modelo “Dog Ear Fences” produzido pela empresa.



Fonte: Boa Esperança Madeiras (s.d).

Os componentes para pallets são peças do tipo tábua e ripão, conforme nomenclatura definida pela NBR 14807 (2002), e são utilizadas na composição de pallets para transporte de produtos (Figura 4). Do total deste material produzido na empresa 40% são destinados a Arábia Saudita, 25% para o México, 25% para os Estados Unidos e 10% para a Espanha, e, portanto, da mesma forma que o produto cerca, 100% deste é submetido ao tratamento térmico fitossanitário (HT), conforme Portaria do MAPA nº 385/2021.

Figura 4 – Pallet de *Pinus*

Fonte: Leroy Merlin (s.d).

São produzidos na empresa 5 variações de produtos quanto as suas dimensões nominais, sendo 2 modelos de cerca, e 4 modelos de Pallets (Tabela 1), podendo variar conforme o cliente para qual estão sendo produzidas. As dimensões de venda (tabela 1) são diferentes das dimensões de produção devido a redução de volume que a madeira sofre durante o processo de secagem.

Tabela 1 – Classificação dos produtos quanto as dimensões nominais de venda.

| Dimensões                              | Cerca A | Cerca B | Pallet A | Pallet B | Pallet C | Pallet D |
|--|---------|---------|----------|----------|----------|----------|
| <b>Espessura (mm)</b>                  | 15      | 18      | 15       | 15       | 18       | 15       |
| <b>Largura (mm)</b>                    | 140     | 90      | 140      | 89       | 90       | 70       |
| <b>Comprimento (mm)</b>                | 1830    | 1830    | 1016     | 1220     | 1220     | 1100     |
| <b>Volume por peça (m<sup>3</sup>)</b> | 0,00384 | 0,00296 | 0,00213  | 0,00163  | 0,00198  | 0,00115  |

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

### 3.3 CARACTERIZAÇÃO DO PROCESSO DE DESDOBRO

#### 3.3.1 Linha principal

O processo de desdobro na unidade de processamento avaliada tem início com o descarregamento das toras com auxílio de um carregador florestal sobre a mesa receptora de toras, que posteriormente passam pelo unitizador hidráulico, e as conduz uma a uma ao virador. Na sequência tem-se a máquina “Primeiro Corte Horizontal” que executa um corte horizontal na parte inferior da tora, deixando a base reta (Figura 5A).

Posteriormente, a peça segue em direção ao desviador de toras do centralizador automático, que consiste em uma chapa que separa a costaneira do restante da tora. A costaneira

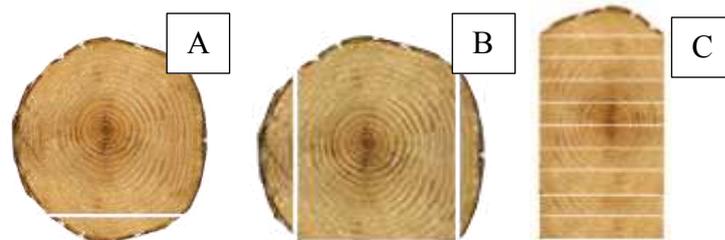
segue pela esteira de calha para a linha de aproveitamento, enquanto o semi-bloco segue para a serra fita bloco.

A serra fita bloco é um equipamento projetado para receber toras com no mínimo uma base reta, e efetua dois cortes verticais simultaneamente, retirando uma costaneira de cada lado da tora (Figura 5B). A máquina possui um sistema automático de retirada de costaneiras que consiste em duas chapas móveis nas laterais da esteira que depositam as costaneiras imediatamente depois de produzidas sobre uma esteira de corrente larga que transfere as costaneiras para a linha de aproveitamento. Ao passar pela serra fita bloco é gerado um semi-bloco com largura definida de 145 mm e altura variável conforme o diâmetro da tora.

O semi-bloco segue para a máquina Dogueira, que executa o destopo das peças além de outros 2 cortes do “dogue”.

Ainda na linha principal, o semi-bloco segue para a serra fita horizontal de desdobro múltiplo (G Force 9 cabeçotes) (Figura 5C) que executa 9 cortes horizontais sucessivos gerando 9 peças de dimensão 145 mm (largura) x 16 mm (espessura) e 1 peça de costaneira com 145 mm (largura) e altura variável. As peças sem a presença de casca e esmoados seguem na linha principal. Já a costaneira superior, se muito esmoada e fina é descartada, caso ainda possa ser aproveitada, é conduzida por uma esteira à linha de aproveitamento.

Figura 5 – Representação da sequência de cortes. Corte gerado pela máquina 1° corte horizontal (A). Corte gerado pela máquina Bloco (B). Cortes gerado pela máquina 9 cabeçotes (C).



Fonte: Mill Indústrias (s.d).

As demais peças já dimensionadas como Cerca A (16x145x1836mm) seguem para o limpador de serragem que remove a mesma da superfície das tábuas, além de ajudar a retirar o fiapo aderido às laterais das peças recém cortadas e posteriormente para o gradeador automático.

### 3.3.2 Linha de aproveitamento

A linha de aproveitamento desdobra e refila as costaneiras e as peças com esmoados ou cascas geradas na linha principal. É composta por duas circulares refiladeira automática, seguida de serra-fita horizontal G force de 3 e 4 cabeçotes para desdobro. Nesta linha de aproveitamento são gerados os produtos “Cerca A e B” e “Pallet A, B, C e D” que devido ao maior número de produtos, são gradeados manualmente em pacotes por 6 colaboradores.

A linha de aproveitamento é a mais dependente da mão de obra para alcance de bom rendimento, uma vez que, no caso da operação de refilo, as decisões do colaborador responsável em refilar a madeira afeta a obtenção da maior largura possível de madeira limpa e com qualidade, influenciando na geração de um maior percentual de produtos com maior valor agregado.

Todos os produtos gerados na linha de aproveitamento necessitam de tratamento térmico HT para exportação, portanto, após serem gradeados, são conduzidos ao tratamento em estufas para secagem e certificação.

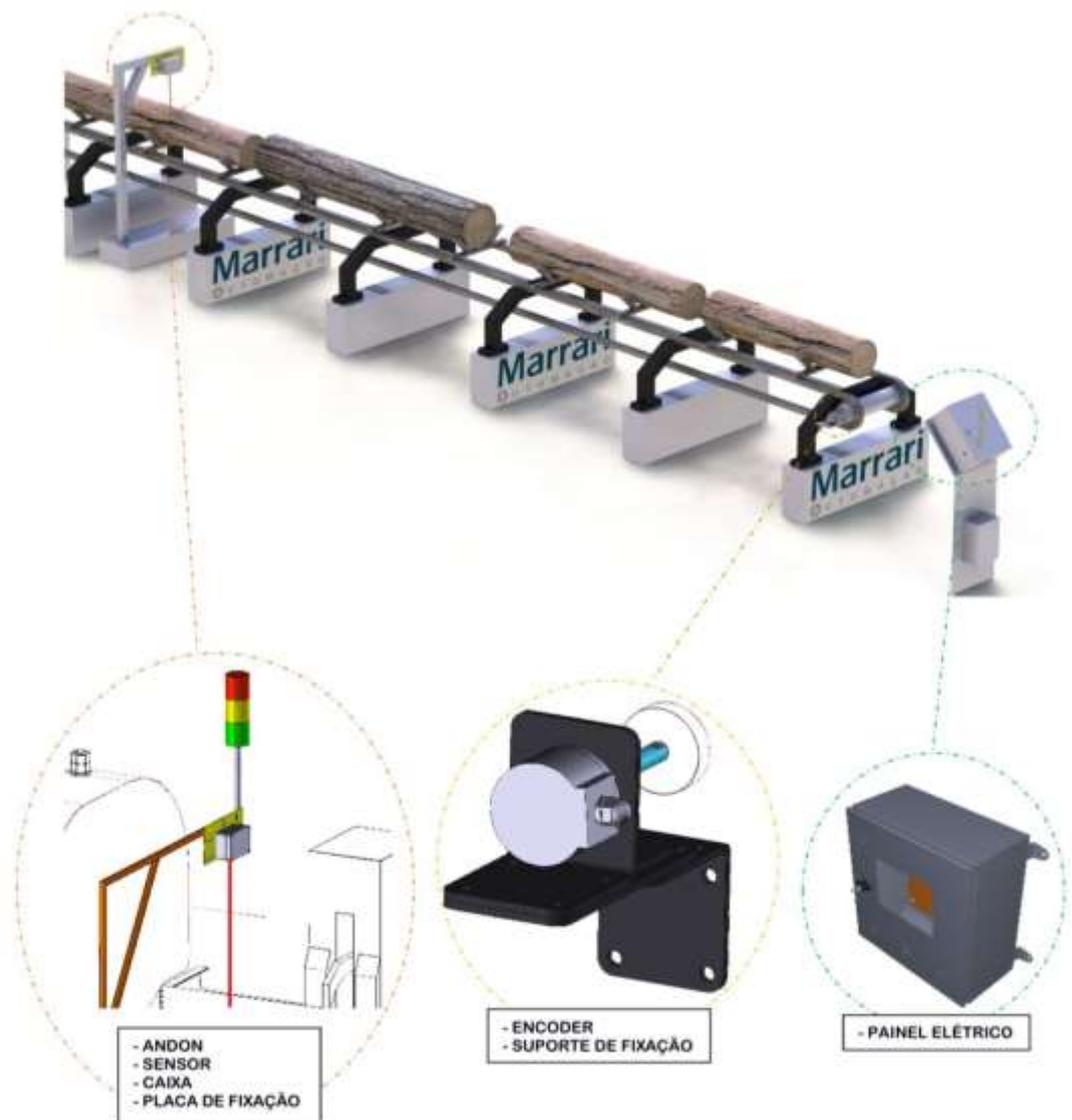
### 3.4 DETERMINAÇÃO DOS INDICADORES DE USO DO TEMPO

Para obtenção de dados confiáveis em relação ao trabalho produtivo, rendimento e a qualidade das toras utilizadas, a empresa investiu na aquisição de um software de controle de produção, chamado Pro-X e desenvolvido pela empresa Marrari Automação. Este software é um supervisor que registra itens como volume de produção instantâneo ( $m^3/h$ ), volume de produção acumulado ( $m^3$ ), diâmetro de toras, comprimento de toras, além de classificar toras conforme os parâmetros definidos pela empresa. O software conta também com diversos relatórios que auxiliam a gestão do processo produtivo, como registro de paradas de máquinas, classificados por motivos e possibilidade de inclusão de paradas programadas.

Para determinação do trabalho produtivo foram analisados dados obtidos pelo referido programa em relação a qualidade da matéria prima, ou seja, se estão sendo utilizadas toras com os parâmetros indicados em relação ao diâmetro e comprimento e quanto ao tempo de disponibilidade da máquina, que trata do tempo em relação ao período total do turno de trabalho que estava sendo utilizado para produção de madeira e a indicação das paradas com respectivos motivos.

O programa Pro-X possui um encoder que fica conectado ao eixo da esteira que interliga o unitizador à máquina “primeiro corte”, quando o eixo da esteira está parado, ou seja, não está girando, o encoder indica que não estão entrando novas toras na produção, necessitando que o serrador (operador do unitizador e do virador) aponte no painel elétrico (CLP) qual o motivo da parada. Possui ainda um sensor com laser que faz a aferição das medidas de diâmetro e comprimento das toras quando estas passam pela esteira onde está o encoder. Ambos os equipamentos estão interligados ao CLP que quantifica e obtém os indicadores de desempenho operacional da produção, e estes são observados em um supervisorio pelo gerente de produção.

Figura 6 – Equipamentos do programa Pro-X.



Fonte: Marrari automação (s.d)

### 3.4.1 Parâmetros avaliados

#### 3.4.1.1 Qualidade da matéria prima

A qualidade da matéria prima foi avaliada quanto às características de diâmetro e comprimento das toras que ingressaram na produção.

O diâmetro desejado é de 20 a 25 cm na ponta fina para a primeira classe de sortimento (S1) e de 25 a 30 cm na ponta fina para a segunda classe de sortimento (S2). Já o comprimento desejado é de 1,90 a 1,92 m, tendo como tolerância o comprimento mínimo de 1,88 e máximo de 1,94 m.

#### 3.4.1.2 Tempo de disponibilidade da máquina

O apontamento das horas paradas em toda a linha produtiva é realizado pelo “serrador” que é o colaborador posicionado na entrada das toras na linha principal e que define o ritmo inicial do andamento da produção. Este possui em sua cabine um CLP com teclado e a cada parada com 61 segundos ou mais, recebe um alarme para que aponte o motivo da parada por meio da indicação de um código criado pela empresa (Tabela 2), por estar posicionado em local estratégico e acima do nível das máquinas, consegue verificar de seu local de trabalho a máquina que apresentou problema. Este apontamento ainda é verificado ao final do dia e comparado a ficha manual preenchida por um encarregado que circula pela produção.

Tabela 2 – Classificação dos motivos de parada não programada dos equipamentos.

| Código | Descrição                                  | Classe                 |
|--------|--|------------------------|
| 1      | Troca de serras na máquina 9 cabeçotes     | Manutenção             |
| 2      | Troca de serras na máquina bloco           | Manutenção             |
| 3      | Troca de serras na máquina primeiro corte  | Manutenção             |
| 4      | Problema elétrico na refiladeira           | Manutenção             |
| 5      | Problema na unidade hidráulica             | Manutenção             |
| 6      | Problema nas correias do porão             | Manutenção             |
| 7      | Picador cheio                              | Máquina sobrecarregada |
| 8      | Gradeador automático cheio                 | Máquina sobrecarregada |
| 9      | Máquina 3 ou 4 cabeçotes cheia             | Máquina sobrecarregada |
| 10     | Falta de abastecimento de toras            | Ociosidade             |
| 11     | Madeira trancada na dogueira               | Problemas no processo  |
| 12     | Tora atravessada na máquina primeiro corte | Problemas no processo  |
| 13     | Madeira trancada na saída da refiladeira   | Problemas no processo  |

|    |   |                       |
|----|---|-----------------------|
| 14 | Tora atravessada no desviador da costaneira | Problemas no processo |
| 15 | Madeira trancada na máquina bloco           | Problemas no processo |
| 16 | Tora atravessada no centrador               | Problemas no processo |
| 17 | Madeira trancada no raspador de serragem    | Problemas no processo |
| 18 | Tora enroscada no unitizador de toras       | Problemas no processo |

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

O estudo foi conduzido no decorrer de 5 dias de trabalho das 7:30 às 12 h e das 13:30 às 18 h, totalizando 9 horas-máquina programada por dia de trabalho e 45 horas-máquina programada no total (SMHt) este último considerando, portanto, o somatório das horas de trabalho que compreendeu o período de avaliação.

O tempo de cada parada foi computado pelo Software Pro-X por meio da diferença entre o horário inicial de interrupção e o retorno à produção. Os motivos de parada foram classificados em: manutenção, máquina sobrecarregada, ociosidade e problemas no processo (Tabela 1). Na classe “manutenção” estão os motivos relacionados à necessidade de intervenções da equipe de manutenção para corrigir problemas elétricos, mecânicos, bitola e de trocas de serra, ou seja, aqueles necessários para o bom funcionamento da linha, e um produto com a qualidade e as dimensões esperadas (Equação 1).

Na classe “máquina sobrecarregada” estão os motivos relacionados ao fluxo de muita madeira em determinada máquina, e em decorrência disso, ou a máquina acaba trancando, ou o operador não vence passar a madeira. Quando isso ocorre, todas as máquinas anteriores a esta máquina acabam tendo que reduzir ou até parar a produção (Equação 2).

Na classe “ociosidade” estão os motivos relacionados a interrupções geradas pela falta de funcionários, falta de matéria prima na entrada de toras ou outros eventos inesperados não decorrentes do maquinário (Equação 3).

Na classe “problemas no processo” estão os motivos relacionados principalmente a matéria prima que acaba se movimentando nas esteiras de forma fora do usual, quando as toras possuem dimensões acima do esperado, muita tortuosidade ou são cônicas. Podem ainda ser causado por movimentações incorretas do material pelos operadores das máquinas (Equação 4).

Para obtenção dos indicadores para cada classe de parada foi realizado a somatória do tempo dispendido nas paradas de cada classe e analisado em relação ao tempo total das horas-máquina programada (45 horas).

Para obtenção do tempo dispendido com as falhas, que consiste em paradas com tempo maior que 15 segundos e menor que 60 segundos, sem apontamento do motivo, foi realizado a somatória destes períodos (Equação 5).

$$\text{Manutenção (\%)} = \frac{\sum im}{SMHt} * 100 \quad (1)$$

Onde: Manutenção = Percentual de tempo com paradas por interrupções relacionadas a manutenção (%); im = interrupções da classe de manutenção (h); SMHt = horas-máquina programada total (45h);

$$\text{Máquina sobrecarregada (\%)} = \frac{\sum ims}{SMHt} * 100 \quad (2)$$

Onde: Máquina sobrecarregada = Percentual de tempo com paradas por interrupções relacionadas a máquina sobrecarregada (%); ims = interrupções da classe de máquina sobrecarregada (h); SMHt = horas-máquina programada total (45h);

$$\text{Ociosidade (\%)} = \frac{\sum io}{SMHt} * 100 \quad (3)$$

Onde: Ociosidade = Percentual de tempo com paradas por interrupções relacionadas a ociosidade (%); io = interrupções da classe de ociosidade (h); SMHt = horas-máquina programada total (45h);

$$\text{Problemas no processo (\%)} = \frac{\sum ipp}{SMHt} * 100 \quad (4)$$

Onde: Problemas no processo = Percentual de tempo com paradas por interrupções relacionadas a problemas no processo (%); ipp = interrupções da classe de problemas no processo (h); SMHt = horas-máquina programada total (45h);

$$\text{Falhas (\%)} = \frac{\sum f}{SMHt} * 100 \quad (5)$$

Onde: Falhas = Percentual de tempo com interrupções relacionadas a Falhas (%);  $f$  = interrupções caracterizadas como falhas (tempo entre 15 a 60s sem apontamento do motivo) (h); SMHt = horas-máquina programada total (45h);

### 3.4.1.3 Indicadores de desempenho operacional

Foram analisados os indicadores de uso do tempo descritos por Ackerman *et al.* (2014) sendo estes: Horas-máquina disponíveis (AMH) (Equação 6), Taxa de disponibilidade mecânica (DM) (Equação 7), Horas-máquina produtiva livre de interrupções (PMH) (Equação 8), Taxa de utilização do tempo disponível para trabalho (TUtd) (Equação 9) e Taxa de utilização do tempo programado para trabalho (TUtp) (Equação 10). É preciso estabelecer relações de causa e efeito entre os indicadores de uso do tempo que mais afetam o desempenho organizacional e que devem ser monitorados e corrigidos para aumentar a produção.

$$AMH (h) = SMHt - \sum im \quad (6)$$

Onde: AMH = horas-máquina disponíveis (h); SMHt = horas-máquina programada considerando o tempo total de avaliação (45 horas); im = interrupções da classe de manutenção (h).

$$DM (\%) = \frac{AMH}{SMHt} \times 100 \quad (7)$$

Onde: DM = taxa de disponibilidade mecânica (%); AMH = horas-máquina disponíveis (h); SMHt = horas-máquina programada considerando o tempo total de avaliação (45 horas).

$$PMH (h) = AMH - \sum ims - \sum io - \sum ipp - \sum f \quad (8)$$

Onde: PMH = horas-máquina produtivas livres de interrupções (h); AMH = horas-máquina disponíveis (h); ims = interrupções da classe máquina sobrecarregada (h); io = interrupções da classe de ociosidade (h); ipp = interrupções da classe problemas no processo (h);  $f$  = interrupções relacionadas a falhas (h);

$$TUtd (\%) = \frac{PMH}{AMH} \times 100 \quad (9)$$

Onde: TUtd = taxa de utilização do tempo disponível para trabalho (%); PMH = horas-máquina produtivas livre de interrupções (h); AMH = horas-máquina disponíveis (h).

$$TUtp(\%) = \frac{PMH}{SMHt} \times 100 \quad (10)$$

Onde: TUtp = taxa de utilização do tempo programado para trabalho (%); PMH = horas-máquina produtivas livre de interrupções (h); SMHt = horas-máquina programada considerando o tempo total de avaliação (45 horas).

### 3.5 ANÁLISE DE RENDIMENTO POR SORTIMENTO

Para realizar a avaliação do rendimento para cada produto gerado pela empresa, foram amostradas duas manhãs, com turno de 4,5 horas cada um, das 7:30h às 12h, e em cada turno foram processadas toras separadas em dois sortimentos de diâmetro. O primeiro sortimento (**S1**) possuía toras com 20 a 25 cm de diâmetro na ponta fina e 1,92 m aproximadamente, e o segundo sortimento (**S2**) toras com 25 a 30cm de diâmetro na ponta fina e 1,92 m aproximadamente. O software de gerenciamento de produção Pro-X através de um laser aferiu o diâmetro e comprimento de todas as toras processadas no turno, mensurando o volume em metros cúbicos das mesmas e sua conicidade.

O volume total de toras (m<sup>3</sup>) que ingressaram na produção por sortimento nas duas manhãs de avaliação foi obtido pelo programa Pro-X. Já o volume de madeira serrada produzida (m<sup>3</sup>) por tipo de produto foi baseado no volume padrão de produção (Tabela 1). Os produtos gerados foram contados manualmente peça por peça e em fardos na saída do gradeador automático e no gradeamento manual, contabilizando-se a produção em metros cúbicos de madeira serrada por produto.

Com base nessas informações foi determinado o rendimento em madeira serrada para cada tipo de produto em cada sortimento (Equação 11).

$$R (\%) = \frac{\Sigma Vm}{\Sigma Vt} * 100 \quad (11)$$

Onde: R = rendimento (%); Vm = volume de madeira serrada (m<sup>3</sup>); Vt = Volume com casca de toras (m<sup>3</sup>).

Foi avaliado também o volume de produção (VP) em metros cúbicos de madeira serrada, dentro de cada sortimento, por hora-máquina produtiva livre de interrupções no turno (4 horas avaliadas de cada sortimento) (Equação 12). A finalidade foi analisar se toras de diâmetros maiores (S2) possuem rendimento significativamente superior em relação às toras de diâmetros inferiores (S1), e, portanto, se a produtividade resultante compensa o valor pago pelo sortimento.

$$VP (m^3/PMH) = \frac{V_{total}}{PMH} \quad (12)$$

Onde: VP = Volume de produção de madeira serrada de cada sortimento por hora máquina produtiva sem interrupções (m<sup>3</sup>/PMH); Vtotal = Volume total de madeira serrada de cada sortimento (m<sup>3</sup>); PMH = horas-máquina produtivas livre de interrupções (h) considerando o período de avaliação do rendimento (4,5 horas).

Foi avaliado ainda o percentual de produção que cada tipo de produto correspondeu em relação a produção total de madeira serrada gerada em cada sortimento avaliado (S1 e S2) (Equação 13 e 14, respectivamente). Com o resultado foi analisada a relação entre o custo do sortimento da tora e custo de venda do mix de produtos gerados das toras de cada sortimento.

$$Rendimento por produto S1 (\%) = \frac{Volume\ Produto\ x\ (m^3)}{Produção\ total\ S1\ (m^3)} \times 100 \quad (13)$$

$$Rendimento por produto S2 (\%) = \frac{Volume\ Produto\ x\ (m^3)}{Produção\ total\ S2\ (m^3)} \times 100 \quad (14)$$

Onde: Rendimento por produto S1, S2 = Rendimento por tipo de produto em relação a produção total de madeira serrada dentro de cada sortimento (%) (S1 = Toras com 20 a 25cm de diâmetro na ponta fina e S2 = Toras com 25 a 30cm de diâmetro na ponta fina); Volume Produto x = Cerca A/ Cerca B/ Pallet A/ Pallet B/ Pallet C/ Pallet D (m<sup>3</sup>); Produção total S1, S2 = Produção total de madeira serrada das toras de cada sortimento (m<sup>3</sup>).

O custo-hora da mão de obra foi determinado pelo setor de RH a partir dos seguintes dados dos colaboradores diretos do setor: salários, décimo terceiro salário, gratificações, férias

e encargos sociais e trabalhistas, sendo que para determinação em (R\$/PMH) foram contabilizados todos os funcionários que trabalham diretamente no setor da serraria de Cerca e Pallets.

O fator de conversão de metros cúbicos de tora para toneladas de toras foi utilizado baseando-se nos fatores de conversão entre unidades de volume e massa obtidos por Arce (1997), onde toras com diâmetro de 18 a 24 cm possuem fator de conversão 0,93 m<sup>3</sup>/ton e toras com diâmetro de 25 a 34cm possuem 0,91m<sup>3</sup>/ton.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 INDICADORES DE USO DO TEMPO E PRODUTIVIDADE

Na tabela 3 consta o tempo total em minutos decorrente de paradas não programadas em ordem de magnitude de ocorrência, o correspondente percentual em relação as horas-máquina programada total (SMHt), e o percentual acumulado em relação as principais causas de interrupções.

Tabela 3 – Tempo correspondente a cada motivo de parada em relação a 45 horas-máquina programada total.

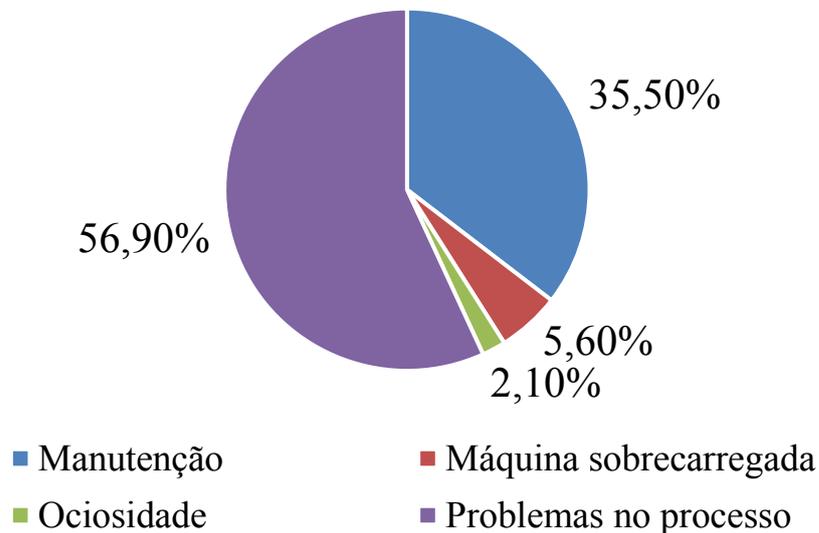
| Descrição                                   | Classe                 | Tempo (min)  | %           | % Acumulado |
|---|------------------------|--------------|-------------|-------------|
| Troca de serras na máquina 9 cabeçotes      | Manutenção             | 106,3        | 19,4%       | 19,4%       |
| Madeira trancada na dogueira                | Problemas no processo  | 69,9         | 12,7%       | 32,1%       |
| Tora atravessada na máquina primeiro corte  | Problemas no processo  | 67,1         | 12,2%       | 44,4%       |
| Tora atravessada no desviador da costaneira | Problemas no processo  | 54,7         | 10,0%       | 54,3%       |
| Madeira trancada na saída da refiladeira    | Problemas no processo  | 57,3         | 10,4%       | 64,8%       |
| Troca de serras na máquina bloco            | Manutenção             | 34,0         | 6,2%        | 71,0%       |
| Troca de serras na máquina primeiro corte   | Manutenção             | 31,4         | 5,7%        | 76,7%       |
| Madeira trancada na máquina bloco           | Problemas no processo  | 26,6         | 4,9%        | 81,6%       |
| Tora atravessada no centrador               | Problemas no processo  | 15,7         | 2,9%        | 84,4%       |
| Madeira trancada no raspador de serragem    | Problemas no processo  | 15,3         | 2,8%        | 87,2%       |
| Picador cheio                               | Máquina sobrecarregada | 14,8         | 2,7%        | 89,9%       |
| Gradeador automático cheio                  | Máquina sobrecarregada | 13,5         | 2,5%        | 92,4%       |
| Falta de abastecimento de toras             | Ociosidade             | 11,3         | 2,1%        | 94,4%       |
| Problema elétrico na refiladeira            | Manutenção             | 11,2         | 2,0%        | 96,4%       |
| Problema na unidade hidráulica              | Manutenção             | 8,3          | 1,5%        | 98,0%       |
| Tora enroscada no unitizador de toras       | Problemas no processo  | 5,4          | 1,0%        | 98,9%       |
| Problema nas correias do porão              | Manutenção             | 3,7          | 0,7%        | 99,6%       |
| Máquina 3 ou 4 cabeçotes cheia              | Máquina sobrecarregada | 2,2          | 0,4%        | 100,0%      |
| <b>Total</b>                                |                        | <b>548,4</b> | <b>100%</b> | <b>-</b>    |

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Observa-se na tabela 3 que as principais causas das interrupções, e que juntas foram responsáveis por 81,6% do total das paradas, ocorrem por paradas da classe: “manutenção” e “problemas no processo” sendo estas, as trocas de serra (9 cabeçotes, primeiro corte e bloco), e madeiras atravessadas e trancadas nas máquinas iniciais do processo (primeiro corte, desviador de costaneira, refiladeira e bloco). A interrupção em decorrência de madeira trancada na máquina dogueira não possui alta frequência de ocorrência, mas quando ocorre, consome tempo para a operação de destrancamento e, decorrente disso, também possui um percentual alto de participação (12,7%) nas interrupções por paradas.

Na figura 7 podemos observar o percentual de interrupção que cada classe representa em relação ao total de tempo despendido com paradas.

Figura 7 – Grafico demonstrando o percentual de interrupção causado por cada classe.



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Em relação aos indicadores de desempenho operacional (Figura 8) observa-se que do tempo total de 45 horas-máquina programada (SMHt), 41,7 h ou 92,8% deste tempo a máquina está pronta para uso, ou seja, com a parte mecânica e elétrica disponível para produzir, porém apenas 66,9% deste tempo realmente é produtivo, ou seja, com toras entrando em velocidade constante na linha de produção.

Figura 8 – Visualização dos indicadores de eficiência operacional.

|   |            |                  |                          |                        |               |
|---|------------|------------------|--------------------------|------------------------|---------------|
| <b>Horas-máquina programada (SMH)</b>                                   |            |                  |                          |                        |               |
| 45 h  |            |                  |                          |                        |               |
| 100%  |            |                  |                          |                        |               |
| <b>Horas-máquina disponível (AMH) / Disponibilidade Mecânica (DM %)</b> |            |                  |                          |                        | <b>Manut.</b> |
| 41,7 h  |            |                  |                          |                        | 3,2 h         |
| 92,8%   |            |                  |                          |                        | 7,2%          |
| <b>Horas-máquina produtiva (PMH)</b>                                    | <b>Oc.</b> | <b>Maq. Sob.</b> | <b>Prob. no processo</b> | <b>Falhas (15-60s)</b> | <b>Manut.</b> |
| 30,1 h  | 0,2 h      | 0,5 h            | 5,2 h                    | 5,8 h                  | 3,2 h         |
| 66,9%   | 0,4%       | 1,1%             | 11,5%                    | 12,8%                  | 7,2%          |

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

A serraria estudada não atingiu o valor mínimo de 75% de trabalho produtivo sugerido por Martins e Laugeni (2003, apud Batista et al., 2007) mesmo sendo uma serraria

automatizada, e com maquinários de ponta. Podemos analisar abaixo os motivos que ocasionam essa baixa eficiência.

Dentro da classe manutenção a principal causa é a troca de serras que deve ser feita a cada duas horas aproximadamente nas máquinas principais (9 cabeçotes, primeiro corte e bloco) para manter a qualidade e precisão do corte, este tempo pode ser variável de acordo com a qualidade da serra, e a presença de inconformidades na matéria prima.

Já o atravessamento de toras como problemas no processo, é decorrente de inconformidades na matéria prima, principalmente quando as toras são muito cônicas, possuem galhos mal cortados, tortuosidade ou diâmetros acima de 40 cm. Neste caso, seria interessante a análise de viabilidade da inclusão de um separador, que consiste em um sistema automático de escaneamento da tora, por meio de um laser, e expulsão das toras fora do padrão da esteira por um atuador pneumático. Na sequência do separador, viria um descascador de toras, visto que, o separador removeria toras fora do padrão desejado, e o processo de descascamento deixaria a tora mais uniforme e com menos propensão a enroscar nos maquinários.

Dentro da classe problemas no processo observou-se que o maior número de casos de madeira trancada nas máquinas ocorreu com o processamento das toras do maior sortimento (25-30 cm). Este fato é devido às dimensões das costaneiras geradas no desdobro serem maiores e estas, ficarem trancadas nas primeiras máquinas do processo, que são: refiladeira da costaneira, primeiro corte e bloco. Entretanto, observou-se melhor aproveitamento da madeira resultante deste sortimento na máquina 9 cabeçotes, gerando menos peças esmoadas e destinadas a produção de pallets.

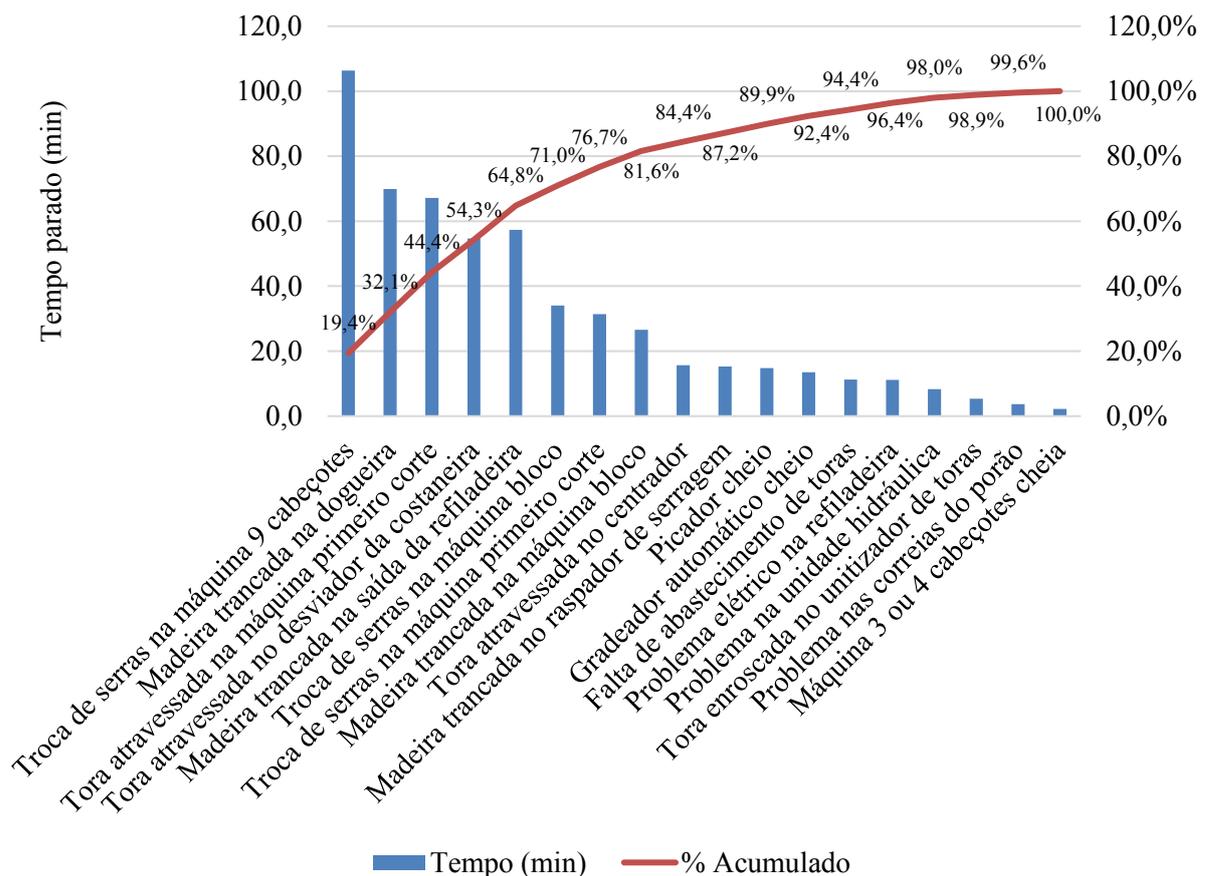
No decorrer das 45 horas de observação (horas-máquina programada total) foram contabilizadas 14,9 horas de interrupção, e destas, 9,1 horas foram decorrente de paradas não programadas acima de 60 segundos, que corresponderam a 20,3% do total de 33,1%. Observou-se também que falhas (sem apontamento de motivo) entre 15 a 60 segundos representam um montante de 5,8h ou 12,8% do percentual total de tempo com interrupções.

Em função do percentual de participação das interrupções (33,1%) no total de horas-máquina programada, sugere-se a empresa que reduza o tempo para apontamento do motivo da parada para a partir de 30 segundos da ocorrência, a fim de quantificar melhor os gargalos do processo, uma vez que durante a realização do estudo, percebeu-se que normalmente as interrupções por falhas foram ocasionadas por máquinas sobrecarregadas ou problemas no processo. Por consequência, o tempo para o apontamento das falhas deverá ser alterado para 15 a 30 segundos também.

Observa-se na figura 9 que as interrupções causadas pela troca de serras na máquina 9 cabeçotes, madeira trancada na dogueira, tora atravessada na máquina primeiro corte, madeira trancada na saída da refiladeira, tora atravessada no desviador da costaneira, troca de serras na máquina bloco, troca de serras na máquina primeiro corte, e troca de serras na máquina bloco foram responsáveis por 81,6% das causas de parada no equipamento.

Considerando as classes de interrupções por paradas observa-se na figura 9 que a ocorrência de paradas da natureza “problemas no processo” corresponde a aproximadamente 57% do total das paradas e 4 dos 7 motivos que respondem por aproximadamente 80% das paradas (Figura 9). As interrupções por necessidade de manutenção correspondem a aproximadamente 35% das paradas e 3 dos 7 motivos que respondem por aproximadamente 80% das paradas.

Figura 9 – Diagrama de Pareto com as causas de interrupções observadas.



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Sugere-se a empresa a criação de estratégias e metodologias de ação direcionadas para as ocorrências que juntas respondem por 80% das paradas, a partir do treinamento de

funcionários responsáveis pela ação em cada caso. Essa estratégia faz com que a responsabilidade da produção seja dividida entre os colaboradores para retorno imediato da produção.

Devido ao principal fator das paradas por manutenções estar vinculado a troca de serra, este é o fator que deve ser inserido prioritariamente no treinamento operacional dos colaboradores responsáveis, pois a agilidade no processo de troca de serras é primordial para o retorno da produção no menor tempo possível.

Quanto ao principal problema de processo, que é o trancamento ou atravessamento das peças de madeiras nas máquinas, deve-se observar quais são as partes das máquinas que estão fazendo com que a madeira tranque, e buscar ajustes mecânicos que evitem estas paradas. Para o problema máquina sobrecarregada, o picador cheio é o gargalo do processo, e para isso, deve ser analisada a viabilidade no investimento em um picador maior ou mais potente, e que consiga suprir o volume de resíduos gerados na produção. Em relação a ociosidade, vinculada a falta de toras na entrada do processo, essa problemática pode ser solucionada com reuniões e ajustes operacionais do setor de descarregamento de caminhões e abastecimento da linha de produção.

É importante ainda que a empresa estabeleça um plano de ação para cada funcionário durante a parada da produção, designando funções para maior aproveitamento do tempo em que não se está processando madeira, tais como ajudante na manutenção, limpeza, verificação de tensionamento das serras, conferência de bitola das madeiras, acionamento de prestadores de serviço (mecânico, eletricista, encanador).

## 4.2 ANÁLISE DE RENDIMENTO POR SORTIMENTO

### 4.2.1 Indicadores de uso do tempo na análise de rendimento por sortimento

Ambas as avaliações da produtividade dentro de cada sortimento (20 a 25 cm e 25-30 cm de diâmetro), ocorreram em um turno de 4,5 horas máquina programada total (SMHt) cada.

Para o processamento das toras do menor sortimento (S1) foram amostradas 2,7 PMH, equivalente a 65,9% da SMHt

Foram observados 15,9 minutos de falhas e 76,22 minutos de paradas. As interrupções enquadradas como paradas observadas com mais frequência foram a troca de serras na máquina 9 cabeçotes, que teve duração total de 21,8 minutos, correspondente a 28,6% das paradas, e a

máquina 1º corte trancada com madeiras, somando 9,5 minutos, correspondente a 12,5% das paradas. No início do turno de avaliação deste sortimento a esteira que conduz a costaneira para a máquina refiladeira da costaneira principal apresentou problema logo no setup, levando 26,2 minutos de atraso, correspondente a 34,4% das paradas.

Para o maior sortimento (25 a 30 cm de diâmetro), foram amostradas 2,8 PMH, equivalentes a 64,0% da SMH.

Foram observados 33,9 minutos de interrupções por falhas e 63,3 minutos de interrupções por paradas. As interrupções enquadradas como paradas observadas com mais frequência foram: máquina refiladeira trancada por conta das costaneiras muito largas, representando um montante de 13,7 minutos, correspondente a 21,7% das paradas, madeira trancada na máquina primeiro corte, com 8,8 minutos e 13,9% das paradas, e gradeador cheio ou com problemas mecânicos com 8,9 minutos e 14,1% das paradas.

Comparando as duas classes de diâmetro avaliadas observa-se que quando usadas toras com sortimento de menores diâmetros, o tempo de falhas é inferior em relação a toras com maiores diâmetros. Isso ocorre porque toras maiores geram costaneiras mais pesadas que trancam com mais facilidade, atrasando o andamento da produção. Isso é corroborado pelo fato de que na avaliação com as toras do maior sortimento (25 a 30 cm de diâmetro) a máquina que mais apresentou problemas mecânicos ou de operação foi a refiladeira da costaneira, que recebe as costaneiras principais do primeiro corte e da máquina bloco. Estas, trancam no maquinário normalmente pela altura e largura das mesmas, que muitas vezes é superior ao suporte da máquina, e necessita ser movimentada novamente para a máquina bloco ao invés de seguir na linha de produção.

Em relação ao processamento das toras do menor sortimento (20 a 25 cm de diâmetro) observou-se um acúmulo de materiais na máquina refiladeira de aproveitamento devido ao grande volume de madeira estreita gerada das costaneiras. No processamento das toras do sortimento de 25 a 30 cm de diâmetro observou-se que houve a sobrecarga do gradeador automático devido ao grande volume produzido em um curto espaço de tempo do produto “Cerca A”.

#### **4.2.2 Rendimento, produtividade e custos por sortimento**

Nas tabelas 5 e 6 pode-se observar o volume total de madeira serrada produzida das toras do menor sortimento e o volume total de venda, em metros cúbicos, bem como o percentual de

participação de cada produto em relação ao volume total de madeira serrada produzida. A diferença observada entre o volume produzido e o volume de venda em relação ao produto pallet ocorre pelo fato de que em torno de 10% da produção é desclassificada por não cumprir os requisitos do produto em relação a presença de esmoados.

Tabela 5 – Produção no turno com o sortimento S1 (20 a 25cm de diâmetro).

| Descrição/Produto                        | CERCA<br>A | CERCA<br>B | PALLET<br>A | PALLET<br>B | PALLET<br>C | PALLET<br>D | Total produzido<br>no turno (m <sup>3</sup> ) |
|--|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---|
| Volume por peça (m <sup>3</sup> )        | 0,00384    | 0,00296    | 0,00213     | 0,00162     | 0,00197     | 0,00115     | -   |
| Total de peças produzidas (un.)          | 11948      | 1851       | 130         | 3766        | 1438        | 1989        | -   |
| Volume total produzido (m <sup>3</sup> ) | 45,916164  | 5,4874746  | 0,277368    | 6,1336842   | 2,8420632   | 2,297295    | <b>62,954</b>                                 |
| Percentual da produção (%)               | 72,9%      | 8,7%       | 0,4%        | 9,7%        | 4,5%        | 3,6%        | -   |
| Volume total de venda (m <sup>3</sup> )  | 45,916     | 5,487      | 0,250       | 5,520       | 2,558       | 2,067       | <b>61,799</b>                                 |

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Tabela 6 – Produção no turno com o sortimento S2 (25 a 30 cm de diâmetro).

| Descrição                                | CERCA<br>A | CERCA<br>B | PALLET<br>A | PALLET<br>B | PALLET<br>C | PALLET<br>D | Total produzido<br>no turno (m <sup>3</sup> ) |
|--|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---|
| Volume por peça (m <sup>3</sup> )        | 0,00384    | 0,00296    | 0,00213     | 0,00162     | 0,00197     | 0,00115     | -   |
| Total de peças produzidas (un.)          | 20050      | 2126       | 448         | 4405        | 1495        | 1262        | -   |
| Volume total produzido (m <sup>3</sup> ) | 77,052     | 6,303      | 0,956       | 7,174       | 2,955       | 1,458       | <b>95,897</b>                                 |
| Percentual da produção (%)               | 80,3%      | 6,6%       | 1,0%        | 7,5%        | 3,1%        | 1,5%        | -   |
| Volume total de venda (m <sup>3</sup> )  | 77,052     | 6,303      | 0,860       | 6,457       | 2,659       | 1,312       | <b>94,643</b>                                 |

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Observa-se nas tabelas 5 e 6 que o aumento do diâmetro médio das toras utilizadas pode gerar um aumento de produção de Cerca A de até 7%, e Cerca A e B, juntas, de até 5,3%. A produção total em metros cúbicos no turno teve um incremento de 32,8 m<sup>3</sup>, correspondendo a um aumento de 53,1% na produção quando processadas as toras do maior sortimento (S2).

Na tabela 7 consta o preço de venda dos produtos em m<sup>3</sup> que são comercializados em dólar americano (US\$) com o frete FOB (Free on Board), e conversão para o faturamento em reais (R\$) no turno, considerando o volume gerado por tipo de produto considerando o preço do dólar comercial no dia do processamento dos dados.

Tabela 7 – Preço dos produtos comercializados em Dólar Americano (US\$) e Reais (R\$) e o faturamento no turno com o sortimento S1 (20 a 25 cm de diâmetro) e S2 (25 a 30 cm de diâmetro)

| Descrição                                     | CERCA A       | CERCA B      | PALLET A    | PALLET B     | PALLET C     | PALLET D     | Total faturado no turno (R\$) |
|---|---------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|-------------------------------|
| Preço de venda FOB (US\$/m <sup>3</sup> )     | US\$ 181,00   | US\$ 191,00  | US\$ 167,00 | US\$ 167,00  | US\$ 167,00  | US\$ 167,00  | -                             |
| Dólar comercial do dia 19/04/2023             | R\$ 5,04      | R\$ 5,04     | R\$ 5,04    | R\$ 5,04     | R\$ 5,04     | R\$ 5,04     | -                             |
| Preço de venda FOB (R\$/m <sup>3</sup> )      | R\$ 912,24    | R\$ 962,64   | R\$ 841,68  | R\$ 841,68   | R\$ 841,68   | R\$ 841,68   | -                             |
| Volume total de venda (m <sup>3</sup> ) no S1 | 45,916        | 5,487        | 0,250       | 5,520        | 2,558        | 2,067        | -                             |
| Faturamento no período (R\$) no S1            | R\$ 41.886,56 | R\$ 5.282,46 | R\$ 210,11  | R\$ 4.646,34 | R\$ 2.152,90 | R\$ 1.740,23 | <b>R\$ 55.918,60</b>          |
| Volume total de venda (m <sup>3</sup> ) no S2 | 77,052        | 6,303        | 0,860       | 6,457        | 2,659        | 1,312        | -                             |
| Faturamento no período no S2                  | R\$ 70.290,05 | R\$ 6.067,27 | R\$ 724,07  | R\$ 5.434,71 | R\$ 2.238,23 | R\$ 1.104,16 | <b>R\$ 85.858,50</b>          |

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

De acordo com a tabela 5, o processamento das toras do menor sortimento (S1), do total da produção, 81,6% correspondeu ao produto cerca e 18,4% ao produto pallet, enquanto no processamento das toras do maior sortimento (S2) (tabela 6) a produção do produto cerca correspondeu a 86,9% da produção e para o pallet esse percentual foi de 13,1%.

No cenário atual, o preço de venda do produto cerca está superior ao do pallet, compensando para a empresa produzir mais volume do primeiro. No entanto, observou-se durante o período da pandemia do coronavírus a inversão deste cenário. Portanto, quando a cerca possui valor superior, recomenda-se a utilização de toras de média diamétrica superior a 25cm para que haja uma melhor conversão em cerca, e um maior faturamento, entretanto, quando o pallet está com preço igual ou superior à cerca deve-se processar toras de classe diamétrica inferior a 25 cm para redução dos custos com a tora e maior conversão em produto pallet.

Na tabela 8 consta o rendimento percentual de madeira serrada em relação ao volume de toras consumidas, bem como o custo da tora de cada sortimento e da mão de obra no turno considerado (4,5 horas).

Tabela 8 – Percentual de conversão de toras e custos inerentes ao processamento das toras dos sortimentos S1 e S2.

| <b>Descrição</b>                                       | <b>Sortimento 20-25 cm (S1)</b> | <b>Sortimento 25-30 cm (S2)</b> |
|--|---------------------------------|---------------------------------|
| Toras consumidas (m <sup>3</sup> )                     | 157,9                           | 244,6                           |
| Volume total de venda (m <sup>3</sup> )                | 61,7                            | 94,6                            |
| <b>Rendimento %</b>                                    | <b>39,12%</b>                   | <b>38,69%</b>                   |
| Conversão (m <sup>3</sup> tora/m <sup>3</sup> madeira) | 2,56                            | 2,58                            |
| Custo da tora (R\$/ton)                                | R\$ 230,00                      | R\$ 280,00                      |
| Fator de conversão m <sup>3</sup> /ton                 | 0,93                            | 0,91                            |
| <b>Toras consumidas (ton)</b>                          | <b>169,85</b>                   | <b>268,85</b>                   |
| <b>Custo total da tora (R\$)</b>                       | <b>R\$ 39.065,50</b>            | <b>R\$ 75.276,92</b>            |
| Custo-hora da mão de obra (h)                          | R\$ 980,00                      | R\$ 980,00                      |
| <b>Custo da mão de obra no turno (4,5h)</b>            | <b>R\$ 4.410,00</b>             | <b>R\$ 4.410,00</b>             |

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Biasi e Rocha (2003) obtiveram um rendimento de 45,3% na produção de pallets com toras de diâmetro entre 20 e 32 cm, Murara Junior *et al.* (2005) registraram um rendimento de 44,9% e 28,0% para toras de 18 a 24 cm e 24 a 28 cm, respectivamente. As diferenças observadas em relação ao presente estudo, podem ter ocorrido em função do comprimento atual de venda do pallet (1,01 m, 1,22 m e 1,10 m), que resulta em uma perda de até 47% no comprimento das toras que ingressam na produção com 1,92 m. Entretanto, mesmo este rendimento sendo prejudicado, é notável que a linha de produção de cerca necessita de um subproduto a partir do aproveitamento, visto que se não houvesse a conversão das costaneiras em pallet, todo este volume de madeira se tornaria cavaco, que possui custo de venda bem inferior.

Na tabela 9 consta uma análise geral dos custos inerentes ao processo, o faturamento e o saldo da operação, este último considerando somente os custos com tora e mão de obra. O custo da mão de obra é o mesmo para ambos os sortimentos, visto que foram utilizados o mesmo número de funcionários.

Tabela 9 – Faturamento, custo da tora e custo da mão de obra entre os sortimentos S1 e S2.

| <b>Descrição</b>     | <b>Sortimento 20-25 cm</b> | <b>Sortimento 25-30 cm</b> | <b>Diferença entre S1 e S2</b> |
|----------------------|----------------------------|----------------------------|--------------------------------|
| Faturamento no turno | R\$ 55.918,60              | R\$ 85.858,50              | 34,9%                          |
| Custo das toras      | R\$ 39.065,50              | R\$ 75.276,92              | 48,1%                          |
| Custo da mão de obra | R\$ 4.410,00               | R\$ 4.410,00               | 0,0%                           |
| <b>Saldo</b>         | <b>R\$ 12.443,10</b>       | <b>R\$ 6.171,57</b>        | <b>-</b>                       |

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Observa-se que o faturamento total referente aos produtos resultantes do maior sortimento (S2) é 34,9% superior ao do menor sortimento (S1), no entanto, o custo das toras do

sortimento S2 é 48,1% superior. Analisando os fatores faturamento, preço da tora e custo da mão de obra, observa-se que o a utilização das toras do sortimento S1 apresentou melhor resultado financeiro, mesmo resultando em menor volume de madeira pois o preço da tora é o fator principal no aumento ou redução da rentabilidade. Portanto, o uso apenas do sortimento S2 é menos lucrativo para a empresa neste cenário.

A análise da produção, faturamento e custos em relação as horas-máquina produtivas livre de interrupções (PMH) consta na tabela 10, juntamente com a diferença percentual entre os sortimentos S1 e S2.

Tabela 10 – Análise dos indicadores de produção e custos por PMH (horas-máquina produtivas livre de interrupções).

| Descrição                                    | S1 (Sortimento 20-25 cm) | S2 (Sortimento 25-30 cm) | Diferença entre S1 e S2 |
|--|--------------------------|--------------------------|-------------------------|
| PMH (h)                                      | 2,96                     | 2,88                     | -2,7%                   |
| Consumo de toras (ton/PMH)                   | 57,38                    | 93,35                    | 62,7%                   |
| Produção por PMH (m <sup>3</sup> /PMH)       | 20,88                    | 32,86                    | 57,4%                   |
| Faturamento por PMH (R\$/PMH)                | 18.891,42                | 29.811,98                | 57,8%                   |
| Custo da mão de obra (R\$/PMH)               | 1.489,86                 | 1.531,25                 | 2,8%                    |
| Custo da mão de obra (R\$/m <sup>3</sup> )   | 71,36                    | 46,60                    | -34,7%                  |
| Custo da mão de obra R\$/m <sup>3</sup> /PMH | 211,23                   | 134,20                   | -36,5%                  |

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

A quantidade de toras, em toneladas, consumidas por PMH é superior no sortimento S2 em 62,7% devido ao diâmetro de toras e volume unitário serem maiores, tendo conseqüentemente uma produção e faturamento também superior. O custo da mão de obra no sortimento S2 foi 2,8% maior comparado ao S1 pois no processamento das toras do sortimento S1 ocorrem menos intercorrências. O custo da mão de obra em R\$/m<sup>3</sup> envolvida no processamento do sortimento S2 foi 34,7% inferior ao S1, e o custo da mão de obra em R\$/m<sup>3</sup>/PMH foi também inferior em 36,5% comparado ao S1. Isso é explicado pelo fato de que a produção com as toras do sortimento S2 com o mesmo número de colaboradores, produziu um volume de madeira serrada 53,14% superior ao S1.

Para que o saldo da operação de processamento do sortimento S2 seja maior que o saldo da operação de processamento do sortimento S1, o valor da tora do S2 pode custar, no máximo, R\$26,00 a mais que a tora do menor sortimento (S1). Caso a tora do sortimento S2 tenha um custo superior a R\$27,00 em relação a S1, não compensa a utilização somente deste sortimento, visando apenas um melhor rendimento financeiro.

A empresa pode utilizar o sortimento mais caro (S2) caso o produto cerca esteja com um valor de venda muito superior ao pallet e que necessite maior volume de produção deste produto em detrimento do outro por questões de mercado, demanda ou a necessidade de cumprir prazos de vendas realizadas.

Outra possibilidade que a empresa pode analisar é o uso dos sortimentos S1 e S2 em conjunto, resultado em um terceiro sortimento (S3) com amplitude de toras entre 20 a 30 cm de diâmetro, pois desta forma estaria obtendo um preço médio da tora que é o fator predominante no custo. Considerando que a compra da tora de 20 a 30 cm de diâmetro custe R\$ 250,00 a tonelada, essa produção comparada ao mesmo turno de trabalho analisado por este estudo, resultaria em um saldo positivo de R\$ 11.641,53. Outro ponto positivo é que a produção seria otimizada e uniforme por distribuir o trabalho e os esforços entre trabalhadores e máquinas do processo.

Analisando a produtividade de madeira serrada em metros cúbicos, conforme o sortimento de toras que será alimentado na linha de produção, observa-se que se for utilizado somente o S1 o potencial da linha de produção não será totalmente aproveitado. Se for alimentado somente com o sortimento S2 alguns setores ficarão sobrecarregados, acarretando no comprometimento da produção por problemas no processo ou excesso de volume de material. Portanto, se a linha de produção for alimentada proporcionalmente, ou seja, 50% com toras do sortimento S1 e 50% com toras do sortimento S2, promoverá um processo de desdobro mais uniforme e contínuo.

## 5 CONCLUSÃO

As horas-máquina produtivas livre de interrupções (PMH) observadas foram de 66,8% para o tempo total de observação de 45 horas.

O motivo de interrupção que mais demanda tempo em paradas é a troca de serras na máquina 9 cabeçotes. As classes manutenção e problemas no processo correspondem a 92% das interrupções observadas, as falhas correspondem a 12,8% e paradas 20,3% das horas máquina programada total (SMHt).

A classe diamétrica S1 (20 a 25 cm de diâmetro) resultou em um rendimento de 39,12% e produtividade diária de 20,88 m<sup>3</sup>/PMH enquanto a classe S2 (25 a 30 cm de diâmetro) resultou em um rendimento de 38,69% e produtividade diária de 32,86 m<sup>3</sup>/PMH. Houve uma produção 5% superior do produto “Cerca” utilizando o maior sortimento (S2).

A classe diamétrica S2 (25 a 30 cm de diâmetro) em relação ao S1 possui um custo da tora 48,1% superior, cuja despesa considerada o principal fator da rentabilidade, acaba não compensando o faturamento 34,9% superior da classe S2, concluindo que o S1 apresenta o melhor resultado financeiro.

No atual cenário recomenda-se a empresa o uso do sortimento S1 ou S3 (amplitude de diâmetro entre 20 e 30 cm) para produção de Cercas e Pallets e sugere-se a realização de novos estudos analisando novas proporcionalidades de sortimentos.

## REFERÊNCIAS

- ACKERMAN, P.; GLEASURE, E.; ACKERMAN, S.; SHUTTLEWORTH, B. Standards for time studies for the South African forest industry. South African: ICFR/FESA, 2014.
- ARCE, J. E. **Um sistema de programação do transporte principal de multiprodutos florestais visando a minimização de custos**. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1997.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 14807**: Peças de madeira serrada – Dimensões. Rio de Janeiro: ABNT, 2002.
- ASSOCIAÇÃO CATARINENSE DE EMPRESAS FLORESTAIS – ACR. **Anuário Estatístico de Base Florestal para o estado de Santa Catarina 2022 (Ano Base 2021)**. Lages: ACR, 2022.
- BATISTA, D. C.; SILVA, J. G. M.; CORTELETTI, R. B. Desempenho de uma Serraria com Base na Eficiência e na Amostragem do Trabalho. **Floresta e a Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 20, n. 2, p. 271 – 280, 2013.
- BATISTA, D. C.; CARVALHO, A. M. Avaliação do desempenho operacional de uma serraria através de estudo de tempo, rendimento e eficiência. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 75, p. 31 – 38, 2007.
- BIASI, C.; ROCHA, M. P. Rendimento em serraria de *Pinus elliottii*. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 8., 2003, São Paulo. **Anais** [...] São Paulo: [s.n.], 2003.
- BOA ESPERANÇA MADEIRAS. Cercas Dog Ear em Bruto. S. d. Disponível em: <https://www.boaesperanca.ind.br/produto/10/dog-ear-em-bruto>. Acesso em: 25 mar. 2023.
- BRANDÃO JÚNIOR, C. **O pioneiro esquecido**: Taylor e a gestão da qualidade nas empresas. 2009. Disponível em: <http://administradores.com.br/informe-se/producao-academica/o-pioneiroesquecido-taylor-e-a-gestao-da-qualidade-nas-empresas/2337/download/>. Acesso em: 25 mar. 2023.
- CARPINETTI, L. C. R. **Gestão da qualidade**: Conceitos e técnicas. São Paulo: Atlas, 2010. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/002179582>. Acesso em: 25 mar. 2023.
- HEINRICH, D. **Simulação da produção de madeira serrada**. 2010. Monografia (Graduação em Administração) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.
- IBAMA, **Instrução normativa n. 04**. 2020. Disponível em: <https://in.ima.sc.gov.br/>. Acesso em: 13 out. 2022.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE FLORESTAS, IBF. Rendimento na conversão de tora em madeira serrada. 2020. Disponível em: <https://www.ibflorestas.org.br/conteudo/madeira-serrada>. Acesso em: 05 abr. 2023.

LEROY MERLIN. Pallet Aparelhado Madeira Pinus 100x100cm Madvei. S. d. Disponível em: [www.leroymerlin.com.br/pallet-aparelhado-madeira-pinus-100x100cm-madvei\\_89743920](http://www.leroymerlin.com.br/pallet-aparelhado-madeira-pinus-100x100cm-madvei_89743920). Acesso em: 25 mar. 2023.

MARRARI AUTOMAÇÃO. Manual de Instalações Pro-X. S.d.

MILL INDÚSTRIAS. Equipamentos. S. d. Disponível em: <https://www.mill.com.br/>. Acesso em: 25 mar. 2023.

MORETTO, P.; KLAUCK, A. G. Mudanças na paisagem: a introdução do Pinus no Estado de Santa Catarina. 2015. Disponível em: [http://www.snh2013.anpuh.org/resources/anais/39/1437943304\\_ARQUIVO\\_ArtigoSamiraAnpuhv2\(2\).pdf](http://www.snh2013.anpuh.org/resources/anais/39/1437943304_ARQUIVO_ArtigoSamiraAnpuhv2(2).pdf). Acesso em: 25 mar. 2023.

MURARA JUNIOR, M. I.; ROCHA, M. P. da; TIMOFEICZYK JUNIOR, R. Rendimento em madeira serrada de *Pinus taeda* para duas metodologias de desdobro. **Floresta**, Curitiba, v. 35, n. 3, p. 473-483, 2005.

ROCHA, M. P. da. **Técnicas e planejamento em serrarias**. Curitiba: FUPEF, 2002 (Série Revisada, 2).

SALES, M. **Diagrama de Pareto**. Ealde Business School. 2013. Disponível em: <https://www.academia.edu/23719178>. Acesso em: 25 mar. 2023.

SILVA J. G. M. **Desempenho e amostragem do trabalho de uma serraria no município de Alegre, Espírito Santo**. 2010. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Industrial Madeireira) - Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2010.

VITAL, B. R. **Planejamento e operação de serrarias**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2008. 211 p.