



INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA
DIVISÃO DE AGRICULTURA
ENGENHARIA FLORESTAL

Monografia Científica

**ANÁLISE DO EFEITO DA CLASSE DIAMÉTRICA NO RENDIMENTO DE
MADEIRA SERRADA DA ESPÉCIE *BRASCHYSTEGLIA SPICIFORMIS* (MESSASSA)
NA LEVASFLOR.**

Autora: Ana Paula Lunguissane Machipissa

Tutor: Eng^o: Pedro Venâncio Wate (MSc)

Co-Tutor: dr^o. Hilario Massango

Lionde, Novembro de 2023



INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA

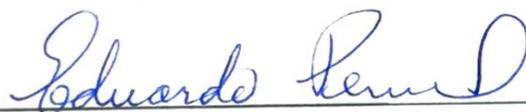
Monografia Científica sobre: **Análise do efeito da classe diamétrica no rendimento de madeira serrada da espécie *Braschystegia spiciformis* (Messassa) na LevasFlor**, apresentada na Divisão de Agricultura do Instituto Superior Politécnico de Gaza, como requisito para obtenção do grau de Licenciatura em Engenharia Florestal.

Monografia Apresentada e Defendida aos 31 de outubro de 2023

Júri

Presidente:  Hilário António Manços

Eng^o: Pedro Venâncio Wate (MSc)

Avaliador 1: 

Eng^o: Eduardo Sonto (MSc)

Avaliador 2: 

Eng^o: Agnaldo Ubisse (MSc)

Lionde, Novembro de 2023

ÍNDICE

LISTA DE FIGURAS	i
LISTA DE TABELAS	i
ABREVIATURAS	ii
DEDICATÓRIA	iv
AGRADECIMENTOS	v
RESUMO	vi
ABSTRACT	vii
I. INTRODUÇÃO	1
1.1. Problema e justificação do estudo	2
1.2. Objectivos	3
1.2.1. Geral	3
1.2.2. Específicos	3
1.3. Hipótese do estudo	3
1.3.2. Hipótese alternativa	3
II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1. <i>Braschystegia Spiciformis</i> (Messassa)	4
2.1.1. Descrição botânica	4
2.1.2. Ecologia	5
2.1.3. Distribuição	5
2.1.4. Usos	5
2.1.5. Propagação e manejo	5
2.2. Situação das indústrias madeireiras em Moçambique	5
2.2.1. Serragem primária e secundária da madeira	6
2.2.2. A aplicação da madeira serrada	8
2.2.3. Processo de corte com serra	8
2.2.4. Arco de Serra	9
2.2.5. Serra de fita	9
2.2.6. Serra Circular	9
2.2.7. Velocidade de rotação e velocidade de corte	10

2.2.8.	Avanço e velocidade de avanço	11
2.2.9.	Tempo de corte.....	11
2.12.	Rendimento da madeira serrada.....	12
2.2.10.	Eficácia operacional da serragem da madeira	12
III.	METODOLOGIA.....	14
3.1.1.	Área de estudo	14
3.1.2.	Clima	14
3.1.3.	Relevo.....	14
3.1.4.	Hidrologia.....	15
3.1.5.	Fauna e Flora.....	15
3.2.	Descrição da empresa	15
3.3.	Materiais e métodos	16
3.2.1.	Métodos.....	17
3.2.2.	Amostragem	17
3.2.3.	Parâmetros.....	17
3.2.4.	Velocidade de avanço (Vf).....	17
3.2.5.	Tempo de corte.....	18
3.2.6.	Eficiência operacional	18
3.2.7.	Análise estatística.....	19
IV.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
4.1.	Velocidade de corte da serra e Tempo de serragem da madeira.....	20
4.2.	Rendimento da Madeira Serrada.....	22
4.3.	Eficiência Operacional.....	24
V.	CONCLUSÕES.....	26
VI.	RECOMENDAÇÕES.....	27
VII.	REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	28
	ANEXOS.....	34

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa da área de estudo. Fonte: Autora.....	14
Figura 2: Velocidade de Corte em cada classe Diamétrica.	20
Figura 3: Tempo de serragem da Madeira de <i>Braschystegia Spiciformis</i>	21
Figura 4: Rendimento da Madeira Serrada de <i>Braschystegia Spissiformis</i>	22
Figura 5: Eficiência Operacional.....	24

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Descrição dos materiais e o seu respectivo uso.....	16
Tabela 2: Classes diamétricas que foram usadas no estudo.	17
Tabela 3: Valores médios dos parâmetros analisados.	20
Tabela 4: Volume médio de toros e de madeira serrada em cada Classe Diamétrica.	23
Tabela 5: Número de operários envolvidos.....	25

ABREVIATURAS

% - Percentagem

ANOVA- Análise de Variância

Cm – Centímetros

DAP - Diâmetro e Altura do Peito

DNFFB- Direcção Nacional de Floresta e Fauna Bravia

EF- Eficiência operacional

H0: Hipótese nula

H1: Hipótese alternativa

ISPG- Instituto Superior Politécnico de Gaza

m - Metros

M.S – Madeira Serrada

m³- Metros cúbicos

MAE - Ministério da Administração Estatal

VC- Velocidade do corte



INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA

Declaração

Eu Ana Paula Lunguissane Machipissa, declaro por minha honra que este trabalho de culminação do curso é resultado da minha investigação pessoal e das orientações do meu tutor, o seu conteúdo é original e todas as fontes consultadas estão devidamente mencionadas no texto, nas notas e na bibliografia final. Declaro ainda que este trabalho não foi apresentado em nenhuma outra instituição para propósito semelhante ou obtenção de qualquer grau académico.

Lionde, aos 15 de Novembro de 2023

Autora: Ana Paula Lunguissane Machipissa
(Ana Paula Lunguissane Machipissa)

DEDICATÓRIA

A Deus Pai todo poderoso, pelo dom da vida.

Ao meu Pai Lunguissane Machipissa (*in Memoriam*) que em vida ensinou-me a correr atrás dos meus sonhos, viver com dignidade e humildade e iluminou meus caminhos com afecto e dedicação para que trilhasse a vida com sucesso.

Dedico.

“Posso estar no deserto

Ou passando no vale

Mesmo assim estou certa

Deus me guiará.

Não importa o que eu vejo

Não importa o que eu passe

Minha fé está firmada em quem não falhará”

[Davi Sacer]

“Obstáculos são aquelas coisas

Assustadoras que vemos quando

Desviamos nossos olhos do alvo”

[Hannah More]

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por me abençoar com o dom da vida, saúde, força e sabedoria que deu-me para que conseguisse caminhar e realizar meus sonhos;

Um agradecimento muito especial aos meus pais Lunguissane Machipissa (*in Memoriam*) e Ana Muchanga pelo esforço empreendido em garantir a minha educação e pelo apoio incondicional e imensurável concedido.

Aos meus irmãos agradeço pelo amor, carinho, paciência, força apoio e incentivo. Que foram incansáveis por terem acreditado em mim, me encorajado e apoiado incondicionalmente nos desafios por mim assumidos.

Agradeço ao meu tutor Eng^o. Pedro Venâncio Wate (MSc), pela paciência, orientações, conhecimentos transmitidos e pela pronta disponibilidade para críticas, correcções, sugestões e esclarecimento das dúvidas em todas as fases da elaboração deste trabalho.

Ao Instituto Superior Politécnico de Gaza - ISPG, a Divisão de Agricultura e em especial aos Docentes do curso de Engenharia Florestal, particularmente ao Eng^o. Severino José Macôo, Eng^o. Emídio José Matusse (MSc), Eng^o. Edson Moisés Chilaquene Massingue (MSc), Eng^o. Agnaldo Viriato Nhumbate Ubisse, Eng^a. Yolanda Juvência Malate, Engenheira Cecília Estevão Chongo, ao dr^o. Sérgio Alfredo Bila e ao dr^o. Arão Feniassse Malate, por todo apoio, dedicação e orientação que me foram oferecidos ao longo da minha formação.

Ao Eng^o. Marcos Chova, pelo Estágio no PNG e ao Sr. Jaime Couto, ao qual disponibilizou condições de realização deste trabalho, e a todos trabalhadores da serração da empresa LevasFlor, pela paciência, bom humor, boa convivência e grande disposição para realizar as actividades que culminaram nessa monografia.

Aos colegas do curso, em especial aos meus amigos: Engenheiro Ken Koff, Holanda Guambe, Pualino Cuambe, Vicente Quintão, Manuel, Edna Mavie, Aguinaldo Machava, Máina Cuambe, Sousa Castiano, e a todos que não foram mencionados, mas que directa ou indirectamente contribuíram ao longo da minha formação e a todos os outros com os quais compartilhei momentos felizes e tristes ao longo do curso, vai o meu especial e profundo agradecimento.

Por fim aos meus sobrinhos, que este trabalho lhes sirva de modelo e fonte de inspiração na vossa carreira estudantil.

RESUMO

O presente estudo teve como objectivo analisar o rendimento da madeira serrada da espécie *Braschystegia spiciformis* (Messassa) em diferentes classes diamétricas, na empresa LevasFlor, localizada na vila de Inhaminga, no Distrito de Cheringoma, Província de Sofala, em Moçambique. Para tal foram seleccionados 60 unidades de toros de *Braschystegia Spiciformis* (Messassa) divididos em 4 classes diamétricas (I: 24 - 34 cm, II: 34 - 44 cm, III: 44 -54 cm, IV:> 54 cm), tendo 15 toros por cada classe, onde foram avaliados a velocidade de corte da serra (m.min), o tempo de serração da madeira (h/m³), rendimento M.S. (%) e eficiência operacional. Observou-se um aumento progressivo da velocidade de corte da serra à medida que se avançava pelas classes diamétricas. Em relação ao tempo de serração da madeira, o tempo médio necessário para serrar 1 metro cúbico de madeira foi de 1.17 horas na Classe I, 2.92 horas na Classe II, 2.21 horas na Classe III e 2.05 horas na Classe IV. Em termos de rendimento, na Classe I, o rendimento médio foi de 32.04%, enquanto na Classe II foi de 27.40%. Na Classe III, o rendimento caiu para 21.14%, e na Classe IV, registou-se o valor mais baixo de 17.62%. Esses números indicam que madeiras com diâmetros médios maiores apresentaram um rendimento menor em termos de madeira serrada. A eficiência operacional média foi de 3.18, e na Classe IV, registou-se o valor mais alto de 4.27. Esses números indicam uma maior eficiência na serragem de madeiras com diâmetros médios maiores, resultando em um maior volume serrado por unidade de tempo. Concluindo-se que a classe diamétrica tem influências significativas no rendimento da madeira serrada de Messassa na empresa.

Palavras-chave: Rendimento, Madeira serrada, LevasFlor, *Braschystegia Spiciformis* (Messassa), Classe diamétrica.

ABSTRACT

The present study aimed to analyze the yield of sawn wood from the species *Braschystegia Spiciformis* (Messassa) in different diameter classes at the LevasFlor company, located in the town of Inhaminga, Cheringoma District, Sofala Province, in Mozambique. For this purpose, 60 logs of *Braschystegia spiciformis* (Messassa) were selected and divided into 4 diameter classes (I: 24-34 cm, II: 34-44 cm, III: 44-54 cm, IV: >54 cm), with 15 logs in each class. The study evaluated the sawing speed (m/min), wood sawing time (h/m³), yield (M.S. %), and operational efficiency. A progressive increase in sawing speed was observed as the diameter classes advanced. Regarding wood sawing time, the average time required to saw 1 cubic meter of wood was 1.17 hours in Class I, 2.92 hours in Class II, 2.21 hours in Class III, and 2.05 hours in Class IV. In terms of yield, in Class I, the average yield was 32.04%, while in Class II, it was 27.40%. In Class III, the yield decreased to 21.14%, and in Class IV, the lowest value of 17.62% was recorded. These numbers indicate that larger average diameter woods had a lower yield in terms of sawn wood. The average operational efficiency was 3.18, with Class IV showing the highest value of 4.27. These numbers indicate higher efficiency in sawing woods with larger average diameters, resulting in a greater volume sawn per unit of time. In conclusion, the diameter class significantly influences the yield of Messassa sawn wood at the company.

Keywords: Yield, Sawn timber, LevasFlor, *Braschystegia spiciformis* (Messassa), Diametric class.

I. INTRODUÇÃO

Moçambique é um país com grande potencial florestal, possui aproximadamente 34 milhões de hectares (ha) de floresta natural, cobrindo 43% da sua área. O ecossistema florestal predominante é o Miombo, que cobre cerca de dois terços da área florestal total (MITADER, 2018).

Segundo Amparado *et al.*, (2008), actualmente a crescente preocupação ambiental quanto ao abate das florestas nativas e consequente perda de diversidade é preocupação mundial. Estes efeitos têm como grande responsável o homem, com a exploração desenfreada da flora natural, sem nenhuma preocupação restauradora. Desta forma, a entrada de espécies exóticas vem contribuir e dar alternativas para a pressão que existe sobre as florestas nativas em Moçambique, e assim, com o melhoramento genético e escolhas de espécies que se adaptam ao local tornam-se opções muito viáveis aos empresários do sector florestal.

A indústria madeireira tradicionalmente possui características comuns, como a utilização intensiva da mão-de-obra, em relação a outros segmentos industriais e o predomínio de pequenas e médias empresas. Não obstante, essa indústria é caracterizada por várias etapas no processo produtivo, bem como o envolvimento de outras actividades pertinentes à sua cadeia produtiva para o processamento primário e secundário de madeira (Leão & Naveiro, 2015).

A busca do conhecimento de técnicas de serragem que propiciem melhores aproveitamentos é de vital importância ao mercado florestal. Com a necessidade de serrar a matéria-prima que estiver à disposição, em termos de qualidade dos toros, defeitos, irregularidade de diâmetros e entre outros, as pequenas e médias empresas do sector madeireiro fazem o possível para maior e melhor aproveitamento e obter um produto final de melhor qualidade (Schmitz, 2001).

Segundo Melo *et al.*, (2003), o rendimento de uma madeireira está relacionado a diversos factores, entre eles o material disponível, técnicas de colheita e transporte, e mais ligada com a qualificação do serviço, qualidade e incentivo dos colaboradores, eficiência das serras, metodologias de secagem e disposição da madeira no pátio de secagem. O aproveitamento de uma madeireira, caracteriza a quantidade e a qualidade do produto a venda. Para tanto, estudar e quantificar os dados referentes à produção é essencial ao planeamento de pequenas serragens e fazer uma análise dos parâmetros que interferem na serragem.

1.1. Problema e justificação do estudo

A empresa LevasFlor, Lda é uma companhia pública limitada que obteve uma concessão de 46 240 ha na Província de Sofala que dedica-se a exploração de várias espécies nativas incluindo a espécie *Braschystegia spiciformis*, conhecida popularmente como Messassa, é uma árvore nativa de regiões tropicais da África. É amplamente utilizada na indústria madeireira devido à qualidade e resistência de sua madeira, que é valorizada em várias aplicações, como construção, mobiliário e marcenaria (Kalaba *et al.*, 2014).

Porém, na empresa LevasFlor há poucos estudos referentes a influência da classe diamétrica para obtenção de um rendimento elevado de madeira serrada da espécie *Braschystegia spiciformis* (Messassa). A avaliação da influência das diferentes classes diamétricas da madeira irá permitir que haja uma boa planificação, que permitirá a tomada de decisão racional na selecção dos toros a usar para a serragem, permitindo assim a obtenção de maior rendimento da empresa e diminuindo a quantidade de resíduos. A ausência dessas informações afectará aquilo que é o empreendimento da empresa, na gerência para a tomada de decisões sobre como investir para melhorar a sua produção.

Ao entender como a classe diamétrica afecta o rendimento da madeira serrada da espécie Messassa permitirá a empresa tomar decisões mais eficientes pois, isso pode levar a uma utilização mais eficiente dos recursos disponíveis, reduzindo o desperdício e aumentando a rentabilidade da empresa. Além, disso poderá melhorar seu planeamento de produção, estimar com mais precisão os volumes de madeira a serem processados e ajustar suas estratégias de manejo florestal. Tornando assim o estudo de grande importância.

1.2. Objectivos

1.3. Geral

- ❖ Analisar o rendimento da madeira serrada da espécie *Braschystegia Spiciformis* (Messassa) em diferentes classes diamétricas, na empresa LevasFlor.

1.4. Específicos

- ❖ Estimar o volume de toros e de madeira serrada;
- ❖ Avaliar o tempo de serragem em diferentes classes diamétricas;
- ❖ Analisar o rendimento da madeira serrada em diferentes classes diamétricas;
- ❖ Avaliar a eficiência operacional da serragem da madeira em diferentes classes diamétricas.

1.3. Hipótese do estudo

1.3.1. Hipótese nula

H₀: O volume de madeira serrada da espécie *Braschystegia spiciformis* (Messassa) na LevasFlor é igual em todas as classes diamétricas.

H₀: O tempo de serragem da espécie *Braschystegia spiciformis* (Messassa) na LevasFlor é igual em todas as classes diamétricas.

H₀: O rendimento da madeira serrada da espécie *Braschystegia spiciformis* (Messassa) na LevasFlor é igual em todas as classes diamétricas.

H₀: A eficiência operacional da serragem da espécie *Braschystegia spiciformis* (Messassa) na LevasFlor é igual em todas as classes diamétricas.

1.4. Hipótese alternativa

H₁: O volume de madeira serrada da espécie *Braschystegia spiciformis* (Messassa) na LevasFlor não é igual em todas as classes diamétricas.

H₁: O tempo de serragem da espécie *Braschystegia spiciformis* (Messassa) na LevasFlor não é igual em todas as classes diamétricas.

H₁: O rendimento da madeira serrada da espécie *Braschystegia spiciformis* (Messassa) na LevasFlor não é igual em todas as classes diamétricas.

H₁: A eficiência operacional da serragem da espécie *Braschystegia spiciformis* (Messassa) na LevasFlor não é igual em todas as classes diamétricas.

II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O rendimento na indústria madeireira refere-se à quantidade de madeira aproveitável obtida a partir de uma determinada quantidade de matéria-prima, como árvores ou toros. É uma medida que indica a eficiência do processo de transformação da madeira em produtos finais, como tábuas, vigas, compensados, entre outros (Garcia, *et al.*, 2012).

O rendimento é influenciado por vários fatores, incluindo a espécie da árvore, suas características físicas, como diâmetro e altura, a técnica de processamento utilizada, como o corte e a serragem, e a qualidade dos produtos desejados. Um alto rendimento indica uma boa utilização da matéria-prima, resultando em um maior aproveitamento da madeira e menor desperdício (Melo, 2016; Smith, *et al.*, 2019).

A classe diamétrica pode ser usada como uma medida de maturidade e potencial de crescimento das árvores, bem como uma indicação da sua capacidade de produzir madeira de qualidade. Ela é relevante para o planejamento da colheita selectiva, onde árvores de diferentes classes diamétricas podem ser seleccionadas para atender a diferentes necessidades e objectivos de manejo florestal (Juizo *et al.*, 2015).

2.1. *Braschystegia Spiciformis* (Messassa)

A *Braschystegia spiciformis* é árvore de grande porte, até 35 metros de altura e 120 cm de diâmetro, com copa arredondada ou com conformação de guarda-chuva nos indivíduos mais velhos. Em áreas secas atinge uma altura e um diâmetro muito menores. A casca de cor cinzento-acastanhada, é lisa nos indivíduos jovens, mas se desprende em placas espessas nas árvores adultas (Oyen *et al.*, 2012).

2.2. Descrição botânica

Segundo Figueredo (2009), as folhas são alternas, pendulas, compostas paripinadas, constituídas por 2-8 (mais frequentemente 4) pares de folíolos (1,5-3 x 4-9 cm) de forma ovada ou lanceolada. O par de folíolos apical é de tamanho consideravelmente maior (até 9 cm de comprimento) e o primeiro par é mais pequeno do que os outros. Muitas vezes a nervura central das folhas é pelosa e apresenta um inchamento na base. Os folíolos têm a margem inteira e a base marcadamente assimétrica.

A inflorescência é uma espiga ou um racemo (3-8 cm de comprimento) constituído por pequenas flores de cor verde. O fruto em legume deiscente, normalmente escondido entre as folhas, de cor castanha ou acinzentada, até 16 cm de comprimento e com ápice acuminado. Cada legume contém até 6 sementes redondas ou oblongas, de cor castanha (Figueredo,

2009). Segundo Fund (2013), a *Brachystegia spiciformis* pode as vezes confundir-se com *Julbernardia paniculata*.

2.3.Ecologia

Brachystegia spiciformis, é uma árvore de crescimento lento, que tolera vários tipos de solos, mas que prefere aqueles bem drenados. Encontra-se entre os 900 e os 2.000 metros de altitude e pode ser a espécie dominante nas zonas com maiores precipitações. A floração e a frutificação não têm lugar todos os anos. É uma espécie que não tolera as queimadas (Caudwell, 2000).

2.4.Distribuição

Brachystegia spiciformis é a espécie do género *Brachystegia* com a área de distribuição mais ampla. Para além de Angola, está presente em África do Sul, Botswana, Malawi, Moçambique, Quênia, República Democrática do Congo, Tanzânia, Zâmbia e Zimbabwe (Fund, 2013).

2.5.Usos

Brachystegia spiciformis é uma boa espécie melífera. A parte interior da casca é muito utilizada para fabricar cordas. A madeira é moderadamente pesada (680-915 kg/ m³) e dura, mas não é muito durável e é difícil a ser trabalhada. É uma das espécies mais utilizadas para a produção de carvão no planalto central angolano. A casca é utilizada para construir colmeias tradicionais. As folhas são um bom pasto para o gado (Melo, 2008).

2.6.Propagação e manejo

As sementes demoram 3-4 semanas para germinar e a taxa de germinação é de 80%. Não é necessário nenhum tratamento da semente. Uma elevada pressão de caprinos afecta muito negativamente o desenvolvimento das plantas jovens de *Brachystegia spiciformis*, enquanto o impacto dos bovinos é menos pronunciado. Esta espécie pode ser manejada por talhadia porque rebrota após o corte (Ginn, 2011).

2.7. Situação das indústrias madeireiras em Moçambique

Chiaki, T. *et al.*, (2009) define madeira serrada como sendo produto obtido a partir do desdobramento de toros por meio de serras, desde que esse produto tenha espessura superior à 5mm. Este autor refere ainda que as peças de madeira serrada são designadas conforme os formatos, dimensões e usos das mesmas, sendo as principais: pranchas, vigas, tábuas, sarrafos, ripas e caibros.

As pranchas devem apresentar espessura de 40 mm a 70 mm, largura superior a 200 mm e comprimento é variável e as tábuas apresentam espessura entre 10 e 40 mm, largura superior a 100 mm e comprimento variável, de acordo com o pedido do solicitante. As tábuas são geradas a partir de toros, pranchas e pranchões (Oliveira, 2003).

Barrotes são peças com espessura de 4,0 cm e altura variando de 9 a 30 cm. As indústrias florestais são constituídas por serrações e carpintarias. A maior parte destas indústrias estão localizadas na zona centro e norte, nomeadamente nas províncias de Sofala, Zambézia, Nampula, Cabo Delgado e Manica (Nascimento *et al.*, 2006).

Nas indústrias madeireiras de transformação primária (serrações) do país a capacidade estimada e actual de produção das serrações é de aproximadamente 120.000 m³/ano e 65.000 m³/ano de madeira serrada, respectivamente. Em que as províncias de Manica, Sofala e Zambézia constituem as províncias com maior capacidade de produção (Diniz, 2000).

De acordo com Lima (2005), existe uma grande preocupação pela rentabilidade da indústria madeireira que não se mostra capaz de responder às necessidades do mercado nacional. Esta indústria é caracterizada por possuir maquinaria obsoleta de baixo rendimento e eficiência industrial com dificuldades de adquirir sobressalentes o que faz com que uma grande parte delas funcione com deficiência ou esteja paralisada. A capacidade de produção varia entre 5 a 10 m³ por dia.

A indústria madeireira desempenha um papel importante na melhoria das condições de vida das comunidades contribuindo para o alívio a pobreza, através da criação de postos de trabalho e disponibilização de produtos madeireiros processados. Assim, o desenvolvimento da indústria florestal é uma das formas de contribuir para o desenvolvimento do país (Amparado *et al.*, 2008).

2.8. Serragem primária e secundária da madeira

Diniz (2000) acrescenta que a indústria de madeira em Moçambique é formada basicamente por serrações a nível de transformação primária de madeira. A nível de transformação secundária a indústria é composta por carpintarias que geralmente estão acopladas a serrações como unidades de aproveitamento. As carpintarias normalmente adquirem madeiras dos terceiros, com excepção daquelas que são interligadas as serrações. Estas dedicam-se principalmente a produção de mobiliário, portas, janela geralmente por encomenda de particulares ou empresas.

Segundo Lima (2005) as serrações podem ser definidas como indústria de transformação de madeira redonda (toros) em madeira serrada a partir de máquinas cujos elementos principais de trabalho são serras. Estas são constituídas basicamente pelo depósito de toros, local da maquinaria, local de classificação da madeira serrada e pelo depósito da madeira serrada.

As serrações em função da sua capacidade de produção em: Serrações pequenas, médias e grandes. São consideradas pequenas as que processam até 50m³/dia, médias as que processam entre 50m³/dia e 100m³/dia e, por fim, serrações grandes as que processam mais de 100m³/dia (Silva, 2014).

As serrações pequenas devem ter no mínimo uma máquina para a serragem e duas maquinais auxiliar (uma para cortes longitudinais e outra para cortes transversais), as serrações médias caracterizam-se por possuírem uma única máquina para a serragem e máquinas auxiliares para cortes longitudinais e uma outra para cortes transversais, e as serrações grandes devem ter uma ou mais máquinas de processamento ou varias auxiliares (ABREU, 2005).

Magalhães (2012), acrescenta que os factores como o volume, dimensão e distribuição dos recursos madeireiro, bem como a disponibilidade de recursos financeiro para a operação na serração podem afectar no tamanho da serração. Assim, as serrações grandes são normalmente instaladas onde existem grandes volumes de madeira em áreas extensas e as pequenas onde a floresta é muito pouco densa, com baixo rendimento por hectare de madeira extraída. Por outro lado, tomando em consideração os recursos financeiros disponíveis, verifica-se normalmente que em situações de recursos financeiros escassos, predominam serrações pequenas mesmo que tenham uma grande reserva de madeira.

Para Swain (2010), existem dois tipos principais de serrações: Temporárias e Permanentes. São consideradas temporárias aquelas que fazem exploração de recursos madeireiro nos arredores e podem ser transferidas de um lugar para o outro (móveis), e possuem normalmente capacidade de produção de 8- 23 m³/ dia. Por outro lado, todas as serrações permanentes podem apresentar grandes volumes de produção e conseqüentemente precisam de uma boa infra-estrutura, fácil acesso ao recurso florestal e saída de produtos para o empilhamento e secagem.

As serrações também são classificadas com base na sua máquina principal de corte e de acordo com o carácter da sua instalação. Quanto a máquina principal de corte podem ser serrações de serra múltipla alternativa, de serra circular e de serra fita em função do tipo de serra que é usado na máquina principal (Capelli, 2002).

2.9. A aplicação da madeira serrada

A indústria de madeira serrada, processada mecanicamente é um complexo de actividades que abrange mercados distintos e essa indústria é dividida em três grandes segmentos: madeira serrada, compensados e manufaturados de madeira (ABIMCI, 2016).

A madeira, sob o aspecto da tecnologia dos produtos florestais, passou por uma evolução caracterizada por uma utilização simplificada, com um processamento elementar e era empregada como postes, toretes, lenha, usos temporários na construção civil, etc (Mattos, 2004).

Com a evolução da tecnologia, a madeira serrada, aplainada e dimensionada foi transformada em pranchas, tábuas, colunas, vigas, caibros, ripas, etc. Actualmente, a madeira após o processamento industrial resulta em “produtos reconstituídos” como painéis a base de madeira - compensados, particulados ou de fibras - além das vigas estruturais (Magalhães, 2012).

Para as indústrias madeireiras são restritas as ofertas da madeira de árvores de espécies de reflorestamento adequada às aplicações citam a restrição da disponibilidade e da falta de qualidade da madeira de reflorestamento para as indústrias, além da necessidade de atendimento das especificações industriais e falta das normas e padrões (Silva, 2014). O segmento industrial poderá sofrer com dificuldade do suprimento da madeira, pelas pressões ambientais, elevação do custo da madeira de florestas naturais e pela conscientização da utilização dos recursos florestais renováveis (Mattos, *et al.*, 2009).

2.10. Processo de corte com serra

Serragem é o processo de usinagem onde uma determinada peça é cortada em um tamanho requerido em que é possível utilizar ferramentas tipo serra de fita, serra de arco ou serra circular. No processo, cavacos são gerados devido à acção dos sucessivos dentes da serra que, por sua vez, são arrançados em linha em uma lâmina de serra. As forças actuando na ferramenta e no material podem ser complexas e não tão bem estudadas e documentadas como, por exemplo, no processo de torneamento (Associação Mineira de Silvicultura - AMS, 2009).

Devido à qualidade das lâminas de serra modernas, elas são capazes de realizar um trabalho rápido, com tolerâncias apertadas, ter boa repetibilidade, além de o processo de corte em si ser confiável e previsível (AMS, 2009).

2.11. Arco de Serra

A ferramenta de arco de serra realiza movimentos de avanço e retrocesso. Enquanto realiza esta operação, a ferramenta está em contacto com a peça somente durante o movimento em um dos sentidos (direcção de tracção da serra). No movimento de retorno, a lâmina de serra é elevada, longe da peça de trabalho, a fim de evitar danos à aresta de corte. Durante o retorno, a serra não remove material, o que resulta em um movimento em vazio causando perda de tempo. Como resultado do movimento de um comprimento restrito da serra, somente alguns dentes estão em contacto. Por isso, a vida destas ferramentas é limitada (Chiaki, T. *et al.*, 2009).

2.12. Serra de fita

A serra de fita consiste de uma serra de fita longa, sem fim, realizando o movimento sempre na mesma direcção ao longo de duas ou mais polias. Uma polia, ligada a um motor, promove o movimento (motriz) enquanto as outras são inactivas. A serra de fita deve ser fina o suficiente para dobrar-se sobre polias motrizes e inactivas e, ainda, deve ter resistência e espessura suficiente a fim de suportar as pressões exercidas durante o corte (Biasi, 2005).

Em todos os tipos de fita de corte, a potência da máquina limita a taxa de corte, a espessura e a dureza do material a ser cortado. Ao contrário de um arco de serra, este método não envolve perdas de movimento. Além disso, muitos dentes estão em contacto devido ao comprimento da cinta. Outra vantagem da serra de fitas é o seu movimento contínuo, o que produz um desgaste uniforme por todo o comprimento da lâmina. As lâminas de serras de fita também são alteradas com menos frequência porque são mais longas se comparado a outros tipos de serras (Carson, 2005).

Basicamente existem dois tipos de serras de fita, a horizontal e a vertical. A serra de fita horizontal é usada em operações de corte da seção transversal, ao passo que a serra de fita vertical geralmente é utilizada para corte de contornos. Este método difere dos outros, pois sua lâmina e sua acção de corte permite a aresta de corte seguir um caminho de contorno durante o corte (Hollocks, 2006).

2.13. Serra Circular

A serra circular é uma ferramenta de corte que executa movimento de corte contínuo através de uma lâmina de serra circular giratória. Este processo de alto desempenho é utilizado em cortes lineares de materiais de baixo custo. A operação de corte com a lâmina de serra circular é caracterizada por ser um processo contínuo, rápido e que fornece uma superfície de corte

com pouca rebarba. Com isto, é utilizada em operações de separação de peças e semi-acabamento (Reval, 2009).

2.14. Velocidade de rotação e velocidade de corte

Dependendo da operação, a superfície da peça pode ser deslocada em relação à ferramenta, ou a ferramenta é deslocada em relação à superfície da peça. Em ambos os casos, tem-se como resultado o corte, ou desbaste do material. Para obter o máximo rendimento nessa operação, é necessário que, tanto a ferramenta quanto a peça desenvolva uma velocidade de corte adequada (Klaeger, 2014).

Segundo Bonduelle (2002) a velocidade de corte é o espaço que a ferramenta percorre, cortando um material dentro de um determinado tempo. Vários factores influenciam na velocidade de corte:

- ❖ Tipo de material da ferramenta;
- ❖ Tipo de material a ser usinado;
- ❖ Tipo de operação que foi realizada;
- ❖ Condições de refrigeração;
- ❖ Condições da máquina, etc.

Nas máquinas-ferramentas em que o movimento de corte é produzido pela rotação da ferramenta ou da peça, determina-se o número de rotações por minuto (n) através de cálculo, ou com auxílio de gráficos ou diagramas. Depende da velocidade de corte (V_c) determinada pelas condições de usinagem e pelo diâmetro (d) da peça ou ferramenta (CARSON, 2005).

A velocidade de rotação de uma serra circular deve seguir as recomendações do fabricante para a lâmina de serra específica. Todas as serras são projectadas para uso seguro em um número máximo de revoluções por unidade de tempo n que representa o número de voltas em um minuto (Andrade, 2009).

Segundo Klaeger (2014) as lâminas de serra são acopladas directamente ao eixo do motor (como é o caso das serras circulares manuais, serras de mesa e serras de braço radial), e esta foi a velocidade de rotação que a lâmina irá operar. No entanto, existem algumas serras circulares que não são de accionamento directo e operam em velocidades diferentes. Algumas máquinas operatrizes, inclusive portáteis, podem chegar a 3000 e 6000 rpm.

Segundo WEG (2008) apesar das serras serem classificadas pela sua velocidade de rotação, o corte do material não é, pois o número de voltas por minuto de uma serra não é um bom

indicador da sua velocidade de corte, ou seja, da velocidade tangencial da lâmina. Ao imaginar a serra como uma roda, uma roda maior cobriria uma maior distância por revolução que uma roda menor.

As lâminas de serra circular têm limitações quando à velocidade de rotação n e esse limite está intimamente ligado ao seu diâmetro D . Esse factor, ou seja, a quantidade de dentes que passa através do material em um determinado tempo é, na verdade, a variável importante para determinar se uma lâmina é apropriada para um determinado tipo de material, ou não (WEG, 2008).

2.15. Avanço e velocidade de avanço

A medida de quão rápido uma lâmina de serra circular atravessa o material é chamada de velocidade de avanço (vf). A velocidade de avanço (vf) depende de uma série de factores. Alguns dos factores, que não têm ligação com o projecto da serra em si, como a velocidade de rotação n do motor, a pressão aplicada para mover a serra através do material e a densidade do material cortado. Outros factores estão ligados ao projecto da lâmina como o número de dentes e os ângulos de folga e saída dos dentes são os principais factores que contribuem (Schmitz, 2001).

De um modo geral, quanto maior o avanço por dente (fz), menor o tempo de corte (tc) e maior a produtividade, porém ao custo de um acabamento mais pobre, pois são geradas marcas mais pronunciadas da ferramenta no material. Com baixo avanço (fz), especialmente com uma lâmina de serra com grande número de dentes (mantendo-se vf e n), tem-se um acabamento melhor com menos marcas dos dentes. No entanto, quanto menor for o avanço (fz), maior o tempo (tc), havendo a tendência de a lâmina aquecer (Andrade, 2009).

2.16. Tempo de corte

O tempo de corte tc [min] é basicamente o tempo que a serra leva para percorrer uma determinada distância LS [m] durante o processo de serragem da peça. Naturalmente, essa variável irá depender basicamente de LS e da velocidade de avanço da lâmina vf (Swain, 2010).

Quanto maior a dureza do material trabalhado, maior deve ser tempo de corte. Há sempre a opção de escolher entre o tempo necessário para fazer a serragem e um corte limpo. Visto que alguns tipos de serra não têm controlo de velocidade, um modo de reduzir vc a fim de evitar super aquecimento, por exemplo, é a utilização de uma lâmina com menos dentes, caso os requisitos de acabamento não serem importantes (Carson, 2005).

2.12. Rendimento da madeira serrada

O rendimento de uma serragem é determinado pela relação entre o volume de produto ao final da etapa de serragem e o volume de madeira redonda que entrou no conjunto de serrações. Para se obter o resultado o produto é quantificado pela contagem do número de tábuas com dimensões conhecidas e acompanhadas, calculado o volume final, o que é uma tarefa na qual se empregam tempo e mão-de-obra em demasia (SOUZA *et al.* 2007). As indústrias madeireiras produzem além de seus produtos, grande quantidade de resíduos, apresentando um baixo rendimento, que dispersos ao meio ambiente podem trazer sérios problemas de poluição, especialmente, em sua incineração sem um prévio controle ambiental (Schmitz, 2001).

A produção de madeira serrada de umbila exige realmente certa técnica de serragem que compatibilize a matéria-prima e os equipamentos hoje existentes para garantir um bom rendimento a uma boa velocidade de avanço e principalmente, uma boa qualidade (Starrett, 2015). O baixo rendimento em madeira serrada obtido pelas serragens tem dificultado a competição das indústrias de móveis na exportação, pois ainda utilizam tecnologias ultrapassadas e maquinarias que não proporcionam bons rendimentos na serragem do toro, por estarem desgastados ou mesmo utilizando ferramentas de corte com espessuras elevadas (Murara, 2005). Os rendimentos obtidos no processo de serragem dos toros em tábuas seguem os níveis de utilização nacionais, de 40% a 45%, sendo ainda um processo com muitas perdas, inviabilizando a operação em muitas situações, indicando a grande defasagem tecnológica do parque industrial (Hollocks, 2006).

A necessidade de selecção de toros por classes diamétricas e o estabelecimento de diagramas de corte é de importância primária para que se consiga atingir níveis de rendimentos elevados para aquele determinado tipo de material que está sendo utilizado. Dessa maneira, é possível melhorar o rendimento em madeira serrada proporcionado por cada classe utilizada (Murara, 2005).

2.17. Eficácia operacional da serragem da madeira

A eficiência operacional expressa a relação entre o volume dos toros serrados por período ou turno e o número de operários envolvidos em todas as operações de serragem (Rocha, 2002). Segundo Lakatos (2003), em serrações de pequeno e médio porte, em que o grau de automação é baixo, a noção da eficiência técnica é importante para a organização produtiva, pois informa com segurança como o trabalho ou a serragem está sendo conduzido ao longo do turno avaliado. A amostragem do trabalho é uma técnica estatística que foi desenvolvida com

o propósito específico de possibilitar a colecta de informações precisas com relação ao modo pelo qual as actividades são distribuídas em um dia de trabalho. A principal função dessa técnica é a análise do trabalho produtivo, por observação directa, em intervalos de tempo aleatórios ou sistemáticos (Silva, 2002).

A amostragem do trabalho para a avaliação de serrações é dividida em trabalho produtivo e tempo perdido. O trabalho produtivo é o complemento entre homem e máquina que resulta na produção de madeira serrada, ao passo que o tempo perdido é caracterizado pelas situações em que esse conjunto não realiza as suas funções intrínsecas. O tempo perdido ainda se subdivide em trabalho não produtivo, tempo ocioso e demoras (Remade, 2014).

O trabalho não produtivo é definido como as actividades do conjunto homem e máquina diferentes da produção de madeira serrada. O posicionamento do toro no carro porta-toros, troca de lâminas e ajuste na guia da serra de fita. O tempo ocioso é classificado como a falta no abastecimento de energia, de matéria-prima e de insumos para as operações, bem como as necessidades pessoais dos operadores. As demoras ocorrem como resultado da má operação do sistema (Remade, 2014). Santos (2008), mencionaram alguns exemplos de situações caracterizadas como demoras, que incluem o manuseio do toro na rampa de abastecimento, o empilhamento de madeira serrada, a limpeza de subprodutos na linha de produção e as pausas na máquina primária por causa do abastecimento de toros com diâmetro maior.

III. METODOLOGIA

3.1. Área de estudo

O estudo foi conduzido na empresa LevasFlor, localizada no Distrito de Cheringoma, Província de Sofala, em Moçambique. Tem limite, a Norte e Noroeste com o Distrito de Caia, a Oeste com os Distritos de Maringue e Gorongosa, a Sul com o Distrito de Muanza, a Sudeste com o Oceano Índico e a Leste e Nordeste com o Distrito de Marromeu (MAE, 2005).

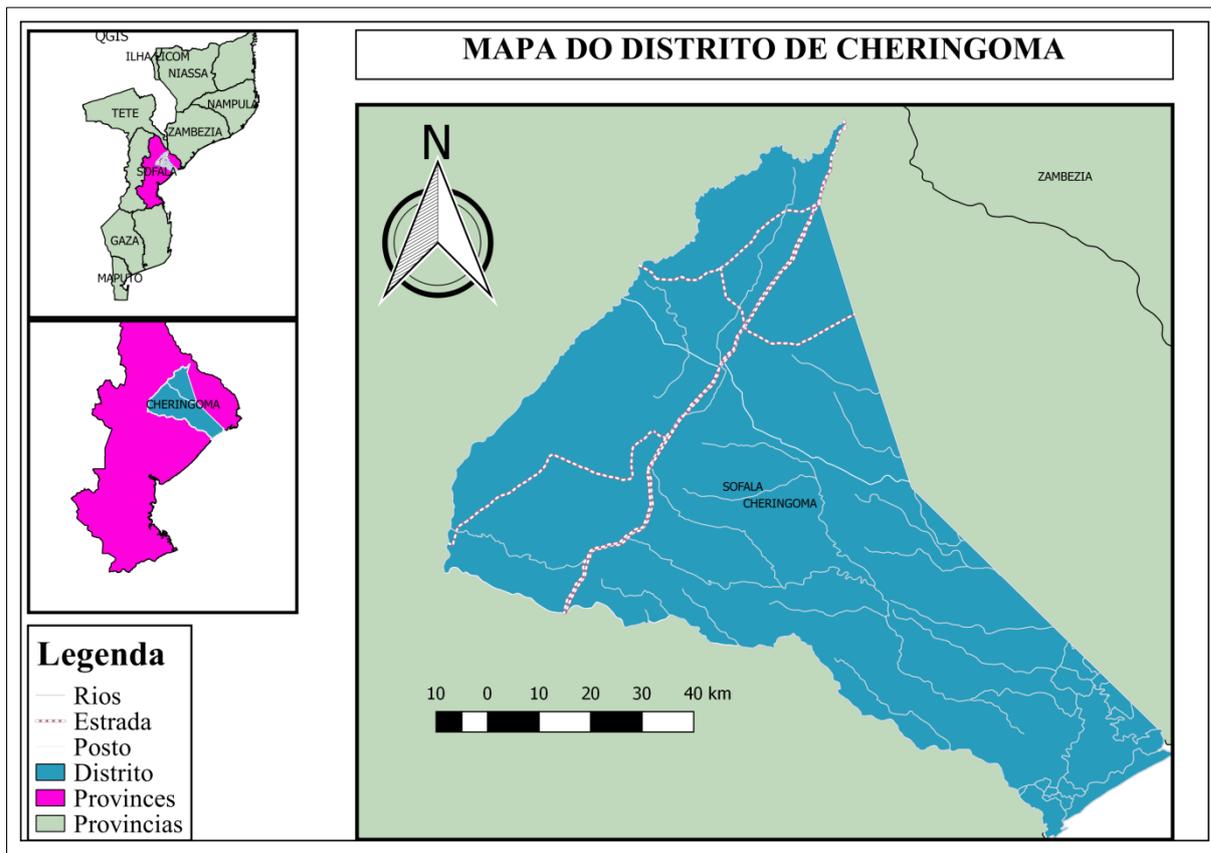


Figura 1: Mapa da área de estudo. Fonte: Autora.

3.2. Clima

O clima de Cheringoma é do tipo tropical chuvoso de savana, a distribuição das chuvas é desigual ao longo do ano, cerca de 57 a 73% da precipitação anual ocorre no período de Dezembro de um ano a Março do ano seguinte. A temperatura média anual do ar é de 24,2 °C, com uma amplitude média anual de 6,8 °C, com exceção da zona norte, na transição para o vale do Zambeze, onde a temperatura média anual é de 26°C. (INAM, 2009).

3.3. Relevo

O distrito de Cheringoma é caracterizado pela ocorrência de duas principais estruturas geológicas que se desenvolvem na região, às quais aparecem associadas as seguintes unidades

paisagísticas: o Graben do Urema – vale do “Rift”, com uma ligeira inclinação no sentido NESW a Oeste do Planalto de Cheringoma/Inhaminga, os depósitos sedimentares do Cretácico marinho e continental das Formações de Mazamba, Cheringoma, Grudja e Sena, os aluviões arenosos e argilo-arenosos a Este do planalto, a vasta planície Deltáica do Quaternário e os antigos cordões litorais e de dunas, mais ou menos consolidadas que se orientam em geral, paralelos à costa (MICOA, 2007).

3.4.Hidrologia

O distrito de Cheringoma é atravessado por três rios principais de regime permanente e uma rede hidrográfica constituída por riachos, pântanos e outros cursos temporários de água. A faixa costeira, incluindo a planície aluvionar, possui uma densa rede de rios, afluentes e subafluentes e ainda canais e meandros que na época chuvosa constituem importantes recursos hídricos (MAE, 2005). Na zona do litoral ocorre importantes riachos, designadamente os rios Tenga e Nhandue. O rio Chimiziua nasce e drena, no seu curso superior, o distrito de Cheringoma e entra no distrito de Marromeu. O rio Sassone tem o seu curso superior, neste distrito e corre no sentido nordeste-sudoeste entrando no distrito de Muanza (INAM, 2009).

3.5.Fauna e Flora

De acordo com alguns levantamentos e registos faunísticos, ocorrerão na região de Cheringoma pelo menos 99 espécies de mamíferos de grande e de pequeno porte, embora algumas espécies de grande porte como o *Diceros bicornis* rinocerontes e o *Syncerus caffer*, estejam actualmente extintas ou reduzidas a populações muito pequenas confinadas às áreas de conservação. O rinoceronte preto tornou-se extinto e animais como a *Acinonyx jubatus* e o *Lycaon pictus* (Fusari *et al.*, 2010).

O Distrito de Cheringoma possui uma grande cobertura vegetal, podendo-se identificar florestas fechadas e abertas que ocupam cerca de 70% da sua superfície. Ocorrem igualmente várias formações vegetais entre as florestas altas e densas, e nelas encontramos árvores de grande valor económico: *Pterocarpus angolenses*, *Brachystegia spp*, *Millettia stuhlmanni*, *Swartzia madagascariensis*, *Julbernardia globiflora*, *Cordyla africana*, *Berchemia zeyheri*, *Dalbergia melanoxylon*, *Azelia quazensis* (Governo do Distrito de Cheringoma, 2011).

3.6. Descrição da empresa

A concessão florestal da LevasFlor é uma empresa constituída por cotas criada a 6 de Agosto de 2004, esta empresa realiza actividades indústrias do ramo de Maneio Florestal, Exploração e Processamento de produtos florestais madeireiros e não madeireiros, esta empresa tem uma

concessão florestal que está localizada á nordeste da província de Sofala a uma área de 46 000 hectares, cobre cinco blocos 20.

A empresa não possui nenhum concorrente na região, trabalha com clientes nacionais e internacionais e os principais clientes são a CFM, Continetae Timbers, Bolloré, e compradores singulares, e é o próprio fornecedor de matéria-prima, e com a capacidade media de processar 63m³/dia de toros, para a serragem principal na nova serração, a empresa conta com uma serra fita Logosol B751, que pode processar toros de 5m de comprimento (Kalaba *et al.*, 2014).

A empresa processa, anualmente, 6.056 m³ de madeira, para diversas finalidades, incluindo produção de piso, móveis, dormentes, paletes e habitação A produção madeireira da empresa é um dos mais conhecidos e solidamente estabelecidos no mercado nacional e de exportação, particularmente, o mercado europeu e americano (Temudo, 2011),

Segundo a entrevista realizada a Administração da empresa, destaca-se que nos anos 2021-2022, foram explorados cerca de 7000m³, a empresa utiliza espécies de Messassa, Umbila, Chanfuta, Mucarala, Panga-panga, Missanda e entre outras espécies. A empresa possui dois pátios limpos e abertos para armazenamento de toros, e dois armazéns de resíduos, com sistema de certificação de FSC e os resíduos duram no máximo dois dias para serem carbonizados. E a mesma possui actualmente cerca 211 funcionários, maioritariamente nativos.

3.3. Materiais e métodos

A seguir estão apresentados na tabela 2, a descrição dos materiais e equipamentos que foram usados neste estudo de avaliação dos parâmetros que influencia a serragem de madeira (geometria dos dentes da serra, esquemas de corte na serra principal e secundário) para a espécie de *Braschystegia Spissiformis* (Messassa) na LevasFlor.

Tabela 1: Descrição dos materiais e o seu respectivo uso.

Materiais	Função
Serra Circular Múltipla	Cortes múltiplos
Serra de fita horizontal	Executar cortes automaticamente
Serra de fita vertical	Efectuar cortes verticais
Toros	Unidades da amostra
Cronómetro	Para medir o intervalo de tempo
Fita métrica/Suta	Medição dos toros e madeira serrada.
Minitab v. 18	Análise de dados
M.O. Excell	Geração de tabelas e Gráficos

3.7. Métodos

3.8. Amostragem

O tipo de amostragem que foi usado é amostragem estratificada por classe dos diâmetros, onde em cada estrato foram avaliados os parâmetros; Velocidade de avanço (Vf), Tempo de corte, Rendimento da madeira serrada e Eficiência operacional. Par tal foram seleccionados 60 unidades de toros de *Braschystegia spiciformis* (Messassa) divididos em 4 classes diamétricas (15 toros por cada classe), observando as seguintes características: toros sem lenho de reacção, sem bolsas de resinas e sem acúmulos de nós. A serragem dos toros foi realizada conforme a metodologia adoptada por Biasi & Rocha (2007). Conforme apresentado na Tabela 2.

Para determinação do diâmetro de cada toro foram tomadas duas medidas de diâmetros perpendiculares em cada uma das extremidades, em seguida foi calculada a média aritmética destes valores. E as classes diamétricas foram adaptadas da classificação de Juizo *et al.* (2015).

Tabela 2: Classes diamétricas que foram usadas no estudo.

Classe	Diâmetro	Número de	Comprimento
Diamétrica	Médio (cm)	Toros	Médio (m)
Classe I	24 - 34 Cm	15	4.5
Classe II	34 - 44 Cm	15	5.3
Classe III	44 -54 Cm	15	4.6
Classe IV	> 54 Cm	15	6.5

3.9. Parâmetros

3.10. Velocidade de avanço (Vf)

A velocidade de avanço foi determinada de acordo com a equação 4 e ela é geralmente expressa em $m.min^{-1}$

$$Vf = Zw \times n \text{ ----- Equação [4]}$$

Onde:

V_f = velocidade de avanço do toro ($m.min^{-1}$);

Z_w = é o número de dentes da serra;

n = é a velocidade de rotação da serra circular, em rpm.

3.11. Tempo de corte

O tempo de corte foi determinado de acordo com a equação 5 adaptado do Koch (2009).

$$tc = \frac{Ls}{V_f} \text{ ----- Equação [5]}$$

Onde:

tc= O tempo de corte tc [min]

Ls= O comprimento total percorrido pela serra durante o processo de corte

V_f = velocidade de avanço (alimentação) do toro ($m \cdot min^{-1}$);

3.11. Rendimento da madeira serrada

Para a determinação do rendimento da madeira serrada foi feita uma relação entre o volume do produto final e a quantidade de madeira que entrou na serragem, através da contagem das tabuas e mensuração das dimensões das mesmas. Dessa forma foi para determinar o rendimento, onde foi utilizado a seguinte equação 7 abaixo indicado:

$$R = \frac{Vm}{Vt} \times 100 \text{ ----- Equação [7]}$$

Onde:

R: Rendimento de madeira serrada (%)

Vm: Volume de madeira serrada (m^3)

Vt: Volume do toro (m^3).

Para a determinação do volume de madeira serrada foi utilizado a equação 8 abaixo:

$$V = C * L * E \text{ ---- Equação [8]}$$

Onde:

V = volume do toro (m^3)

D = diâmetro médio do toro (cm)

L = comprimento do toro (m).

3.12. Eficiência operacional

A eficiência operacional (EO) da serração foi determinada de acordo com a Equação 9 adaptado de (ROCHA, 2002).

$$E = \frac{480 * T}{O * P} \text{ ----- Equação [9]}$$

Onde:

E = eficiência operacional (m³/operário/dia);

T = volume médio sem casca dos toros serrados por dia (m³);

OP = número de operários envolvidos nas operações de serragem.

3.13. Análise estatística

A análise de variância (ANOVA) foi realizado segundo procedimentos do pacote estatístico Mintab versão 18.1, onde as suas médias foram comparadas pelo teste Tukey a nível de Significância de 5% de probabilidade de erro ($p \leq 0,05$) e os resultados foram apresentados e organizados em tabelas e figuras no Microsoft Excel 2016.

IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela abaixo (Tabela 3) estão patentes os principais resultados dos parâmetros (Velocidade de corte da serra (m.min), Tempo de serração da madeira (h/m³), Rendimento M.S. (%) e Eficiência Operacional) analisados no estudo.

Tabela 3: Valores médios dos parâmetros analisados.

Classe Diamétrica	Diâmetro Médio	Velocidade de corte da serra (m.min)	Tempo de serração da madeira (h/m ³)	Rendimento M.S. (%)	Eficiência Operacional
I	32.63	296.28	1.17	32.04	1,72
II	39.28	356.65	2.92	27.40	2,16
III	48.67	441.84	2.21	21.14	3,18
IV	60.33	547.76	2.05	17.62	4,27

4.1. Velocidade de corte da serra e Tempo de serragem da madeira

No que diz respeito à velocidade de corte da serra, notou-se um aumento progressivo ao passar pelas classes diamétricas (Figura 2). A Classe I apresentou uma velocidade de corte de 296.28 m/min, enquanto a Classe II registou 356.65 m/min. Na Classe III, esse valor aumentou para 441.84 m/min, chegando a 547.76 m/min na Classe IV. Isso significa que, para trabalhar com madeira de diâmetro médio maior, foi necessário aumentar a velocidade de corte da serra.

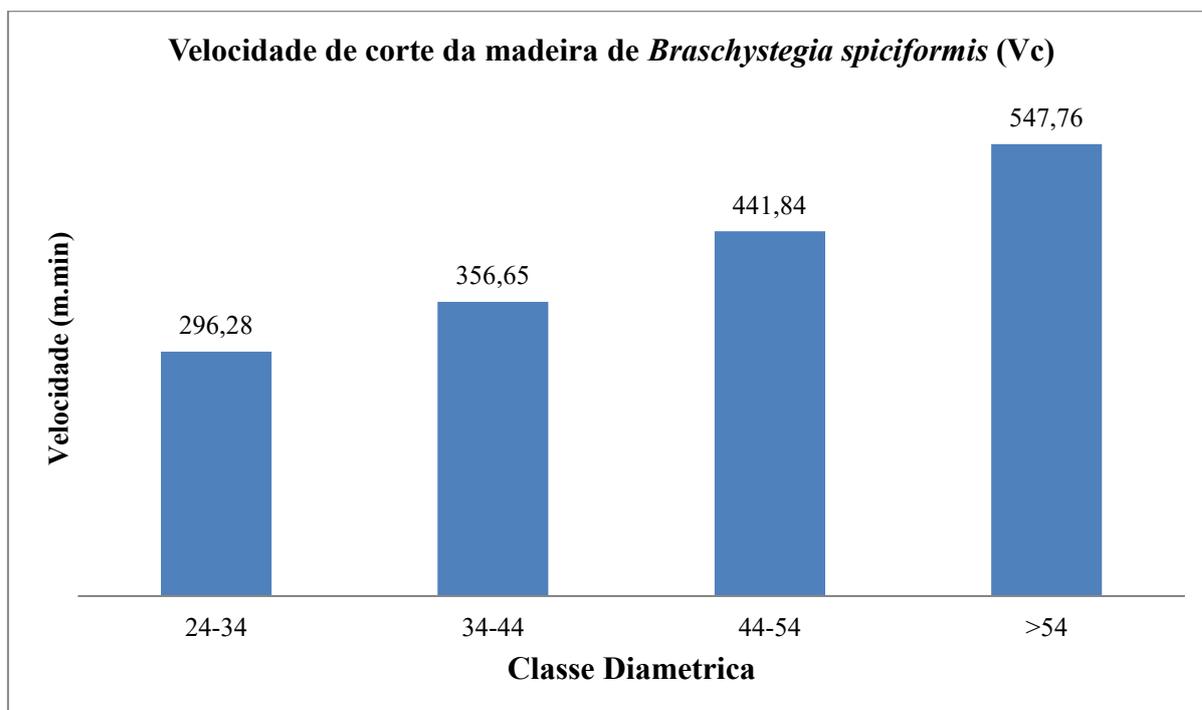


Figura 2: Velocidade de Corte em cada classe Diamétrica.

Os resultados encontrados no estudo corroboram com resultados encontrados por Silva *et al.* (2019) e Johnson *et al.* (2020), onde observaram que a velocidade de corte da serra está directamente relacionada ao diâmetro da madeira. Eles explicam que, à medida que o diâmetro médio da madeira aumenta, a resistência ao corte também aumenta, exigindo uma velocidade de corte maior para manter uma eficiência de corte adequada.

De acordo com Gonzalez *et al.* (2018), a variação na velocidade de corte está associada à necessidade de compensar as diferentes características da madeira em cada classe diamétrica. Os autores ressaltaram que a madeira de diâmetro maior tende a ser mais densa e mais difícil de cortar, o que requer uma velocidade de corte mais alta para evitar perda de produtividade.

Quanto ao tempo necessário para serrar 1 metro cúbico de madeira, observou-se que o valor também aumenta à medida que avançava-se pelas classes (Figura 3). Na Classe I, o tempo necessário foi de 1.17 horas/m³, enquanto na Classe II esse valor subiu para 2.92 horas//m³. Na Classe III, o tempo de serragem foi de 2.21 horas/m³, e na Classe IV, registou-se 2.05 horas/m³. Esse aumento indica que a serragem de madeira de diâmetro médio maior requereu um tempo mais longo.

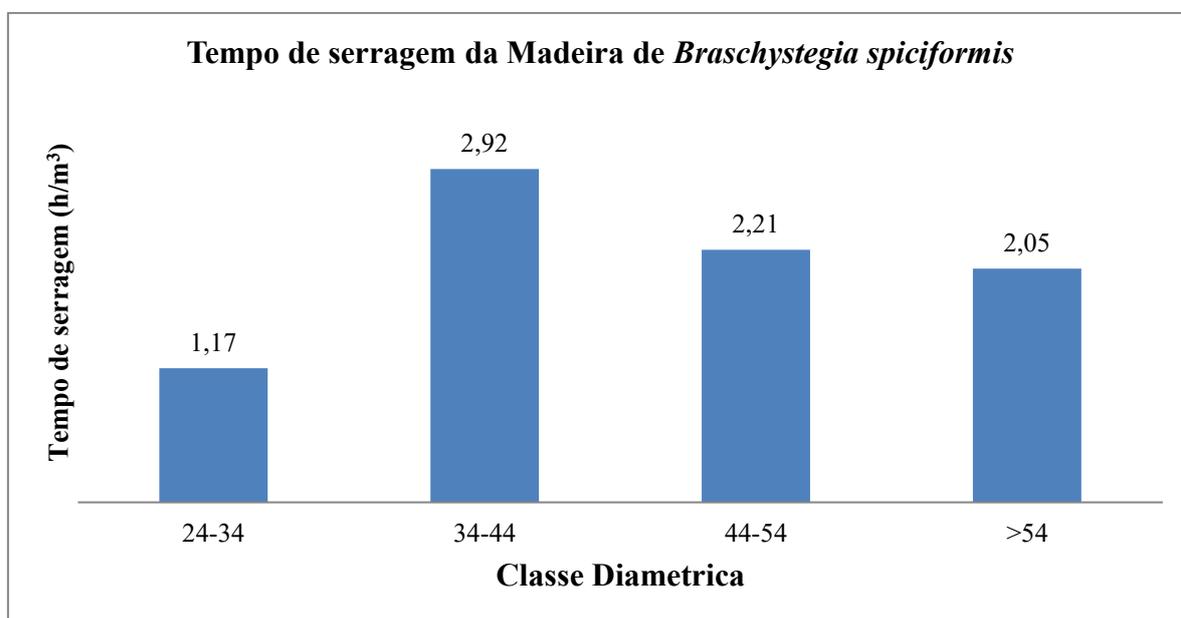


Figura 3: Tempo de serragem da Madeira de *Braschystegia Spiciformis*.

Souza *et al.* (2017) analisaram a influência do diâmetro da madeira na produtividade de uma serração, os resultados indicaram que o tempo necessário para serrar uma quantidade específica de madeira aumentou à medida que o diâmetro médio da madeira aumentou. Isso entrando em concordância com os resultados encontrados no estudo.

Além disso, Oliveira *et al.* (2019) analisaram a eficiência de corte em diferentes diâmetros de madeira. Constataram que a serração da madeira com diâmetros maiores exigia mais tempo para completar o processo de corte. Isso ocorreu devido à maior resistência ao corte e à necessidade de ajustar a velocidade de corte e outros parâmetros da serra para garantir uma operação eficiente.

Esses estudos e outros na área da serragem de madeira confirmam a tendência de que madeiras com diâmetros maiores requerem mais tempo para a serragem. Isso pode ser atribuído à maior densidade, resistência e dificuldade de corte encontradas nesse tipo de madeira, principalmente em espécies nativas como caso de *Braschystegia spiciformis* (Messassa).

4.2. Rendimento da Madeira Serrada

Em relação ao rendimento de madeira serrada, observou-se uma tendência inversa em relação às classes diamétricas. À medida que o diâmetro médio aumentava, o rendimento da madeira diminuía. Na Classe I, o rendimento foi de 32.04%, enquanto na Classe II foi de 27.40%. Na Classe III, o rendimento caiu para 21.14%, e na Classe IV, atingiu o valor mais baixo de 17.62%. Isso significa que os toros de diâmetro médio maior tiveram um rendimento menor em termos de madeira serrada (Figura 4 e Tabela 4).

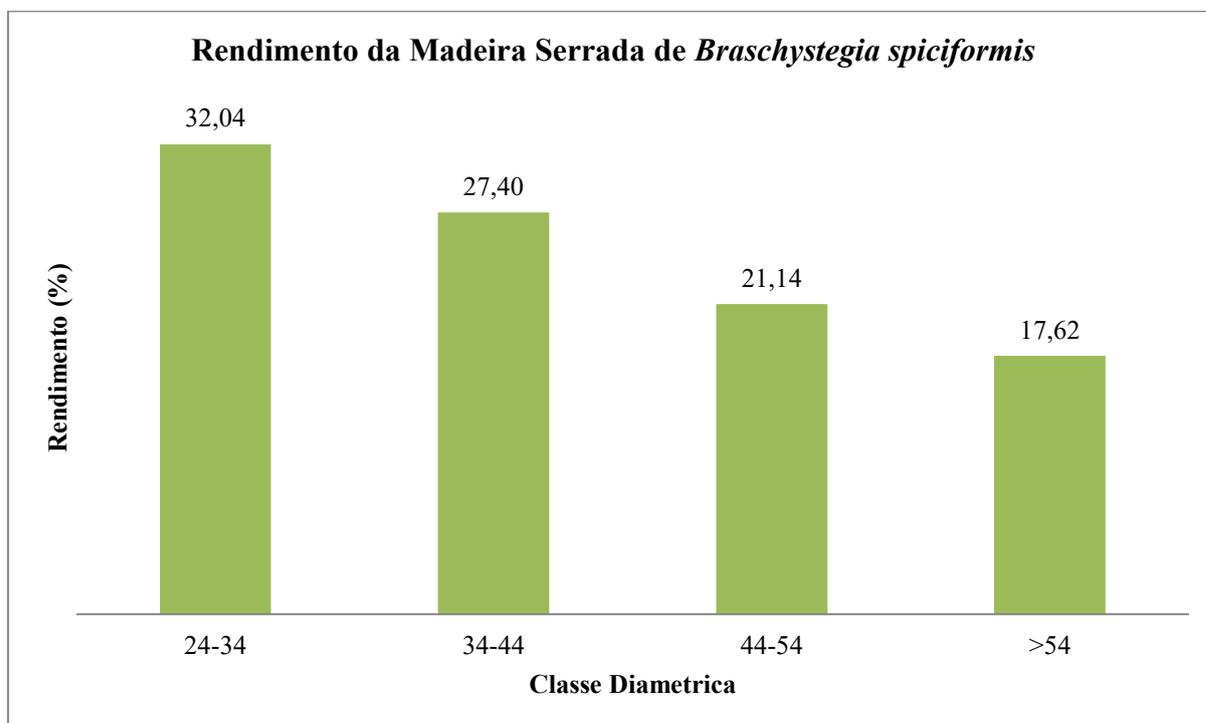


Figura 4: Rendimento da Madeira Serrada de *Braschystegia spissiformis*.

Para a obtenção do volume da madeira serrada, foram mensuradas todas as peças de madeira de modo a ter-se suas espessuras, larguras e comprimentos. Em termos do volume, observa-se na tabela 4 que ao serrar 0,2527m³ obtém-se cerca de 0,0769m³ de madeira serrada na Classe I e o volume vai crescendo a medida que aumenta-se o volume do toro (a classe diamétrica).

Tabela 4: Volume médio de toros e de madeira serrada em cada Classe Diamétrica.

Classe Diamétrica	Volume do toro (m ³).	Volume de madeira serrada (m ³)
I	0,2527	0,0769
II	0,3938	0,1073
III	0,6774	0,1363
IV	0,9563	0,1504

Porém, os resultados encontrados no estudo não corroboram com resultados encontrados por Juizo *et al.* (2015) ao estudar a influência da classe diamétrica no rendimento em madeira serrada de duas espécies nativas de Moçambique (*Combretum imberbe* – Mondzo e *Pterocarpus angolenses* – Umbila) onde encontrou rendimentos crescente à medida que se aumentava o diâmetro médio da classe (42 a 61%).

Segundo Garcia *et al.* (2012), também citado por Juizo *et al.* (2015) o aumento gradativo do rendimento em função da classe diamétrica ocorre em função da espécie apresentar menos defeitos, como oco, e tortuosidade nos toros.

A tendência decrescente do rendimento relacionado ao diâmetro foi observada por Melo (2016). Justificando que a transformação de toros em tábuas, pranchas e outras peças de madeira implica em diferentes quantidades de perdas, podendo variar de acordo com os factores que influem no seu volume, sejam eles: a natureza da matéria-prima, a eficiência das máquinas empregadas pela indústria e as exigências do mercado.

Outro parâmetro relevante a considerar no rendimento em madeira serrada trata-se da relação cerne-alburno. Pois o rendimento em relação ao volume do toro pode diminuir à medida que o diâmetro aumenta. Isso ocorre porque toros maiores geralmente apresentam uma maior proporção de lenho de cerne, que é a parte central do toro, com menor aproveitamento em comparação com o lenho externo, conhecido como alburno. Por outro lado, toros com diâmetros menores geralmente possuem uma maior proporção de lenho de alburno em relação ao lenho de cerne, o que pode resultar em um rendimento mais alto. Podendo ser o caso da espécie estudada. Sendo importante considerar também que diferentes espécies de madeira

podem apresentar características específicas em relação à classe diamétrica e ao rendimento de madeira serrada (Melo, 2016; Smith, *et al.* 2019).

Os resultados são também sustentados pela DNFFB (1999) e Chitará (2003), estes autores consideram que em Moçambique o rendimento em madeira serrada ronda em torno dos 30%, sendo este influenciado pelo baixo nível tecnológico apresentado no país, factor que tem influenciado em grandes perdas na serração.

4.3. Eficiência Operacional

Na análise da Eficiência Operacional em cada classe diamétrica, foi possível perceber um aumento progressivo. A Classe I apresentou uma eficiência operacional de 1,72, enquanto a Classe II mostrou um valor ligeiramente maior, com 2,16. Já na Classe III, a eficiência operacional foi de 3,18, e na Classe IV, onde foi observado o valor mais alto, com uma eficiência operacional de 4,27 (Figura 5 e Tabela 5).

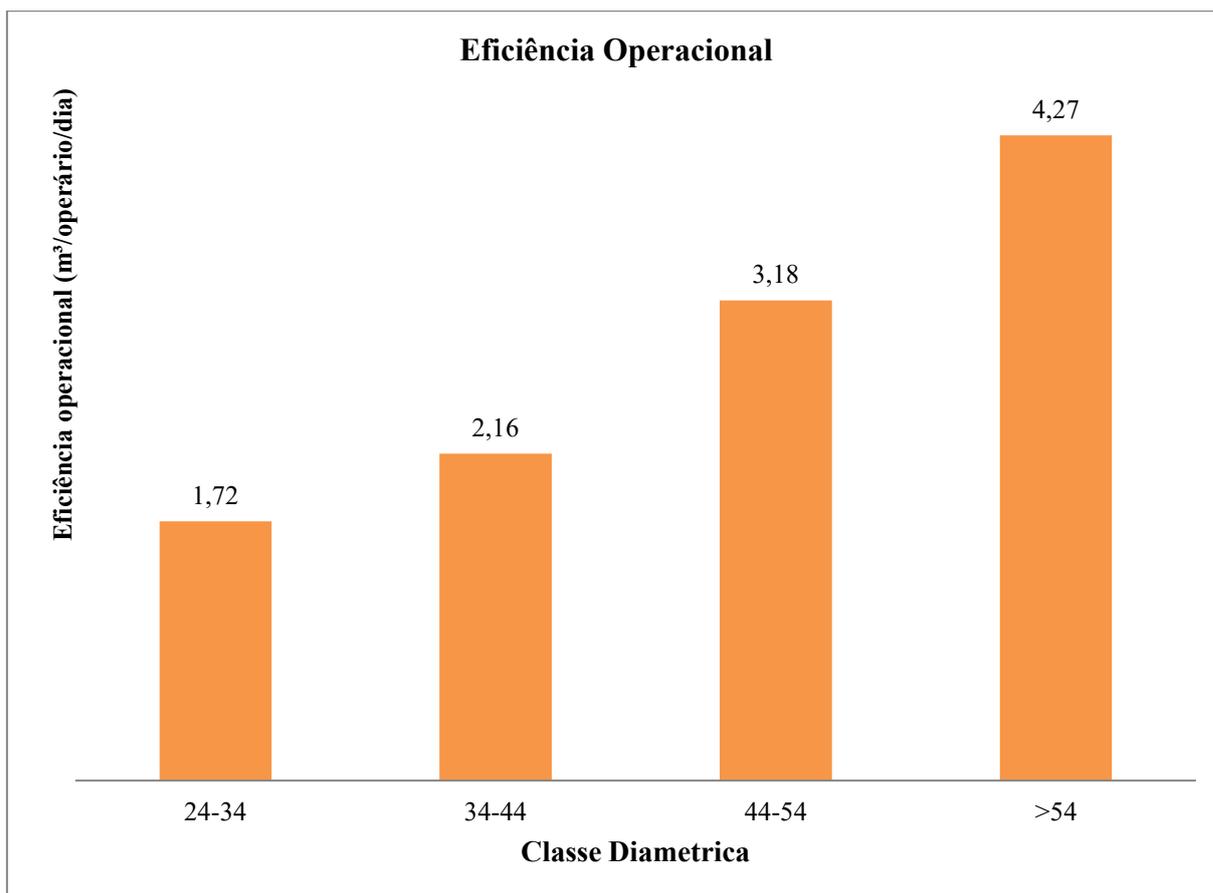


Figura 5: Eficiência Operacional.

Tabela 5: Número de operários envolvidos.

Classe	Número Médio de Operários		
	Carregamento	Primária	Secundária e Acabamentos
I	3±1	6	4
II	4±1	6	4
III	5±1	6	4
IV	7±1	6	4

Os valores de eficiência da serração obtidos no estudo corroboram os resultados obtidos por Madabula (2020) ao determinar a eficiência operacional da serração no seu estudo com *Julbernardia globiflora* – Mnondo na serração LevasFlor, onde observou uma eficiência operacional de 4,80 m³/operário/dia.

Segundo o mesmo autor, a serragem de madeiras de espécies nativas é cerca de dez vezes menos eficiente que as espécies exóticas, isto deve-se ao facto de espécies nativas serem de difícil manuseio, isto por causa de possuírem grandes dimensões, maiores densidades, e também o modelo de corte mais complexo, demandando-se um maior número de operações de serragem, bem como o grau de mecanização, a qualificação e a quantidade de mão-de-obra disponível e as metodologias de processamento utilizadas (Madabula, 2020).

Por sua vez, Manhiça *et al.* (2013) constataram que a eficiência aumentava com o aumento do diâmetro da tora e, na comparação entre dois tipos de desdobro, relataram que a eficiência pelo desdobro programado foi menor em relação ao do desdobro convencional, mas que poderia ser melhorado com o treinamento dos operadores das máquinas.

Segundo Silva (2010), dois factores principais contribuem para a menor eficiência, o primeiro é o modelo de corte mais complexo, com a produção de mais peças de menores dimensões, demandando-se um maior número de operações de serragem; o segundo é a menor agilidade no abastecimento dos toros na linha de produção. Isso demonstra que o tipo de produto processado, no que tange à sua homogeneidade e às suas dimensões, influencia na eficiência, bem como o grau de mecanização, a qualificação e a quantidade de mão-de-obra disponível, e as metodologias de processamento utilizadas. Factores que podem justificar os resultados encontrados no estudo, observando-se a necessidade de melhorias.

V. CONCLUSÕES

Em termos do volume, observou-se que ao serrar 0,2527m³ obtém-se cerca de 0,0769m³ de madeira serrada na Classe I e o volume de madeira serrada, vai crescendo a medida que aumenta-se o volume do toro (a classe diamétrica).

Em relação ao tempo de serração da madeira, verificou-se um aumento progressivo à medida que se avançava pelas classes diamétricas. O tempo médio necessário para serrar 1 metro cúbico de madeira foi de 1.17 horas na Classe I, 2.92 horas na Classe II, 2.21 horas na Classe III e 2.05 horas na Classe IV. Esses números refletem a necessidade de um tempo maior para realizar a serragem em madeiras com diâmetros médios maiores, devido à maior resistência ao corte.

Ao analisar o rendimento da madeira serrada, foi observada uma tendência de diminuição à medida que se avançava pelas classes diamétricas. Na Classe I, o rendimento médio foi de 32.04%, enquanto na Classe II foi de 27.40%. Na Classe III, o rendimento caiu para 21.14%, e na Classe IV, registrou-se o valor mais baixo de 17.62%. Esses números indicam que madeiras com diâmetros médios maiores apresentaram um rendimento menor em termos de madeira serrada.

Ao avaliar a eficiência operacional, verificou-se um aumento progressivo à medida que se avançava pelas classes diamétricas. Na Classe I, a eficiência operacional média foi de 1.72. Na Classe II, esse valor aumentou para 2.16. Na Classe III, a eficiência operacional média foi de 3.18, e na Classe IV, registrou-se o valor mais alto de 4.27. Esses números indicam uma maior eficiência na serragem de madeiras com diâmetros médios maiores, resultando em um maior volume serrado por unidade de tempo.

VI. RECOMENDAÇÕES

Na base dos resultados do estudo, recomenda-se a empresa LevasFlor:

- ❖ A otimizar a velocidade de corte: dado o aumento progressivo da velocidade de corte da serra à medida que se avança pelas classes diamétricas, é importante analisar e ajustar a velocidade de corte para cada classe de diâmetro. Isso permitirá um processo de serragem mais eficiente, garantindo um melhor aproveitamento da madeira e reduzindo o tempo necessário para a operação.
- ❖ Recomenda-se a classificar e separar por classes diamétricas os toros no pátio antes do seu processamento, para que se possa utilizar a matéria-prima com as dimensões e características mais adequadas e desejadas, assim sendo, irá minimizar o tempo no manuseio da matéria-prima pelos operadores e conseqüentemente aumentar o volume de toros processados por dia.
- ❖ Investir em tecnologia e treinamento: A melhoria da eficiência operacional pode ser alcançada por meio de investimentos em tecnologia e treinamento adequado para a equipe. Isso inclui a utilização de equipamentos de serragem modernos e eficientes, bem como a capacitação dos operadores para operar esses equipamentos de forma eficaz e segura. Isso pode resultar em uma produção mais rápida e de maior qualidade.

Aos pesquisadores

- ❖ Explorar outras variáveis: Além dos objectivos mencionados no estudo, pode ser interessante investigar outras variáveis que possam influenciar a velocidade de corte, o tempo de serração, o rendimento da madeira serrada e a eficiência operacional. Isso pode incluir o estudo de diferentes tipos de serras, ajustes na geometria das lâminas de corte, impacto da humidade da madeira, entre outros factores relevantes para o processo de serragem.
- ❖ Estudar outras espécies: considerar outras espécies de madeira além daquelas avaliadas no estudo pode ser uma recomendação adicional para os pesquisadores. Cada espécie de madeira possui características únicas, como densidade, resistência, padrão de crescimento e composição química, que podem influenciar significativamente o processo de serragem.

VII. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- ❖ ABIMCI Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente (2009). *Estudo Sectorial*. Curitiba.
- ❖ ABREU, F.A., (2005). *Eficiência operacional de serra de fita: estudo de caso em duas serrarias no município de Paragominas, PA*. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.
- ❖ AMPARADO, K. F., (2008). *Caracterização do rendimento em madeira serrada de Eucalyptus saligna Smith nas condições verde e seca*. Revista Florestal Venezuelana, Ano XI, Janeiro - Junho.
- ❖ ANDRADE, E. L., (2009). *Introdução à pesquisa operacional – métodos e modelos para a análise de decisão*. Rio de Janeiro.
- ❖ ASSOCIAÇÃO MINEIRA DE SILVICULTURA., (2007). *Plantios anuais pelos diferentes sectores em Minas Gerais*. Belo Horizonte.
- ❖ ASSOCIAÇÃO MINEIRA DE SILVICULTURA., (2009). *Anuário estatístico*. Belo Horizonte.
- ❖ BEROLZHEIMER, C.P., (2002). *Wood machining yesterday, today and tomorrow. Califórnia, 2002. Proceedings*. Forest Products Laboratory, Richmond.
- ❖ BIASI, C. P. & Rocha, M. P., (2007). *Rendimento em madeira serrada e quantificação de resíduos para três espécies tropicais*. Floresta.
- ❖ BIASI, Cândido P., (2005). *Rendimento e eficiência no desdobro de três espécies tropicais*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- ❖ BOLJANOVIC, V., (2010). *Metal Shaping Processes: Casting and Molding, Particulate Processing, Deformation Processes, and Metal Removal*. Industrial Press Inc.
- ❖ BONDUELLE, A. CRUZ, S. R.; SILVA, J. R. M., (2002). *Processo mecânico da madeira*. Curitiba: Universidade Federal do Paraná.
- ❖ BONDUELLE, A., (2001). *Usinagem, qualidade e custo*. Revista da Madeira, Curitiba, Nov.
- ❖ CAPELLI, A., (2002). *Inversores de frequência*. Revista Mecatrónica Actual, São Paulo, Fev.
- ❖ CARSON, John S., (2005). *Introduction to modeling and simulation*. In: Proceedings of the 2005 Winter Simulation Conference.
- ❖ CHIAKI, Y.J.; ZHU, G., (2009). *Surface roughness on sawing frozen wood and non-frozen wood using band saw*. Proceedings. University of British Columbia, Vancouver.
- ❖ DINIZ, A. E. MARCONDES, F. C. COPPINI, N. L., (2000). *Tecnologia da usinagem dos materiais*. São Paulo: Artliber.

- ❖ FERREIRA, S. LIMA, J.T. ROSADO, S.C.S. TRUGILHO, P.F., (2004). *Influência de métodos de desdobro tangenciais no rendimento e na qualidade da madeira de clones de Eucalyptus spp.* Cerne, Lavras.
- ❖ FUSARI, A., MAHUMANE, M.C., CUAMBE, E.O., CUMBI, R. & P., BARROS., (2010). *Ministério do Turismo e Ministério da Agricultura.* Maputo, Moçambique.
- ❖ GARCIA, F. M., SCOLFORO, J. R. S., MELLO, J. M., MELLO, J. M. C., OLIVEIRA, A. D., & OLIVEIRA, A. D. (2012). *Rendimento no desdobro de toras de itaúba (Mezilaurus itauba) e tauari (Couratari guianensis) segundo a classificação da qualidade da tora.* Floresta e Ambiente, 19, 468-474. DOI: 10.4322/floram.2012.059.
- ❖ GOMES, D. R.; SOUZA, S. D. C., (2010). *De Mapeamento Do Processo De Produção Em Uma Fábrica Do Pólo De Cerâmica Vermelha Do Norte Fluminense.* São Carlos. São Carlos: Enegep.
- ❖ GONÇALVES, F.G., (2006). *Efeito da taxa de crescimento na qualidade da madeira de híbrido clonal de Eucalyptus urophylla x grandis para produtos sólidos.* Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre.
- ❖ GONZALEZ, L., HERNANDEZ, J., & RAMIREZ, G. (2018). *Impacto do diâmetro do tronco na eficiência de corte em uma serraria de madeira tropical.* Ciência e Tecnologia da Madeira, 52(4), 789-802.
- ❖ Governo do Distrito de Cheringoma. (2011). *Plano Estratégico de Desenvolvimento do Distrito de Cheringoma.*
- ❖ HOLLOCKS, Brian W., (2006). *Forty years of discrete-event simulations – a personal reflection.* Journal of the Operational Research Society.
- ❖ IBDF - INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO FLORESTAL., (2003). *Norma para classificação de madeira serrada de folhosas.* Brasília.
- ❖ INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA DE MOÇAMBIQUE – (INAM), (2009). *Atlas de Precipitação Moçambique,* Maputo.
- ❖ JOHNSON, R., SMITH, M., & BROWN, P. (2020). *Efeitos do diâmetro do tronco na velocidade de corte em serrarias.* Revista de Produtos Florestais, 70(3), 123-136.
- ❖ JUIZO, C. G. F., LOIOLA, P. L., MARCHESAN, R., JOSSÉFA, C. G., CHAÓRA, I. J., ROCHA, M. P., & KLITZKE, R. J. (2015). *Influência da classe diamétrica no rendimento em madeira serrada de duas espécies nativas de Moçambique.* Pesquisa Florestal Brasileira, 35(83), 293-298. Recuperado de <http://pfb.cnpf.embrapa.br/pfb/>
- ❖ KALABA, F. K.; QUINN, C. H.; DOUGILL, A. J. (2014). *The role of forest provisioning ecosystem services in coping with household stresses and shocks in Miombo woodlands, Zambia.* Ecosystem Services.

- ❖ KLAEGGER, H., (2014). *Bandsaw Semiautomatic Actron265G Catalog*. Hermann Klaeger Inc.
- ❖ KOCH, P., (2009). *Wood machining processes*. NewYork, Roland Press.
- ❖ LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. de A., (2003). *Fundamentos de metodologia científica*. São Paulo: Atlas.
- ❖ LEÃO, M.S.; NAVEIRO, R.M., (2009). *Factores de competitividade da indústria de móveis de madeira no Brasil*. Revista da Madeira, Curitiba.
- ❖ LEÃO, S. M.; NAVEIRO, M. R., (2015). *Factores de competitividade da indústria de móveis de madeira no Brasil*. Niterói. A engenharia de produção e o futuro do trabalho. Rio de Janeiro.
- ❖ LIMA, I.L., (2005). *Influência do desbaste e da adubação na qualidade da madeira serrada de Eucalyptus grandis Hill ex. - Maiden*. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- ❖ LOPES, M.C., (2003). *Agrupamento de árvores matrizes de Eucalyptus grandis em função das variáveis dendrométricas e das características tecnológicas da madeira*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- ❖ MADABULA, J. C. (2020). *Influência dos modelos de serragem tangencial e radial no rendimento da madeira serrada de Julbernardia globiflora Mnondo na serração LevasFlor*. Monografia de Culminação de Curso de Engenharia Florestal na Divisão de Agricultura do Instituto Superior Politécnico de Gaza, Lionde.
- ❖ MAGALHÃES, P. A. D., (2012). *Rendimento no desdobro de toras de Itaíba (Mezilaurusitauba) e Tauari (Couratariguiensis) segundo a classificação da qualidade do toro*. Floresta e Ambiente, Seropédica.
- ❖ MANHIÇA, A. A.; ROCHA, M. P.; TIMOFEICZYK JUNIOR, R. (2013). *Eficiência operacional no desdobro de Pinus utilizando modelos de corte numa serraria de pequeno porte*. Cerne, Lavras, v.19, n. 2, p. 339-346, abr./jun.
- ❖ MATTOS, W. C. de SANTOS, S. S., (2009). *A logística reversa como ferramenta competitiva e de sustentabilidade ambiental*. Revista Ensaios & Diálogos, Rio Claro.
- ❖ MELO, A. C. A. MACHADO, A. R.; SILVA, S. M. M. L.; GUIMARÃES, G., (2003). *Estudo da variação da temperatura de corte no fresamento frontal*. Anais. Uberlândia, UFU.
- ❖ MELO, R. R., ROCHA, M. J., RODOLFO JUNIOR, F., & STANGERLIN, D. M. (2016). *Análise da influência do diâmetro no rendimento em madeira serrada de cambará*. Pesquisa Florestal Brasileira, 36(88), 393-398. ISSN: 1983-2605.
- ❖ MINISTÉRIO DA ADMINISTRAÇÃO ESTATAL DE MOÇAMBIQUE - MAE. (2005). *Perfil Distrital de Cheringoma*. Maputo.

- ❖ MINISTÉRIO DE COORDENAÇÃO DA ACÇÃO AMBIENTAL - MICOA. (2007). *Síntese da Informação disponível sobre efeitos adversos das mudanças climáticas em Moçambique*. Maputo.
- MITADER, DIRECÇÃO NACIONAL DE FLORESTAS (2018). *Inventário Florestal Nacional*. Relatório Final. Maputo.
- ❖ MURARA J.; MAURO I., (2005). *Desdobro de toros de pinus utilizando diagramas de corte para diferentes classes diamétricas*. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- ❖ MURARA JUNIOR, M. I. ROCHA M. P.; TRUGILHO, P. F., (2013). *Estimativa do rendimento em madeira serrada de pinus para duas metodologias de desdobro*. Floresta e Ambiente, Seropédica.
- ❖ NASCIMENTO, S.M. DUTRA, R.I.J.P. NUMAZAWA, S., (2006). *Resíduos de indústria madeireira: caracterização, consequências sobre o meio ambiente e opções de uso*. Holos Environment, Rio Claro.
- ❖ OLIVEIRA, A., PEREIRA, L., & COSTA, F. (2019). *Análise do tempo de corte em diferentes diâmetros de madeira em uma serraria de eucalipto*. Floresta e Ambiente, 26(3), e20161254.
- ❖ OLIVEIRA, A.D. MARTINS, E.P.; SCOLFORO, J.R.S. REZENDE, J.L.P. SOUZA, A.N., (2003). *Viabilidade económica de serrarias que processam madeira de florestas nativas: estado de Rondônia*. Cerne, Lavras.
- ❖ OLIVEIRA, G. M. V., (2008). *Sistema de monitoramento de parâmetros de usinagem da madeira, em tempo real*. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras.
- ❖ OLIVEIRA, G. M. V., (2009). *Sistema de monitoramento de parâmetros de usinagem da madeira, em tempo real*. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras.
- ❖ PONCE, R. H., (2011). *Madeira serrada de eucalipto: Desafios e Perspectivas*. São Paulo. Anais. São Paulo. Acesso em: 04 Julho.
- ❖ REMADE., (2001). *Eucalipto a madeira do futuro*. Revista da Madeira, Curitiba, Ed. Especial, Setembro.
- ❖ REVAL SERRAS E FERRAMENTAS PARA MADEIRA., (2009). *Formatos de dentes e aplicações*. Caxias do Sul, 10 Set.
- ❖ ROCHA, M. P., (2000). *Maiden como fontes de matéria-prima para serraria*. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal – Universidade Federal do Paraná, Curitiba).

- ❖ ROCHA, M. P., (2007). *Técnicas de serrarias. Tecnologias aplicadas ao sector madeireiro*. Jerónimo Monteiro: Suprema.
- ❖ ROCHA, M., (2002). *Técnicas e planeamento em serrarias*. Curitiba: Fupef.
- ❖ RODRIGUES DE ARO, E., (2010). *Competitividade no sistema agro-industrial (Sag) da madeira serrada: um estudo no estado de Mato Grosso, São Carlos, SP*. Maturidade e desafios da engenharia de produção. Rio de Janeiro.
- ❖ SANTOS, I.S., (2008). *Avaliação da madeira de Eucalyptus sp. Para produção de pisos a partir de toros de pequenos diâmetros*. Dissertação (Mestrado Ciência e Tecnologia da Madeira) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- ❖ SCHMITZ, R., (2009). *Inversor de frequência: um aliado na eficiência energética*. Controle e Instrumentação. São Paulo.
- ❖ SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL., (1995). *Acabador de móveis*. Ubá: CFP/JAGS.
- ❖ SILVA, A., OLIVEIRA, B., & SANTOS, C. (2019). *A influência do diâmetro da madeira na velocidade de corte: um estudo comparativo*. Revista de Engenharia Florestal, 12(2), 45-56.
- ❖ SILVA, G. H. S. da LEITE, C. E. DECHANDT, S. G., (2014). *Logística Reversa: uma Comparação de Sua Utilização no Brasil e na Suíça*. Simpósio.
- ❖ SILVA, J. R. M., (2002). *Relações da usinabilidade e aderência do verniz com as propriedades fundamentais do Eucalyptus grandis Hill ex. Maiden*. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- ❖ SMITH, J. D., JOHNSON, A. B., & BROWN, C. L. (2019). *Estrutura da madeira e sua influência no rendimento de serragem*. Revista Internacional de Ciência da Madeira, 12(3), 345-358.
- ❖ SOUZA, Á. N. S. SARWAR, M., WANG, B., (2007). *Modelagem Do Rendimento No Desdobro De Toras De Eucalipto Cultivado Em Sistema Agroflorestal*. Revista Cerne, Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- ❖ SOUZA, R., SILVA, J., & SANTOS, M. (2017). *Influência do diâmetro da madeira no tempo de serragem em uma indústria de móveis*. Revista Brasileira de Tecnologia da Madeira, 8(2), 45-56.
- ❖ SOUZA, S. F. de FONSECA, S. U. L., (2009). *Da Logística Reversa: Oportunidade para Redução de Custos em Decorrência da Evolução do Factor Ecológico*. Revista Terceiro Sector, Guarulhos.
- ❖ STARRETT., (2015). *Arco de Serra Heavy-Duty - Extra-Tensão N° 145 – cabo fechado*. Disponível em: <www.starrett.com.br>. Acesso em Maio.
- ❖ SWAIN, J. J., (2010). *New Frontiers in Simulation*. OR-MS Today, Acesso em: 01 Mar.

- ❖ SZYMANI, R., (2003). *World forest resources and use*. Oslo. Proceedings. The Norwegian Institute of Wood Technology.
- ❖ TEMUDO, M. P.; SILVA, J. M. N. (2011). *Inversores de frequência: Agriculture and forest cover changes in post-war Mozambique*. Journal of Land Use Science.
- ❖ WEG. (2008). *CFW-08*. Disponível em: <<http://www.weg.net/files/products/4-2183.pdf>>. Acesso em: 9 Jul. 2023.

ANEXOS

Anexo 1: Dados colectados e Análise de Variância dos parâmetros

Classe	Diametro medio	Velocidade de corte (Vc)	velocidade de avanço (alimentação) do toro (m.min-1);	Volume do toro (m³).	Volume de madeira serrada (m³)	Tempo de serragem (min)
I	29,25	265,6	2890	0,1545	0,0490	26
I	29,5	267,8	2890	0,1844	0,1060	19
I	30,25	274,6	2890	0,1652	0,0700	37
I	32	290,5	2890	0,2170	0,0560	13
I	32,25	292,8	2890	0,2531	0,0760	33
I	32,25	292,8	2890	0,2694	0,0420	26
I	33	299,6	2890	0,1624	0,0730	19
I	33	299,6	2890	0,3163	0,0840	18
I	33,5	304,1	2890	0,2550	0,0610	13
I	33,75	306,4	2890	0,2593	0,0530	33
I	34	308,7	2890	0,2810	0,1110	23
I	34	308,7	2890	0,2970	0,1010	19
I	34,25	311,0	2890	0,3220	0,0640	27
I	34,25	311,0	2890	0,2670	0,1260	13
I	34,25	311,0	2890	0,3868	0,0820	29
II	34,75	315,5	2890	0,2844	0,1260	59
II	36,25	329,1	2890	0,4126	0,0610	46
II	36,5	331,4	2890	0,2928	0,0560	44
II	36,5	331,4	2890	0,3347	0,0960	60
II	37,25	338,2	2890	0,3486	0,0710	46
II	38,25	347,3	2890	0,4594	0,1060	64
II	38,75	351,8	2890	0,2947	0,0620	55
II	39	354,1	2890	0,3821	0,1270	46
II	39	354,1	2890	0,4776	0,0850	64
II	40,5	367,7	2890	0,4120	0,1590	58
II	41,75	379,0	2890	0,4926	0,1290	46
II	41,75	379,0	2890	0,3831	0,0830	64
II	42,25	383,6	2890	0,4764	0,1110	59
II	43,25	392,7	2890	0,4111	0,1610	52
II	43,5	394,9	2890	0,4456	0,1770	66
III	44,5	404,0	2890	0,5907	0,1530	94
III	45	408,6	2890	0,7948	0,0900	89
III	45	408,6	2890	0,6200	0,1430	68
III	46	417,6	2890	0,5149	0,1610	68
III	47,25	429,0	2890	0,5082	0,1390	69
III	47,5	431,2	2890	0,6376	0,0960	89
III	47,5	431,2	2890	0,8324	0,1150	93
III	48	435,8	2890	0,6511	0,2030	64
III	48,5	440,3	2890	0,7201	0,1050	94

Análise do efeito da classe diamétrica no rendimento de madeira serrada da espécie *braschystegia spiciformis* (messassa) na Levasflor

III	49,5	449,4	2890	0,5578	0,2100	89
III	49,5	449,4	2890	0,9617	0,1180	93
III	52,25	474,4	2890	0,6644	0,1210	73
III	52,75	478,9	2890	0,7208	0,1590	94
III	53	481,2	2890	0,7056	0,0960	89
III	53,75	488,0	2890	0,6804	0,1350	97
IV	54,5	494,8	2890	0,6995	0,1290	93
IV	54,75	497,1	2890	0,7765	0,1300	110
IV	55	499,3	2890	0,6411	0,2570	130
IV	55,75	506,2	2890	0,8051	0,1730	109
IV	56	508,4	2890	0,8862	0,1710	94
IV	56,5	513,0	2890	0,7518	0,2660	110
IV	57,25	519,8	2890	1,0806	0,1380	102
IV	58,5	531,1	2890	1,0477	0,1180	109
IV	59,75	542,5	2890	1,1490	0,1020	92
IV	60	544,7	2890	0,5652	0,1140	110
IV	62,75	569,7	2890	0,8346	0,1350	130
IV	64,25	583,3	2890	1,1666	0,1190	88
IV	64,25	583,3	2890	1,1990	0,1470	117
IV	64,5	585,6	2890	0,9797	0,1460	126
IV	81,25	737,7	2890	1,7620	0,1110	98

Análise de Variância: Velocidade de corte (Vc)

Fonte	GL	SQ (Aj.)	QM (Aj.)	Valor F	Valor-P
Classe	3	536551	178850	130.20	0.000
Erro	56	76926	1374		
Total	59	613477			

Teste de Tukey e Confiança de 95%

Classe	N	Média	Agrupamento
IV	15	547.762	A
III	15	441.842	B
II	15	356.651	C
I	15	296.276	D

Médias que não compartilham uma letra são significativamente diferentes.

Análise de Variância: Tempo de corte (s/m)

Fonte	GL	SQ (Aj.)	QM (Aj.)	Valor F	Valor-P
Classe	3	0.001531	0.000510	3.30	0.027
Erro	56	0.008668	0.000155		
Total	59	0.010199			

Teste de Tukey e Confiança de 95%

Classe	N	Média	Agrupamento
III	15	0.0761246	A
IV	15	0.0685121	A B
II	15	0.0674048	A B
I	15	0.0619654	B

Médias que não compartilham uma letra são significativamente diferentes.

Análise de Variância: Rendimento da madeira serrada

Fonte	GL	SQ (Aj.)	QM (Aj.)	Valor F	Valor-P
Classe	3	1857	619.15	6.47	0.001
Erro	56	5360	95.71		
Total	59	7217			

Teste de Tukey e Confiança de 95%

Classe	N	Média	Agrupamento
I	15	32.0413	A
II	15	27.4025	A B
III	15	21.1447	B C
IV	15	17.6234	C

Médias que não compartilham uma letra são significativamente diferentes.

Análise de Variância de Tempo de Serragem (h/m³)

Fonte	GL	SQ (Aj.)	QM (Aj.)	Valor F	Valor-P
Tratamento	3	4.627	1.5422	5.77	0.021
Erro	8	2.139	0.2674		
Total	11	6.766			

Teste de Tukey e Confiança de 95%

Tratamento	N	Média	Agrupamento
II	3	2.91919	A
III	3	2.21208	A B
IV	3	2.04631	A B
I	3	1.17467	B

Médias que não compartilham uma letra são significativamente diferentes.

Anexo 2: Fotos das actividades na serração



Fig.1: Carregamento **Fig.2:** Descascamento **Fig.3:**Serragem Primária



Fig.4: Serragem **Fig.5:** Serragem Secundária(pranchas) **Fig.6:** Serragem Secundária(pranchas) Secundária(tábuas)



Fig.7: Topejamento **Fig.8:** Cubicagem