

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

Tuane da Silva Barêa Soares

Avaliação do rendimento na laminação de toras de *Pinus taeda* L. em torno do tipo tracionado

Curitibanos, SC

2024

Tuane da Silva Barêa Soares

Avaliação do rendimento na laminação de toras de *Pinus taeda* L. em torno do tipo tracionado

Trabalho 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.

Orientador: Prof^a. Karina Soares Modes

Curitibanos, SC

2024

Soares, Tuane da Silva Barêa

Avaliação do rendimento na laminação de toras de Pinus taeda L. em torno do tipo tracionado / Tuane da Silva Barêa Soares ; orientadora, Karina Soares Modes, 2024.

23 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Campus
Curitibanos, Graduação em Engenharia Florestal,
Curitibanos, 2024.

Inclui referências.

1. Engenharia Florestal. 2. Avaliação do rendimento na laminação de toras de Pinus taeda L. em torno do tipo tracionado. I. Modes, Karina Soares. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia Florestal. III. Título.

Tuane da Silva Barêa Soares

Avaliação do rendimento na laminação de toras de *Pinus taeda* L. em torno do tipo tracionado

Este Trabalho 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

Curitiba, 10 de Junho de 2024.



Documento assinado digitalmente
MARCELO BONAZZA
Data: 10/07/2024 14:41:39-0300
CPF: ***.641.899-**
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof. Marcelo Bonazza
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:



Documento assinado digitalmente
KARINA SOARES MODES
Data: 10/07/2024 10:50:20-0300
CPF: ***.082.240-**
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof^ª. Karina Soares Modes
Orientadora
Universidade Federal de Santa Catarina



Documento assinado digitalmente
Caroline Vaz
Data: 10/07/2024 16:08:14-0300
CPF: ***.728.299-**
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Eng. Florestal Caroline Vaz
Avaliadora



Documento assinado digitalmente
JACQUELINE CLAUDINO DA SILVA
Data: 10/07/2024 15:57:34-0300
CPF: ***.025.389-**
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Eng. Florestal Jacqueline Claudino da Silva
Avaliadora

Este trabalho é dedicado aos meus familiares e amigos, pelo incentivo e apoio durante a minha trajetória acadêmica.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar minha profunda gratidão, primeiramente, aos meus pais e irmãos, que tornaram esta oportunidade possível e foram meu pilar durante todo esse tempo, oferecendo apoio incondicional diariamente e não permitindo que eu desistisse em momentos difíceis.

Aos meus familiares - tios, tias, primos, primas, madrinhas e padrinhos - agradeço a cada um de vocês por confiarem na minha capacidade e sempre me incentivarem a buscar mais.

Aos meus amigos, Joyce Santos, Mário César, Suellen Alves, Thuanny Alvim, Vitória Bohn, Rafael Fortuna, Nicole Dranka e Carlos Meurer, que estiveram ao meu lado durante toda essa jornada, e também àqueles que não concluíram, mas me apoiaram de forma direta ou indiretamente, sendo meu suporte e companheiros em diversos momentos: hoje somos uma grande família, e carrego cada um de vocês em meu coração.

Um agradecimento especial à minha orientadora, Karina Soares Modes, pela paciência e apoio em minhas escolhas acadêmicas. Você me proporcionou ensinamentos não só acadêmicos, pelos quais sou imensamente grata.

À Universidade Federal de Santa Catarina, incluindo professores e servidores, agradeço pela oportunidade de aprendizado e pelo crescimento pessoal e profissional. Muito obrigada!

RESUMO

Os percentuais de perda que levam a queda do rendimento na laminação são influenciados pelas características do equipamento e das toras que ingressam no processo. Este estudo teve como objetivo avaliar o rendimento na laminação de toras de *Pinus taeda* L. em torno do tipo tracionado e as perdas associadas ao processo. Foi avaliado o volume sem casca das toras, o volume total de lâminas produzidas de cada tora e do rolo resto resultante. Os resultados indicaram um aproveitamento de 69,55% das toras em lâminas, com a etapa de arredondamento, responsável por 24,22% das perdas no processo, seguido pela perda de 6,23% em rolo-resto. A característica do torno utilizado, com ausência de garras permite um aproveitamento superior ao atingido na laminação em torno de fuso. Conclui-se que a seleção adequada das toras, o uso de equipamentos modernos e a manutenção adequada são essenciais para maximizar o rendimento de laminação e reduzir as perdas.

Palavras-chave: Arredondamento. Lâminas. Rolo resto.

ABSTRACT

The percentages of loss leading to a decrease in yield in the rolling process are influenced by the characteristics of the equipment and the logs entering the process. This study aimed to evaluate the yield in the rolling of *Pinus taeda* L. logs around the traction type and the losses associated with the process. The bark-free volume of the logs, the total volume of produced sheets from each log, and the resulting remaining roll were evaluated. The results indicated a utilization of 69.55% of the logs into sheets, with the rounding stage responsible for 24.22% of the losses in the process, followed by a 6.23% loss in remaining roll. The characteristic of the lathe used, with the absence of claws, allows for a higher utilization compared to that achieved in spindle turning. It is concluded that the proper selection of logs, the use of modern equipment, and adequate maintenance are essential to maximize rolling yield and reduce losses.

Keywords: Roller rest. Rounding. Veneers.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	9
2	REFERENCIAL TEÓRICO	10
2.1	CARACTERÍSTICAS GERAIS DA ESPÉCIE <i>Pinus taeda</i> L.	10
2.2	LAMINAÇÃO DE TORAS	12
3	MATERIAL E MÉTODOS	14
3.1	DETERMINAÇÃO DO RENDIMENTO DE LAMINAÇÃO	15
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	18
5	CONCLUSÃO.....	21
	REFERÊNCIAS	22

1 INTRODUÇÃO

Conforme Cunha (2019) em meados de 1965 o governo brasileiro começou a incentivar práticas de reflorestamento, causando uma ampliação em áreas de florestas plantadas, ainda que tenha enfrentado dificuldades até chegar à dimensão que se possui hoje.

O Brasil é referência mundial pela tecnologia florestal presente nas áreas de silvicultura e manejo florestal, além de estar entre os principais produtores de celulose e papel e painéis de madeira do mundo. Esse feito foi possível também devido às condições edafoclimáticas presente no país que proporcionam ciclos menores para algumas espécies, dessa forma aumentando a produtividade (Cunha, 2019).

A partir dos incentivos fiscais ocorreu a introdução da exótica espécie *Pinus taeda*, segundo Selle *et al.* (1994), em substituição à utilização da madeira de *Araucaria angustifolia*, espécie que estava sendo intensamente explorada, em decorrência da nobreza e alta qualidade da madeira. Dessa forma, o pinus começou a ser utilizado em escala comercial substituindo diversas outras espécies nativas, tornando-se a principal matéria-prima para produção de lâminas e compensados, dessa forma auxiliando no processo de preservação das nativas (Tuoto *et al.*, 2008; Silva, 2015).

A espécie oferece versatilidade para diversos tipos de uso, sendo um deles a laminação para produção de lâminas torneadas utilizadas, entre outros usos, na produção de painéis compensados e painéis de lâminas paralelas, em função do fuste retilíneo e da adequada densidade de sua madeira, o que favorece o rendimento e qualidade das lâminas produzidas. No entanto, se durante o processo de laminação não se usar equipamentos adequados e a madeira não for de boa procedência, bem manejada e armazenada o rendimento será reduzido (Mendes *et al.*, 2009; Almeida, 2011; Silva, 2015).

O presente estudo teve por objetivo determinar o percentual de aproveitamento de toras de *P. taeda* em lâminas com torno tracionado e determinar os percentuais de perdas no processo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS DA ESPÉCIE *Pinus taeda* L.

A família Pinaceae é composta por 11 gêneros e aproximadamente 230 espécies descritas, as quais se apresentam predominantemente de forma arbórea, mas também são encontradas em formas arbustivas. Embora as espécies dessa família sejam frequentemente associadas a florestas de coníferas de climas temperados e subárticos, por serem majoritariamente endêmicas do hemisfério norte, atualmente estão amplamente distribuídas no mundo devido à sua capacidade de se adaptar a diferentes intempéries e tipos de solo (Mendes, 2017). Destacam-se como espécies de significativo interesse comercial, incluindo os pinheiros (*Pinus*), cedros (*Cedrus*) e abetos (*Abies*) (Wolff *et al.*, 2024).

No Brasil na década de 1950 e 1960 precisou definir um modelo de desenvolvimento econômico, com isso surgiu o programa governamental de incentivo fiscal para promover investimentos em plantações florestais, o FISET (Fundo de Investimento Setorial), visando apoiar indústrias florestais brasileiras (Tuoto *et al.*, 2008). A partir disso o plantio de espécies do Gênero *Pinus* ganhou força no solo brasileiro, hoje são encontrados facilmente na região Sul e Sudeste as espécies *P. palustris*, *P. echinata*, *P. canariensis*, *P. elliottii* e *P. taeda*, sendo que as duas últimas ocupam um lugar de grande destaque, devido à sua facilidade nos tratamentos culturais, crescimento rápido, tolerância a geadas e reprodução intensa (Shimizu *et al.*, 2008).

Além de algumas características físicas, o que difere as espécies é que o povoamento de *Pinus elliottii* é usado para abastecer o mercado de processamento mecânico de madeira e extração de resina, pois o mesmo exsuda resina em abundância. Já o *Pinus taeda* L. é utilizado principalmente para o abastecimento da indústria de celulose e papel, madeira serrada, chapas e madeira reconstituída (Mendes, 2017; Silva *et al.*, 2008).

O *Pinus taeda* L. é comumente conhecido como pinheiro-amarelo, pinheiro, pinho-americano, sendo ele nativo da Costa Atlântica do Sudeste e do Golfo do México, nos Estados Unidos (Potulski, 2010). A espécie se sobressai sendo uma das mais plantadas no território brasileiro, isso advém da sua boa adaptabilidade em relação ao clima, preferindo climas com temperaturas amenas, com inverno frio, requerendo ainda solos férteis e bem drenados para o seu ótimo desenvolvimento, além de possuir um curto ciclo de crescimento e por apresentar um alto incremento médio anual que segundo a Indústria Brasileira de Árvores (IBÁ, 2017) é de 30,5 m³/ha.ano para o gênero (Shimizu *et al.*, 2008; Mendes, 2017).

O *Pinus taeda* L. adquiriu relevância no setor florestal a partir da década de 1970,

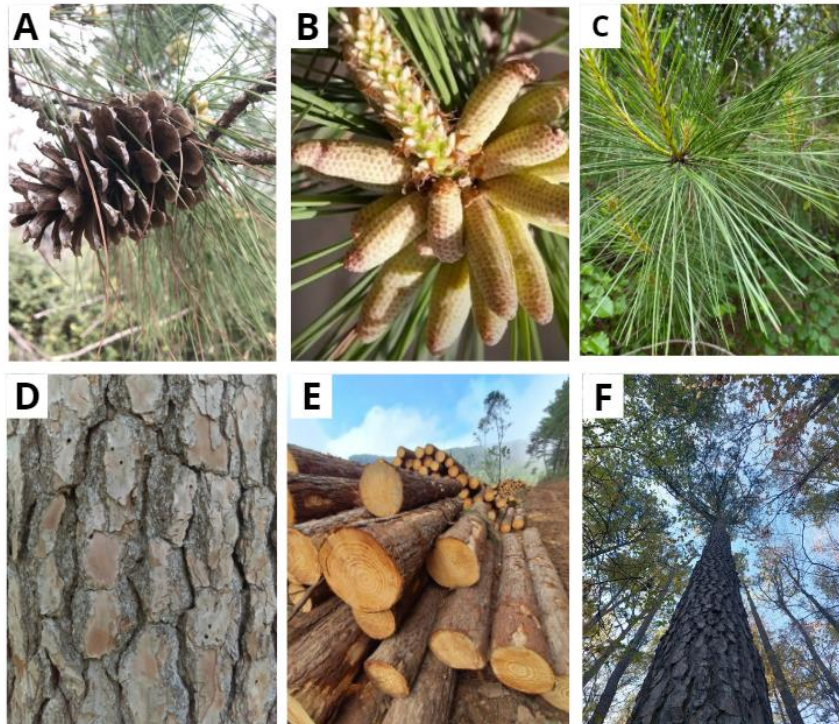
fazendo com que o setor florestal fosse impulsionado com o suprimento de matéria-prima para a indústria (Mendes, 2017). De acordo com o relatório da Indústria Brasileira de Árvores (IBÁ, 2023) no ano de 2022, a área total de plantios do gênero *Pinus* atingiu 1,9 milhão de hectares, cujo local de concentração desses plantios ocorre na região sul, que concentra 89% dessa área.

O pinheiro amarelo como comumente é conhecido pode atingir uma altura de até 30 metros. Possui um tronco retilíneo com casca grossa (Figura 1D e 1F) e gretada que o torna resistente ao fogo. As suas folhas aciculares são ralas e em grupo de três (Figura 1C), com 15 a 20 cm de comprimento, essas estruturas diminuem as perdas de água para o ambiente (Mendes, 2017; Silva *et al.*, 2008).

O *Pinus taeda* é monóico, podendo haver estróbilos masculinos e femininos no mesmo indivíduo (Figura 1A e 1B). O cone masculino é cilíndrico e amarelado, enquanto o feminino apresenta uma forma oval e oblonga, amarronzado dotado de escamas espinhosas. As sementes são aladas e pequenas, ficam dentro das pinhas fecundadas, a dispersão da espécie ocorre principalmente pelo vento (Mendes, 2017; Silva *et al.*, 2008; Shimizu, 2008).

A madeira da espécie apresenta uma coloração variando de esbranquiçado até um tom amarelo claro, os valores de densidade básica encontrados na literatura indicam que esse parâmetro varia entre 0,420 g/cm³ e 0,491 g/cm³ (Figura 1E) (Mendes, 2017; Silva *et al.*, 2008). Sua madeira é fonte de matéria prima para diversos usos, dentre eles está a produção de fibras longas para as indústrias de papel e celulose, pensando principalmente na produção de embalagens. Sua madeira serrada pode ser utilizada para a produção de aglomerados, MDF, painéis de madeira compensada, podendo ser empregadas também na construção civil, móveis e molduras (Mendes, 2017; Silva *et al.*, 2008).

Figura 1 – Morfologia da espécie *Pinus taeda* L. Cone feminino (fecundado) (A). Cone masculino (B). Acículas (C). Tronco gretado (D). Toras (E). Individuo adulto (F).



Fonte: Adaptado de MFRural (2023), Sementes Caiçara (2020) e INaturalist (2023).

2.2 LAMINAÇÃO DE TORAS

A laminação da madeira é um processo em que peças roliças de madeira passam por um torno mecânico que a desenrola na forma de lâminas. Trata-se de um complexo processo que envolve diversas etapas, desde a preparação das toras (cozimento, descascamento, seccionamento) até a produção e secagem das lâminas (Gonçalves, 1998).

No processo de torneamento, a tora descascada é fixada em um torno com movimento rotativo contra o gume de uma faca longa produzindo lâminas longas contínuas. Já no processo de obtenção de lâminas a partir de faqueamento a tora é transformada em pranchões que são fixadas para que uma faca do mesmo comprimento seja pressionada sobre ela, resultando em fatias únicas. Estas lâminas apresentam desenhos atrativos por isso são mais utilizadas como revestimento, agregando ainda mais valor aos produtos (Gonçalves, 1998).

Diversos fatores são considerados na avaliação da qualidade das lâminas de madeira, destacando-se a uniformidade de espessura, a textura da superfície, a ausência de fendas e deformações, além da cor e do padrão. Essas características são fundamentais para garantir a

adequação das lâminas aos diversos usos a que se destinam (Bonduelle *et al.*, 2006; Almeida, 2011). De maneira predominante, as lâminas de madeira são empregadas como matéria-prima na fabricação de compensados, os quais têm ampla aplicação na construção civil, na produção de móveis, pisos e embalagens. Além disso, as lâminas são essenciais na produção de itens como fósforos e suas embalagens, palitos para sorvetes, revestimentos de móveis e outras superfícies, evidenciando sua versatilidade e importância em diferentes setores industriais (Silva, 2015).

O desempenho do processo de laminação é crucial para avaliar a eficiência na transformação de toras de madeira em lâminas úteis. Esse desempenho é quantificado pelo rendimento de laminação, que expressa a proporção de madeira transformada em lâminas de qualidade aceitável em relação à quantidade total de madeira processada (Melo, 2012; Dobner Junior *et al.*, 2013). Em termos simples, o rendimento de laminação representa a relação entre a produção de lâminas e o uso de matéria-prima durante o processo.

O rendimento de laminação é influenciado por diversos fatores, como a qualidade das toras de madeira, o método de processamento adotado, a manutenção e afiação dos equipamentos, a habilidade dos operadores e as condições ambientais durante a produção (Almeida, 2011). Um rendimento elevado é desejável, pois reflete a eficiência na utilização da matéria-prima, o que contribui para a rentabilidade e competitividade da indústria madeireira. Por outro lado, um rendimento baixo pode resultar em desperdício de recursos e redução da lucratividade (Lazaretti, 2007; Almeida, 2011; Dobner Junior *et al.*, 2013).

A manutenção adequada e o uso de equipamentos modernos no processo de laminação são essenciais para garantir um alto rendimento. Ao garantir a qualidade das lâminas produzidas, esses equipamentos facilitam as operações subsequentes, aumentando a produtividade. Além disso, para aumentar o rendimento é crucial utilizar toras com maior fator de forma, maior diâmetro e equipamentos que gerem a menor perda de madeira em rolo-resto. Necessário fazer o armazenamento adequado das toras antes da laminação, para evitar o contato com pragas e surgimento de rachaduras, garantindo um rendimento satisfatório (Mendes *et al.*, 2009; Almeida, 2011; Melo, 2012).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em uma madeireira localizada no município de Curitiba, SC (27°16'44" Sul e 50°34'57" Oeste), que, dentre as atividades, também atua na laminação de toras de *P. taeda* de plantios próprios até a secagem de lâminas para venda. A empresa utiliza, em seu processo, toras com diâmetro entre 15 e 24 cm e comprimento entre 2,44 e 2,68 m. A etapa de cozimento das toras é realizada antes da laminação, pelo método de vapor direto, produzido em caldeira e conduzido para o interior de uma estrutura construída em alvenaria. O vapor é liberado por canaletas instaladas no piso da estrutura, dispostas de forma perpendicular ao comprimento das toras empilhadas no interior da estrutura, o vapor é retido por uma lona instalada na abertura da estrutura.

O torno laminador utilizado na madeireira é o sem centro em que a fixação e tração das peças são realizadas por rolos recartilhados dispostos paralelamente, que prendem a peça junto com a uma barra de pressão rotativa e uma faca de corte. O avanço dos rolos é controlado hidráulicamente ou por motores, movendo-se em direção à faca de corte enquanto ajustam a distância entre si. Desafios operacionais incluem o potencial deslizamento dos rolos durante o tracionamento e dificuldades na regulagem precisa da barra de pressão cilíndrica, que não tem uma linha de referência clara como as barras fixas (Salamon, 2009) (Figura 2).

Figura 2 – Exemplo de torno laminador sem fuso.



Fonte: Fezer (2024).

3.1 DETERMINAÇÃO DO RENDIMENTO DE LAMINAÇÃO

Para o estudo, foi avaliado o rendimento na laminação em torno tracionado de onze toras de *P. taeda*. Após o processo de cozimento, foram selecionadas aleatoriamente 11 toras que possuíam comprimento inicial de 2,42 m e diâmetro médio de 19,06 cm. É importante ressaltar que o torno laminador utilizado possuía um sabre acoplado à esteira transportadora das toras, reduzindo o comprimento das toras para 1,20 m, sendo esse valor considerado para avaliação do rendimento registrado para apenas uma das toras obtidas.

De cada uma das 11 toras identificadas (Figura 3B), foi removida a casca das duas extremidades e mensurada a circunferência com auxílio de uma fita métrica, para cálculo do diâmetro médio sem casca. Para a determinação do volume sem casca, considerou-se o comprimento da tora após a passagem pelo sabre (1,20 m). Na sequência, iniciou-se o processo de laminação em torno, com o descascamento da tora até a etapa de arredondamento, necessária para a produção de um "lençol" contínuo de lâminas. Assim, após obtida a forma cilíndrica, as toras tiveram a circunferência mensurada nas duas extremidades para o cálculo do volume da tora arredondada (Figura 3C). Posteriormente, deu-se continuidade à laminação, que resultou em lâminas com dimensões médias de 1,15 m de comprimento, 0,80 m de largura e 0,003 m de espessura. O total de lâminas produzidas de cada tora foi separado em fardos (Figura 3E). A cada três lâminas produzidas, mensurou-se o volume individual (Equação 2) para o cálculo do volume médio das lâminas produzidas. Para isso, com auxílio de uma trena, mensurou-se o comprimento e a largura da lâmina, e, com auxílio de um paquímetro digital, mediu-se a espessura em quatro pontos ao longo do perímetro das lâminas. O volume total de lâminas para cada tora foi obtido multiplicando o volume médio de lâminas pelo número total de lâminas produzidas de cada tora. Ao final do processo de laminação, determinou-se o volume do rolo-resto resultante do processo (Figura 3D).

Figura 3 – Etapas do processo de avaliação do rendimento na laminação. Toras selecionadas para avaliação (A); Toras identificadas (B); Mensuração da circunferência da tora após arredondamento (C); Mensuração da circunferência do rolo-resto (D); Fardo de lâminas de cada tora (E).



Fonte: A autora (2024).

Para cálculo dos volumes da tora sem casca, arredondada e do rolo-resto utilizou-se a equação 1.

$$V = \left(\frac{\pi \times d^2}{4} \right) \times L \quad (1)$$

Em que: V = volume da tora sem casca/ volume da tora arredondada/ volume do rolo-resto, em m³; d= diâmetro médio da tora sem casca/ diâmetro médio da tora arredondada/ diâmetro médio do rolo-resto, m; L= comprimento da tora (1,20 m)

Para cálculo do volume de lâminas selecionadas de cada fardo utilizou-se a equação 2.

$$Vf = c \times l \times e \quad (2)$$

Em que: Vf= volume de cada lâmina selecionada, m³; c= comprimento da lâmina, m; l= largura da lâmina, m; e= espessura média obtida de 4 pontos, m.

Para determinação da perda em arredondamento (Pa) utilizou-se a equação 3.

$$Pa (m^3) = \frac{Vs}{c} (m^3) - Va (m^3) \quad (3)$$

Em que: Pa = Perda de madeira no arredondamento, m³; Vs/c= Volume da tora sem casca, m³;

Uma vez calculado os volumes em cada etapa do processo, foi possível calcular as perdas no processo, em percentual. O percentual de perda em arredondamento foi calculado pela equação 4.

$$Pa (\%) = \left(\frac{Pa \times 100}{Vs/c} \right) \quad (4)$$

Em que: $Pa (\%)$ = percentual de perda na etapa de arredondamento de toras, %; Pa = volume de madeira perdido na etapa de arredondamento, m^3 ; Vs/c = volume da tora sem casca, m^3 .

O percentual de perda de rolo-resto foi calculado pela equação 5.

$$Prr (\%) = \left(\frac{Vrr \times 100}{Va} \right) \quad (5)$$

Em que: $Prr (\%)$ = percentual de perda em rolo-resto, %; Vrr = volume de madeira perdido em rolo-resto, m^3 ; Va = volume da tora arredondada, m^3 .

Por fim, o rendimento no processo de laminação para cada tora em percentual, foi obtido pela relação do volume total de lâminas de cada tora pelo volume sem casca da tora que deu origem às lâminas.

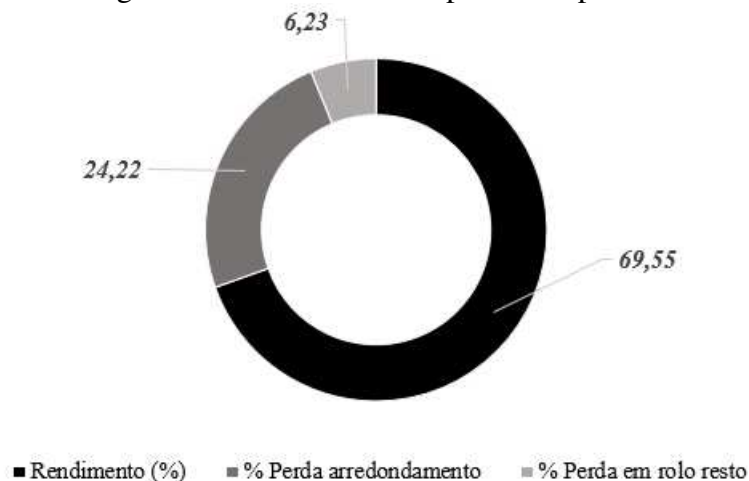
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos cálculos das médias de espessura mensuradas em 4 pontos ao longo do perímetro das lâminas, foi possível encontrar um coeficiente de variação de 12,6%. Considera-se um valor alto quando comparado com o encontrado por Modes *et al.* (2014) para a espécie *Schizolobium amazonicum* (3,27%) em torno de mesmas características. Esse resultado pode ser consequência, dentre outros aspectos, da velocidade de corte adotada na ocasião da laminação, que quando muito baixa, pode resultar em superfícies ásperas e de espessura desuniforme. Além desta, tem-se aspectos relacionados ao ajuste do torno, como o ângulo da faca, uma vez que o uso de um ângulo inferior ao recomendado causa a desuniformidade da espessura. A compressão que o contra-rola exerce na tora, pressionando-a contra o gume da faca, também precisa ser constante para evitar a variação da espessura (Dalavali, 2008; Iwakiri, 2005).

A falta de uniformidade da espessura das lâminas indica a necessidade de ajuste para maior precisão do torno durante o processo operacional, uma vez que esta característica influencia na qualidade dos painéis compensados produzidos a partir desse material, no que se refere ao limite de tolerância para variação de espessura e ainda a necessidade de um trabalho extra na etapa de lixamento dos painéis.

Na figura 3 consta o rendimento registrado para as toras avaliadas e a participação das perdas por arredondamento e rolo-resto.

Figura 3 – Porcentagem do rendimento e das perdas no processo de laminação.



Fonte: A autora (2024).

Do volume total das toras que ingressaram no processo houve um aproveitamento de 69,55% das mesmas em lâminas, considerando uma classe diamétrica variando entre 15 a 24 cm. Dobner Junior *et al.* (2013), ao trabalhar com a mesma espécie, obteve um rendimento de

apenas 20,6% com classes diamétricas variadas, o que pode ser explicado pela metodologia escolhida ser a laminação por faqueamento. Já Santos *et al.* (2015) encontraram um rendimento médio também inferior ao do presente estudo (57,53%) ao laminar *Pinus oocarpa* de 25 anos e com 32 cm de diâmetro, citando que a conicidade, casca e o maquinário podem ter afetado o rendimento efetivo. Bortoletto Júnior *et al.* (2008), ao avaliar toras de *Pinus merkussi* de 26 anos e com 32 cm de diâmetro, obtiveram um rendimento médio de 54,4%. Almeida (2011), ao trabalhar com o *Pinus elliotti* var. *elliotti* x *Pinus caribaea* var. *hondurensis* encontrou para as toras sem cascas um rendimento de 52,74% na laminação do híbrido. Silva *et al.* (2015) com a espécie *Schizolobium amazonicum*, com classes diamétricas variando de 11 a 29 cm e com as idades de 5, 6 e 7 anos encontraram rendimento médio de 50,31%. As características do equipamento utilizado neste estudo pode explicar o resultado superior aos vistos na literatura para rendimento, pois no torno tracionado roleteiro o diâmetro de sobra de rolo resto é de apenas 4 cm, o que indica um maior aproveitamento da matéria prima, além do fato de que a uniformidade das toras facilita o manuseio e calibração do maquinário para a laminação (Bonduelle *et al.*, 2006; Cardoso Júnior, 2008; Dalgalo, 2014).

A perda por arredondamento, embora tenha sido a mais expressiva com 24,22%, ainda se encontra abaixo das médias encontradas por outros autores, como no estudo de Almeida (2011) que obteve uma perda de 32,14%, atribuída à conicidade das toras. Santos *et al.*, (2015) também sofreram com o alto teor de casca, e uma perda maior no processo de arredondamento, com uma taxa de 35,39%. A perda nessa etapa do processo pode ser inerente a conicidade ou tortuosidade da tora, características essas que afetam a qualidade e o rendimento da laminação, pois haverá uma maior perda em madeira no processo de arredondamento, para garantir que a tora adquira uma forma mais cilíndrica (Bonduelle *et al.*, 2006; Cardoso Júnior, 2008; Dalgalo, 2014).

Embora Silva *et al.* (2015) e Dobner Junior *et al.* (2013) concordem que o diâmetro está ligado ao aumento de rendimento, esse não é o único fator relevante que afeta o processo. A diferença entre os rendimentos encontrados com a literatura consultada aponta outros diversos motivos, sendo eles: a conicidade das toras, metodologia, maquinário, além do teor de casca, desuniformidade da espessura das lâminas produzidas, como os principais.

A perda de rendimento por rolo resto foi a menos significativa, com apenas 6,23%, próximo ao encontrado por Santos *et al.* (2015) no estudo com *P. oocarpa*, onde a perda por rolo resto foi de 6,88%. Nesse ponto do processo, a perda está ligada principalmente pelo tipo de equipamento utilizado e sua capacidade em aproveitar a tora até o final (Dalgalo, 2014). Modes *et al.* (2014) informam que ocorre um melhor aproveitamento da tora em tornos

tracionados, devido à ausência de garras fixadoras, o que permite a laminação até um diâmetro de 4 cm. O mesmo não ocorre com o torno tradicional, que só consegue laminar até 12 cm.

5 CONCLUSÃO

O rendimento médio de laminação encontrado foi de 69,55%, demonstrando uma eficiência considerável no aproveitamento das toras de *P. taeda*. Este valor se destaca em relação a estudos anteriores, indicando uma melhoria na metodologia e no maquinário empregado. Comparativamente, outros estudos obtiveram rendimentos inferiores, destacando a importância de processos otimizados para alcançar resultados satisfatórios.

As perdas durante o processo de laminação foram observadas, sendo a perda por arredondamento a mais expressiva, com 24,22%. No entanto, esse valor ainda se mantém abaixo das médias encontradas em outros estudos, sugerindo uma boa eficiência operacional. A perda por rolo-resto foi a menos significativa, com apenas 6,23%, indicando um bom aproveitamento da matéria-prima.

A adequada seleção das toras, o uso de equipamentos modernos e com manutenção adequada são essenciais para maximizar o rendimento de laminação.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, N. F. de. **Avaliação da qualidade da madeira de um híbrido de *Pinuselliotti* var. *elliotti* x *Pinuscaribaea* var. *hondurensis* para a produção de lâminas e manufatura de compensados.** 2011. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.
- CARDOSO JÚNIOR, A.A. **Inovação tecnológica na obtenção de madeira serrada de pinus com uso de programa otimizador de desdobro.** 2008. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.
- BONDUELLE, G.M.; IWAKIRI, S.; CHIES, D. *et al.* Fatores que influenciam no rendimento em laminação de *Pinus* spp. **Floresta e Ambiente**, v. 12, p. 35-41, 2006.
- BORTOLETTO JÚNIOR, G. Avaliação da qualidade da madeira de *Pinus merkusii* para produção de lâminas. **Scientia Forestalis**, v. 36, n. 78, p. 95-103, 2008.
- CUNHA, G.; LOPES, I.; OLIVEIRA, R. *et al.* Panorama do Setor Florestal Brasileiro com Ênfase no Estado de Minas Gerais. **Centro Científico Conhecer**, v.16, n.29, p.1582, 2019.
- DALAVALI, C. **Princípios de regulação do torno laminador sem fusos e avaliação dos parâmetros de qualidade das lâminas.** 2008. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Industrial Madeireira) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.
- DALGALO, B. **Produção e Qualidade da Madeira para a Laminação de *Pinus taeda* L. em Diferentes Sítios Florestais.** 2014. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Estadual do Centro-oeste, Irati, 2014.
- DOBNER JÚNIOR, M.; NUTTO, L.; HIGA, A. R. Rendimento de laminação por faca de toras de *Pinus taeda* L. **Scientia Forestalis**, v. 41, n. 100, p. 469-475, 2013.
- GONÇALVES, S. L. F.; ALMEIDA, A. R. C. **A indústria de lâminas e compensados de madeira no estado do Amazonas: um cenário do processo produtivo e tendências para o próximo milênio.** In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 18., 1998, Niterói-RJ. **Anais [...]**. Niterói-RJ: ENEP, 1998.
- INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES – IBÁ. **O Setor Brasileiro de Árvores Plantadas em 2017.** Relatório Anual. Curitiba: IBA, 2017.
- LAZARETTI, D. S. **Qualidade da madeira e rentabilidade na produção de *Pinus taeda* visando múltiplos mercados.** 2007. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.
- MENDES, G. M. P. **Caraterização de proveniências de *Pinus elliottii* e *Pinus taeda* para instalação de ensaios de proveniências.** 2017. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior Agrária de Coimbra, Coimbra, 2017.
- MENDES, L. M.; SILVA, G.A. da; SANTOS, I. F. dos *et al.* Produção de lâminas decorativas produzidas por faqueamento. **Revista da Madeira**, n. 121, 2009.

MELO, R. R. **Avaliação de variáveis tecnológicas na produção de painéis LVL confeccionados com Paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex. Ducke)**. 2012. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

MODES, K. S.; BORTOLETTO JÚNIOR, G.; SANTOS, L. M. H. *et al.* Rendimento em laminação da madeira de *Schizolobium amazonicum* em torno desfolhador do tipo tracionado. **Brazilian Journal of Wood Science**, v. 05, n. 2, p. 151-157, 2014.

POTULSKI, D. C. **Densidade e retratibilidade da madeira juvenil de *Pinus maximinoi* H. E. Moore e *Pinus taeda* L.** 2010. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Industrial Madeireira) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

SALAMON, C. **Ensaio para viabilizar a laminação do bambu *dendrocalamus giganteus* em operações de torneamento sem centros.** 2009. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2009.

SANTOS, A. F.; GUIMARÃES JÚNIOR, J. B.; MARTINS, E. H. *et al.* Rendimento efetivo em laminação de madeira de *Pinus oocarpa* cultivada no estado de Minas Gerais. **Centro Científico Conhecer**, v.11, n. 21, p. 1662, 2015.

SELLE, G. L. *et al.* Classificação de sítio para *Pinus taeda* L., através da altura dominante, para a região de Cambará do Sul, RS, Brasil. **Ciência Florestal**, v. 4, n. 1, p. 77- 94, 1994.

SHIMIZU, J. Y.; SEBEN, A. M. **A Indústria Florestal Brasileira Baseada em Madeira de Pinus: Limitações e Desafios.** Pinus na Silvicultura Brasileira. Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2008.

SILVA, G. A. da.; LANDAU, E. C.; MARTINS, J. L. A. *et al.* da. **Evolução da Produção de Pinus (*Pinus spp.* Pinaceae).** Pinus na Silvicultura Brasileira. Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2008.

SILVA, G. F. da; MENDOÇA, A.R.; HOFFMANN, R.G. *et al.* Caracterização dendrométrica e avaliação do rendimento em laminação de madeira em plantios de Paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex. Ducke) na região de Paragominas, PA. **Ciência Florestal**, v. 25, n. 2, p. 447-455, 2015.

TUOTTO, M.; HOEFLICH, V. A. **A indústria florestal brasileira de Pinus: limitações e desafios.** Pinus na Silvicultura brasileira. Colombo: Embrapa Florestas, 2008.

WOLFF, V. R. S. *et al.* **Melato:** alimento de seres vivos das florestas de araucária e matéria-prima de um mel especial no Sul do Brasil. Porto Alegre: SEAPI/DDPA, 2024.