



INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA
DIVISÃO DE AGRICULTURA
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL

Trabalho de Culminação de Curso

**Eficiência técnica e optimização de serragem na conversão de toros de
Umbila (*Pterocarpus angolensis*) em madeira serrada.**

Autor: Luísa Pedro Pinho

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

Lionde, Abril de 2022



INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA

Monografia científica com o tema **Eficiência técnica e optimização de serragem na conversão de toros de Umbila (*Pterocarpus angolensis*) em madeira serrada**, a ser apresentado ao curso de Licenciatura em Engenharia Florestal na Divisão de Agricultura do Instituto Superior Politécnico de Gaza, como requisito para obtenção do grau de Licenciatura em Engenharia Florestal.

Projecto defendido e aprovado no dia 02 Março de 2022

Supervisor: ^{Júri} Pedro Venâncio Wate
(Eng.º Pedro Venâncio Wate, MSc)

Avaliador 1: Edson Massingue
(Eng.º Edson Chilaquene Massingue)

Avaliador 2: Aginaldo Ubisse
(Eng.º Aginaldo Ubisse (MSc))

Índice

ÍNDICE DE TABELAS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	v
ÍNDICE DE ANEXOS	vi
LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS	vii
Declaração.....	Erro! Marcador não definido.
DEDICATÓRIA.....	ix
AGRADECIMENTOS.....	x
RESUMO	xii
ABSTRACT.....	xiii
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Problema e justificação do estudo	2
1.2. Objectivos.....	3
1.2.1. Geral	3
1.2.2. Específicos	3
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1. Descrição da Espécie Umbila (<i>Pterocarpus angolensis</i>):	4
2.2. Serração.....	5
2.2.1. Classificação de serrações	6
2.2.2. Serras utilizadas em serrações	6
2.2.3. Serragem.....	8
2.2.3.1. Serraçagem secundária da madeira	9
2.2.4. Sistemas de serragem da madeira quanto aos anéis de crescimento raios lenhosos: corte tangencial e corte radial.....	10
2.2.5. Sistema de serragem em relação ao eixo longitudinal do toro: paralelo ao eixo longitudinal e paralelo à casca.....	10
2.2.6. Sistema de serragem segundo à sequência ou continuidade de cortes	11
2.2.7. Manutenção das ferramentas e equipamentos de serragem da madeira	12
2.2.8. Eficiência técnica na conversão de toros em madeira serrada.....	13
2.2.9. Optimização da serragem	14
2.3. Parametros da geometria dos dentes	16
2.3.1. Ângulo do dente	17
2.3.2. Ângulo de afiação (α).....	17
2.3.3. Ângulo de saída (γ).....	17
2.3.4. Passo do dente	18
3. MATERIAIS E MÉTODOS	19

3.1. Caracterização da área de estudo.....	19
3.1.1. Clima	19
3.1.2. Fauna e Flora.....	20
3.1.3. Actividades económicas	20
3.2. Caracterização da empresa	20
3.2.1. Pátio de toros	20
3.2.2. Máquina principal	21
3.2.3. Materiais.....	23
3.3. Determinação do tamanho da amostra	23
3.4. Métodos.....	24
3.4.1. Colecta e processamento dos dados	24
3.4.1.1. Selecção da amostra e medição dos toros	24
3.4.1.2. Determinação de classes diamétricas	24
3.4.1.3. Classificação da madeira serrada por classe de qualidade	25
3.4.2. Determinação do volume dos toros	25
3.4.3. Serragem.....	26
3.4.4. Determinação do volume de madeira serrada	26
3.4.5. Cálculo dos parâmetros da eficiência de conversão em volume	27
3.4.6. Análise dos dentes da serra	28
3.4.6.1. Espessura de corte	28
3.4.6.2. Velocidade do corte.....	29
3.4.6.3. Velocidade de avanço.....	29
3.4.7. Qualidade da madeira serrada	29
3.4.7.1. Serragem e defeitos	29
3.4.7.1.1. Desbitolamento.....	29
3.4.8. Optimização de serragem	30
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
4.1. Avaliação da eficiência de conversão de toros em madeira serrada	31
4.2. Análise dos dentes da serra	34
4.3. Qualidade da madeira serrada	35
4.4. Optimização de serragem da madeira	37
5. CONCLUSÃO	39
6. RECOMENDAÇÕES	40
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41
9. ANEXOS.....	47

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Materiais usados e sua finalidade	23
Tabela 2: Classe diamétrica.....	25
Tabela 3: Variáveis envolvidas na análise dos dentes da serra.	28
Tabela 4: Indicadores de eficiência técnica de conversão de toros em madeira serrada da espécie <i>Pterocarpus angolensis</i> na empresa "Inchope-madeiras, Lda"	31
Tabela 5: Parâmetros de análise dos dentes da serra fita.....	34
Tabela 6: Variação entre, dentro e total das peças.	35
Tabela 7: Sumário de análise de variância da madeira serrada.	37

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama de corte para toros com 25 cm de diâmetro para três diferentes espessuras do semi-bloco, variando os rendimentos em madeira serrada.....	15
Figura 2: Ilustração simplificada dos tipos de cortes.	15
Figura 3: Diagrama de corte para serração.....	16
Figura 4: Localização geográfica da cidade de Chimoio.	19
Figura 5: Pátio de toros da em empresa Inchope- Madeiras.	21
Figura 6: Layout da serração.	21
Figura 7: Serra fita vertical usada na serração da empresa Inchope- madeiras.....	22
Figura 8: Carro porta toro contendo toro de Umbila.....	22
Figura 9: Tábuas de <i>Pterocarpus angolensis</i> (Umbila).	27
Figura 10: Coeficiente de correlação de Pearson entre a conicidade e o rendimento volumétrico.....	33
Figura 11: Representação gráfica da relação existente entre rendimento volumétrico e classe diamétrica dos toros.	34
Figura 12: Variação em espessura ao longo das tábuas.	37
Figura 13: Gráfico de correlação de Pearson entre velocidade de avanço e espessura da tábua.	38

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Ficha de campo para a colecta de dados referentes ao toro.....	47
Anexo 2: Ficha de campo para a colecta de dados referentes a madeira serrada limpa	48
Anexo 3: Ficha de campo para a colecta de dados referentes a madeira serrada com casca ...	49
Anexo 4: Volume de toros, madeira serrada e desperdício.....	50

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

∅	Diâmetro
%	Porcentagem
cm	Centímetro
d1	Diâmetro da base
d2	Diâmetro do topo
DNAL	Direção Nacional de Administração Local
EN	Estrada nacional
ha	Hectare
Kg/m ³	Quilograma por metro cúbico
m	Metro
m/s	Metro por segundo
m ³	Metro cúbico
min	Minuto
mm	Milímetro
Nº	Número
Seg	Segundo
t	Espessura de corte por dente
V	Volume

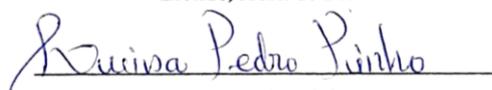


INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA

Declaração

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, Abril de 2022



(Luísa Pedro Pinho)

DEDICATÓRIA

Aos meus pais

Josefa Tomo Francisco e Pedro Pinho

Ao meu pai por ter-me dado a vida, que Deus o tenha

*A minha mãe que em meio as adversidades se sacrificou para que não faltasse nada nunca
a mim e por ter-me mostrado como a mulher é forte*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus, que me deu a honra de viver nesse mundo e que forneceu-me forças necessárias para ultrapassar as dificuldades do mundo.

Agradeço a minha Mãe que sempre deu prioridade aos meus estudos e me incentivou a continuar com os mesmos, por me mostrar que tudo é possível desde que nunca desistamos.

Quero agradecer a mim, por nunca ter-me dado por vencida e por ter-me superado como pessoa.

Agradeço ao meu tutor Engenheiro Pedro Venâncio Wate (MSc) pelo suporte incondicional, pelo esforço e dedicação para que o trabalho fosse feito de maneira impecável e por ultrapassar a função de supervisor.

Agradeço em especial a Divisão de Agricultura e em Especial a todos os docentes do curso de Engenharia Florestal nomeadamente: Doutor Mário Sebastião Tuzine (PhD), Doutor Luís Comissario Mandlate Júnior (PhD), ao Engenheiro Emídio José Matusse (MSc), Engenheiro Severino José Macoo, Engenheiro Edson Chilaquene Massingue, Engenheiro Agnaldo Ubisse (MSc), a Engenheira Juvência Yolanda Malate (MSc), dr. Sergio Alfredo Bila e ao doutor Arao Finiasse Malate (MSc).

Agradeço ainda o Instituto Superior Politécnico de Gaza pela oportunidade de me formar como Engenheira Florestal.

Agradeço a toda comunidade académica menos o registo académico que não teve compressão nenhuma quanto ao problema que enfrentei no final do curso.

Agradeço ao senhor Naftal Chaúque da empresa EAST-Africa pela crucial ajuda para que a colecta dos dados fosse possível e o mais rápido possível.

Agradeço ao pessoal da empresa Inchope- madeiras que se mostraram disponíveis em me receber e permitiram que eu colhesse os dados.

Agradeço as minhas irmãs Suzana Pedro Pinho e Felicidade Pedro Pinho pelo suporte e companhia durante todos esses anos de formação.

Agradeço a minha tia Nádía Tomo Francisco pelo amor e companheirismo.

Agradeço aos meus primos, Odré Maneca e Honoré Maneca por sempre estarem presentes.

Agradeço a minha melhor amiga Maria Isabel Sebastião Camilo por sempre ter estado comigo nessa batalha.

Agradeço ao meu namorado Afonso Hélder pelo suporte técnico e emocional, que dedicou o seu tempo para que este trabalho se concretizasse, muito obrigada.

Agradeço aos meus colegas da engenharia florestal 2017, que me incentivavam sempre a dar o melhor de mim, Lélia Da Cruz Alexandre, Jordina Miguel Bazima, José Jorge José, Dinercia Ramiro, Mirna Da Victória, Zélia Da Graça e outros que participaram activamente para que este momento chegasse.

Serei eternamente grata

RESUMO

Dentre as indústrias de base florestal, as serrações possuem particular importância económica e social, por causa da geração de empregos e renda. Além disso, todos os produtos de maior valor agregado de madeira sólida devem passar pelos processos de serragem, que são realizados em serrações de pequeno, médio ou grande porte e estas serrações apresentam baixo rendimento nas operações de serragem. O objectivo do presente trabalho foi analisar a eficiência técnica e optimização de serragem na conversão de toros de Umbila (*Pterocarpus angolensis*) em madeira serrada, na Província de Manica. Para a avaliação da eficiência técnica da serragem calculou-se o rendimento volumétrico em cada classe diamétrica, para tal calculou-se o volume dos toros mensurando o comprimento dos toros, diâmetro da base e do topo, após a serragem calculou-se o volume da madeira serrada efectuando-se medições do comprimento, largura e espessura das peças serradas. Para a análise dos dentes determinou-se três parâmetros envolvidos corte que foram a espessura de corte por dente, a velocidade de avanço e a velocidade de corte. A qualidade da madeira serrada obteve-se através de medições da espessura ao longo da peça buscando ver a variação dentro, entre e total das peças. Para a avaliação da optimização de serragem fez-se a análise de variância a 95% de significância entre a velocidade de avanço e a variação dimensional em espessura das peças serradas. O ganho percentual em rendimento da madeira serrada para os toros de *Pterocarpus angolensis* foi de 45.0238% em que a classe diamétrica dos toros influenciou significativamente no rendimento enquanto a tortuosidade e a nodosidade não foram factores de grande relevância no declínio do rendimento volumétrico. Obteve-se uma velocidade de avanço média de 9.2312 m/min, velocidade de corte de 39.4271 m/s e 0.14 mm de espessura de corte por dente. No que diz respeito a qualidade das peças geradas, analisou-se a variação de serragem em espessura ao longo da tábua após a serragem encontrando-se a variabilidade dentro, entre e total das peças de: 0.351 mm, 39.619 mm e 39.620 mm, a variabilidade dentro da peça foi menor em comparação com a variabilidade entre e total das peças. Existe uma interacção significativa entre a velocidade de avanço e a espessura das peças serradas, notando-se que o aumento da velocidade de avanço causou desvios de corte nas peças serradas e maiores desvios de corte foram observados em tábuas com velocidade de avanço maiores.

Palavras-chave: *Pterocarpus angolensis*, Eficiência técnica, Optimização de serragem e Qualidade da madeira.

ABSTRACT

Among the forest-based industries, sawmills have particular economic and social importance, because of the generation of jobs and income. In addition, all products with higher added value of solid wood must pass through sawdust processes, which are carried out in small, medium or large sawmills and these sawmills have low yield in sawdust operations. The objective of this work was to analyze the technical efficiency and optimization of sawdust in the conversion of Umbila logs (*Pterocarpus angolensis*) into sawn wood in Manica province. For the evaluation of the technical efficiency of sawdust, the volumetric yield was calculated in each diameter class, for this we calculated the volume of the logs measuring the length of the logs, diameter of the base and top, after sawdust, the volume of sawn wood was calculated, taking measurements of the length, width and thickness of the sawn parts. For the analysis of the teeth, three parameters involved in cutting were the cutting thickness per tooth, the feed speed and the cutting speed. The quality of the lumber was obtained through measurements of the thickness along the piece seeking to see the variation within, between and total of the parts. For the evaluation of sawdust optimization, variance was analysis at 95% significance between the speed of advancement and the dimensional variation in thickness of sawn parts. The percentage gain in lumber yield for *Pterocarpus angolensis* logs was 45.0238% in which the diametric class of logs significantly influenced yield while tortuosity and nodosity were not major factors in the decline of volumetric yield. An average feed rate of 9.2312 m/min, cutting speed of 39.4271 m/s and 0.14 mm cutting thickness per tooth were obtained. Regarding the quality of the parts generated, the variation of sawdust in thickness along the sawdust was analyzed, with the variability within, between and total parts of: 0.351 mm, 39.619 mm and 39.620 mm, the variability within the piece was lower compared to the variability between and total parts. There is a significant interaction between the feed speed and the thickness of the sawn parts, noting that the increase in feed speed caused cutting deviations in the sawing parts and greater cutting deviations were observed on boards with higher feed speed.

Keywords: *Pterocarpus angolensis*, Technical efficiency, Sawdust optimization and Wood quality.

1. INTRODUÇÃO

Moçambique tem 34 milhões de hectares (ha) de floresta natural, cobrindo 43% da sua área (Grupo banco mundial, 2018). Destes, aproximadamente 27 milhões de hectares são classificadas como florestas produtivas (World bank group, s.d.). O ecossistema florestal predominante é o miombo, que cobre cerca de dois terços da área florestal total. (Grupo banco mundial, 2018).

Os produtos oriundos das florestas produtivas servem para vários fins e dentre as indústrias de base florestal, as serrações possuem particular importância económica e social, por causa da geração de empregos e renda. Além disso, todos os produtos de maior valor agregado de madeira sólida devem passar pelos processos de serragem, que são realizados em serrações de pequeno, médio ou grande porte (Silva, 2010). As serrações de Moçambique são em sua totalidade de pequeno e médio porte, em virtude dos baixos níveis tecnológicos disponíveis no país. Nestas indústrias, os rendimentos em madeira serrada dependem principalmente dos métodos de serragem, qualidade e dimensões dos toros, tipo de produto, além do tipo de maquinário e ferramentas de corte (Juízo *et al.*, 2015).

É de vital importância a consideração da eficiência no processo de transformação da matéria-prima em produtos pelo sector madeireiro, pois é fundamental para redução de custos de produção e, conseqüente aumento de rendimento (Biasi *et al.*, 2007). Os toros se convertem em produtos úteis de madeira, mediante aplicação de um ou mais processos mecânicos que as transformam em peças menores, dando-lhes forma, tamanho e superfície requeridas para cada um de seus usos (Gatto *et al.*, 2004). No panorama geral da indústria de madeira processada mecanicamente estão incluídos os produtos de madeira serrada como vigas, tábuas, pranchas, pontaletes, sarrafos, ripas e caibros (Araújo *et al.*, 2014).

Portanto, 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. Além de ganhos de rendimento e económicos, ganhos com relação a gestão, planeamento e controle de estoque devem ser levados em consideração, pois a optimização dos diagramas de corte garante a utilização eficiente dos recursos disponíveis atendendo de maneira eficaz as demandas comerciais (Matias, 2017).

1.1. Problema e justificação do estudo

Na indústria madeireira o ponto-chave do sucesso está no início do processo. O primeiro corte de toros é onde o ganho de produtividade se estabelece, gerando impactos em toda a cadeia produtiva. Madeira bem serrada tem pouca sobremedida, seca bem, não empena e não precisa ser aplainada em excesso para se obter um produto final de qualidade (Gehring, 2016)

Segundo Araújo *et al.* (2014), a exploração pela indústria madeireira apresenta baixo rendimento nas operações de serragem, possivelmente devido a factores inerentes às espécies como o diâmetro, comprimento, conicidade, bem como o baixo nível tecnológico dos equipamentos e o método de serragem, que resulta em grandes quantidades de resíduos gerados durante o processo. A variação de serragem influi significativamente no rendimento e qualidade da madeira. Serrações com grande variação apresenta rendimentos menores, porque variações elevadas requerem maiores sobremedidas das peças serradas. A variação crítica no rendimento é a espessura (Gatto *et al.*, 2004). Estes factores levam a consequente diminuição da eficiência técnica de uma serração.

Um sistema de serragem convencional consiste em serrar toros sem classificação e sem uma definição exacta de um modelo de corte para cada classe diamétrica. Tal condição, na maioria das vezes, induz a um baixo aproveitamento do toro (Rocha, 2002), (Murara, 2005). Segundo Kondo (2011), os sistemas de corte, principalmente os diagramas de corte, afectam a eficiência da serração, o rendimento e a qualidade da madeira serrada.

Na serração, a possibilidade de quantificação do rendimento da matéria-prima, com rapidez e confiabilidade, possibilita decisões sobre o desempenho industrial e o seu uso correto, permite a redução de gastos e evita perdas no processo produtivo. Com isso, a estimativa do rendimento de madeira serrada gera informações importantes para a composição de modelos e a formação de sistemas para conhecer produção futura de uma floresta em termos de volume de produto final (Piovesan *et al.*, 2013). A optimização ou melhoria contínua nos processos de transformação mecânica da madeira é uma necessidade nas indústrias e deve começar pelo sector de serragem primária (Matias, 2017).

Assim sendo, segundo Eleotério (1996), as operações de serragem de matéria-prima devem ser cuidadosamente planeadas, principalmente quando se utilizam processos convencionais e de baixo nível tecnológico, em que a experiência e especialização da mão-de-obra representam parcela significativa nos resultados do rendimento em madeira serrada e lucro.

1.2.Objectivos

1.2.1. Geral

- Avaliar a eficiência técnica e a optimização na conversão de toros de Umbila (*Pterocarpus angolensis*) em madeira serrada.

1.2.2. Específicos

- Estimar o rendimento volumétrico na conversão de toros em madeira serrada;
- Determinar os parâmetros da análise dos dentes da serra;
- Analisar a qualidade da madeira serrada;
- Avaliar a optimização de serragem da madeira.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Descrição da Espécie Umbila (*Pterocarpus angolensis*):

Nomenclatura da espécie: Umbila (*Pterocarpus angolensis*); Família: Fabaceae; Género: *Pterocarpus* e Espécie: *Pterocarpus angolensis*.

Pterocarpus angolensis (Umbila) é uma árvore com porte que varia de médio a grande e com altura acima de 16 m chegando a 20 m em zonas com condições ideais. A espécie ocorre em florestas e savana arborizadas de África do Sul, Suazilândia, Angola, Moçambique ocorre em florestas abertas do litoral como nos planaltos, desde o rio Limpopo para o norte, principalmente em solos argiloarenosos, avermelhados (Gomes e Sousa, 1967).

➤ Características morfológicas

A casca dos galhos jovens da espécie *Pterocarpus angolensis* é lisa, cinza e coberta com pelos, e nos ramos e caules mais velhos é cinza escuro e áspero para fissurado e possuem folhas com 5-9 pares de suboppositos para folíolos alternados; folhetos elipticlanceolates a obovate, 2,5-7 x 2-4,5 cm, superfície superior sem pelos, parte inferior peluda quando jovem, perdendo-os na maturidade; vértice afinando para uma ponta estreita, com ponta de cerdas; base arredondada; margem inteira, ondulada, firmemente enrolado sob pecíolos, e pecíolo aveludado; estípulas estreitas, até 8 mm longo, aveludado, caindo cedo (Orwa *et al.*, 2009).

As flores são produzidas em grupos perfumadas, de Agosto para Setembro, são de 1 cm de diâmetro, amarelo, castanho verde-oliva com pedicelos peludos e cálices (André, 2015). Possuindo sementes assimétricas, com 10-12 mm de comprimento, 7-8 mm de largura e 4-5 mm de espessura; apontado para a extremidade micropilar. Pelagem vermelha / castanha, fina mas dura. Os cotilédones são grandes e não há endosperma. As sementes são frequentemente armazenadas e manuseadas sem extracção total, apenas removendo as asas e as cerdas (Joker, 2000)

➤ Ecologia

Embora nenhuma parte dominante, é ocasional a frequência em uma vasta gama de habitats e altitudes. Em florestas de miombo é característico em afloramentos rochosos, escarpas e solos de areia clara, mas pode ser encontrado na maioria dos tipos de solos. Infelizmente, grandes espécimes estão se tornando escassos em algumas áreas porque é procurado por sua madeira (André, 2015).

➤ **Produtos**

Madeira: Segundo o n.º 1 do artigo 11 do Decreto N.º 12/ 2002 de 6 de Junho da Lei de Florestas e Fauna Bravia (2002) *P. angolensis* é classificado como uma espécie produtora de Madeira da primeira classe, possuindo o DAP mínimo de corte de 40 cm.

O cerne é utilizado para móveis de alta qualidade. É fácil de trabalhar, durável e resistente a brocas e cupins (Joker, 2000). Em função da sua procedência, a madeira pode apresentar cerne castanho variando de castanho-claro levemente rosado a castanho-escuro. Desenho longitudinal muito acentuado dado pelo veio e traços vasculares dispersos. Grã ondulado ou reversa e textura pouco uniforme grosseira. Madeira muito durável, resistente ao ataque de insectos, fungos e xilófagos marinhos. É fácil de secar, serrar e aplainar, aceita bem pregos e parafusos, apresenta bom acabamento e recebe bem o polimento de cera e verniz. Madeira excelente para marcenaria e carpintaria. Também é própria para o fabrico de folheados decorativos, construção civil e naval (Bunster, 2006).

Remédio: A casca tem vários usos; aquecido em água e misturado com figos é massagado no peito para estimular lactação; uma infusão fria da casca por si só é um remédio para erupção cutânea. Uma decocção da casca também é feita por via oral para pilhas, e uma infusão fria feita a partir da casca é tomada para aliviar distúrbios estomacais, dores de cabeça, sangue na urina, dor de ouvido e úlceras na boca. Casca ou raiz, cozida com carne fresca, é usada como um acelerador preliminar no tratamento da gonorreia. A seiva é conhecida por curar feridas, incluindo feridas de micose e facadas, e para tratar várias outras doenças (Orwa *et al.*, 2009).

2.2. Serração

Serração é onde os toros são processados mecanicamente, transformando a peça originalmente cilíndrica em peças quadrangulares ou rectangulares, de menor dimensão. A sua produção está directamente relacionada com o número e as características dos equipamentos utilizados e o rendimento baseado no aproveitamento do toro (volume serrado em relação ao volume do toro), sendo este função do diâmetro do toro (maiores diâmetros resultam em maiores rendimentos). As diversas operações pelas quais o toro passa é determinado pelos produtos que serão fabricados. Na maioria das serrações, as principais operações realizadas incluem a serragem, o esquadrejamento, o destopo das peças e o pré-tratamento (Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2003)

2.2.1. Classificação de serrações

Existem diferentes classificações de serrações, que variam de acordo com conceitos e autores. Rocha (2002) e Salvador (2013), afirmam que alguns dos aspectos utilizados para a classificação dessas indústrias são: i) a matéria-prima utilizada; ii) o tamanho da serração; iii) os equipamentos utilizados; iv) a produtividade e; v) a mobilidade. Todavia, o aspecto mais relevante para a classificação de uma serração é a produção. As serrações são classificadas em pequenas (processamento de até 50 m³ de toros/dia), médias (processamento de 50 a 100 m³ de toros/dia) e grande porte (processamento maior que 100 m³ de toros/dia).

As serrações ainda podem ser classificadas como serrações fixas ou móveis. As serrações fixas são aquelas instaladas em um local fixo e a matéria-prima é deslocada até a mesma. As serrações móveis são unidades compactas que podem ser transportadas até o local onde se encontra a matéria-prima (Lira, 2017).

2.2.2. Serras utilizadas em serrações

As serras utilizadas em serrações podem ser classificadas como serras principais ou serras secundárias ou auxiliares (Garcia, 2012). O serramento pode ser retilíneo (serra de fita) ou circular (serras circulares) (Ferraresi, 1982).

2.2.2.1. Serra fita

Pesquisas indicam que todos os tipos de serras fitas são constituídos de lâminas e dentes, os dentes são formados por entalhes e saliências, que são responsáveis pelos sucessivos ataques nos feixes fibrosos da madeira, arrancando certa quantidade durante a passagem, sob a forma de pequenas partículas conhecidas como cavacos (Bôas *et al.*, 2016). Em uma máquina de serra fita, a lâmina é disposta sobre dois volantes, que possuem a distância entre centros ajustável. Este ajuste varia conforme modelo e fabricante, mas deve ser o suficiente para adaptar a máquina para um intervalo de variação do comprimento da lâmina. Para cada modelo de máquina, existe um comprimento máximo e mínimo da lâmina, ligado às possibilidades deste deslocamento, geralmente entre 15 a 20% do vão livre da máquina. Na prática apenas o volante movido (superior para as serras verticais) possui este ajuste (Santini, 2000)

Nas pequenas serrações, a serra fita simples é a mais utilizada na serragem principal. A serra fita simples consiste de uma serra e um carro porta toros, realizando apenas um corte a cada avanço do carro, e realizando o recuo morto (não realiza corte no retorno do carro porta toros). As serras fitas simples podem ser adaptadas para realização de diversos cortes, com variação do ângulo de corte. A serra fita de corte duplo realiza um corte no avanço do carro e

outro no recuo, dispondo de dentes nas duas bordas. Esta serra tem a vantagem de não realizar o recuo morto do carro porta toros. Porém, tem como desvantagem a afiação da serra, a qual é difícil de ser realizada por não ser encontrado com facilidade dispositivos adaptados para este tipo de serra (Rocha, 2002) e (Garcia, 2012). A melhor maneira de saber o momento de substituição da lâmina de serra fita é através de avaliação frequente das peças de madeira serradas; quando o desbitolamento é superior ao limite para aquela espécie, deve-se trocar a lâmina. Outro método prático é perceber a formação diferenciada de cavacos ou do acabamento na lateral da peça (Biasi *et al.*, 2007).

As serras fitas bicorte utilizam lâminas dentadas em ambos os lados, e trabalham nos sentidos de avanço e retorno da madeira. Estas serras transformam o tempo de retorno da máquina ou da madeira em tempo de corte (Santini, 2000)

Existem máquinas verticais quádruplas, destinadas à operação de serragem, possibilitando mais de um corte em um único avanço da madeira. Trata-se de um conjunto composto por dois pares de serras de fita vertical dupla (Gehring, 2016).

➤ **Serra fita vertical**

As máquinas de serra fita vertical correspondem à maior parte das serras fita encontradas no mundo, usadas desde as primeiras operações de corte do toro (serragem), até operações de recorte. Neste tipo de serra fita, os volantes estão dispostos um sobre o outro, na direcção vertical. A lâmina é posicionada de modo que seus dentes cortem a madeira de cima para baixo. Quanto ao tipo de lâmina, há modelos de serras verticais que usam lâminas estreitas e largas (Vidaurre, 2008).

➤ **Serra fita horizontal**

Nas máquinas de serra fita horizontal, os volantes estão na mesma altura em relação ao piso, e a lâmina corta no plano horizontal. Os elementos principais construtivos dessas máquinas são os mesmos das máquinas de serras fita verticais (Vidaurre, 2008).

2.2.2.2. Serras circulares

Apresentando uma grande variedade de diâmetros, as serras circulares são de grande importância dentro de uma serração. Além disso, possuem uma variedade de espessura de disco, número de dentes e formato dos dentes. Pode-se considerar que quanto maior o diâmetro do disco da serra, maior sua espessura. As serras circulares podem ser classificadas quanto ao seu tipo com dentes fixos e dentes postiços. As serras de dentes fixos são confeccionadas com aço carbono pelo processo de estampagem, que defini o formato do

dente. Já as serras de dentes postiços possuem vários modelos que são fabricados para aplicações especiais, sendo as mais usuais as serras de dentes soldados (Garcia, 2012).

As serras circulares actuam com grande eficiência na canteagem e destopo das peças, onde a espessura dos discos pode ser menor provocando uma menor geração de resíduos. A serra circular simples consiste em apenas um disco de serra na mesa, sendo esta bastante utilizada na operação de refilo. A serra circular dupla ou geminada consiste em dois discos da mesa, onde uma das serras pode ser móvel, permitindo a mudança de bitola, sendo utilizada, também, na operação de canteagem. A serra circular múltipla possui mais de dois discos permitindo vários cortes simultâneos (Rocha, 2002) e (Garcia, 2012).

2.2.2.3. Serra colonial

A serra colonial, conforme Rocha (2002) e Garcia (2012) é composta por um quadro de madeira onde se encontram as lâminas fixadas, e um carro que conduz a madeira em direcção as lâminas para a serragem. As serras coloniais geralmente serram a madeira apenas em pranchões, por isso são comuns em serrações mais antigas. As serras de quadro tem a vantagem de produzirem cortes com maior exactidão que as circulares e fita, e com o custo de mão-de-obra mais baixo.

2.2.2.4. Serra alternativa

A serra alternativa horizontal diferencia-se das demais pelo fato de o movimento do quadro ser no sentido horizontal. Esta serra possui uma única lâmina e o toro é preso no carrinho que se movimenta horizontalmente em direcção a esta lâmina. A serra alternativa horizontal pode ser encontrada actualmente em serrações artesanais e centenárias, onde foi utilizada na serragem de toros com diâmetro de 1,5 m (Garcia, 2012).

2.2.3. Serragem

É um processo mecânico de usinagem destinado ao seccionamento ou recorte com o auxílio de ferramentas multicortantes de pequena espessura (Ferraresi, 1982). As serras principais têm a função de reduzir as dimensões dos toros em peças de mais fácil trabalhabilidade que serão enviadas a equipamentos de menor porte para as operações secundárias (canteagem e destopo) (Rocha, 2002).

A operação de serragem é dependente da experiência do operador da máquina principal na visualização de todas as alternativas no toro de acordo com as suas características (diâmetro e defeitos) para a tomada de decisão visando à retirada de peças de madeira para atender ao

objectivo da empresa. Essa atitude, na maioria das vezes, resulta em níveis relativamente baixos na eficiência operacional de produção de madeira serrada (Manhiça, 2013).

Nas operações de serragem de toros, na forma de madeira serrada, são utilizadas determinadas técnicas. Aplicadas, de acordo com as características relacionadas à matéria-prima, a maquinaria e as formas de serragem e podem ser classificadas em: técnicas convencionais ou técnicas modernas (Garcia, 2012). Chama-se serragem convencional a metodologia que utiliza, na maioria das vezes, o sistema de corte tangencial em sanduíche, o qual consiste em ‘fatiar’ o toro, tentando obter o maior número de peças. Um sistema de serragem moderno constitui-se em utilizar um sistema de corte previamente estudado, objectivando a máxima utilização do toro (Leite, 1994).

O processo de transformação de um toro de madeira de seção circular em peças de seções rectangulares e quadradas é chamado sistema de serragem. Existem vários sistemas de serragem que podem ser adaptados às mais diversas necessidades, variedades de espécies e formas dos toros (Murara, 2003). Segundo Vianna Neto (1984), do ponto de vista geométrico e anatómico, as possibilidades que envolvem praticamente todas as variantes de desempenho de corte de um toro podem ser agrupadas em três classes: 1) em função dos anéis de crescimento (cortes tangenciais ou radiais); 2) em relação ao eixo longitudinal do toro (corte paralelo ao eixo ou paralelo à casca), e 3) em função da sequência dos cortes (sucessivos, simultâneos e alternados).

2.2.3.1. Serragem secundária da madeira

São realizadas logo após a serragem principal e visam a redução das dimensões das peças ou o dimensionamento final das mesmas, seja no comprimento, na largura ou espessura. As serras circulares são geralmente utilizadas como serras secundárias, mas as serras fitas de pequeno porte também podem ser usadas para essas operações. Dentre as operações secundárias temos as operações de resserragem, refilo ou canteagem e destopo (Kondo, 2011).

A resserragem é uma operação secundária, que consiste na redução da espessura das peças obtidas na serragem principal. As serras utilizadas nesse processamento são: serras circulares simples ou múltiplas (de um ou dois eixos); serras fitas; e serras alternativas virtuais. O refilo ou canteagem corresponde a operações realizadas, principalmente, por serras circulares com o objectivo de regular as bordas laterais ou determinar a largura final das peças (pranchas, pranchões e tábuas. O destopo secundário é realizado exclusivamente por serras circulares, tendo por objectivo regularizar o comprimento final, eliminando defeitos das extremidades das peças, tais como: superfície irregular, nós e rachaduras (Rocha, 2002 e Silva, 2010)

2.2.4. Sistemas de serragem da madeira quanto aos anéis de crescimento raios lenhosos: corte tangencial e corte radial

2.2.4.1. Corte tangencial

Nesta técnica os cortes são feitos ao mesmo tempo e não há uma orientação em relação aos anéis de crescimento. Proporcionando uma mistura de tábuas radiais e tangenciais. Os toros são serrados em uma mesma direção em um conjunto de serras paralelas ou, mais comumente, utilizando-se uma repetição de passagens. A pensar da facilidade e da precisão, quando realizado com serras paralelas, este método pode ocasionar sérias perdas e grande parte da madeira não pode ser aproveitada. O método não oferece resistência às deformações naturais da madeira serrada durante a operação, possibilitando a manifestação imediata dos efeitos de tensões de crescimento, que são as maiores causadoras do rachamento dos toros e das pranchas, ocasionando perdas de rendimento e da qualidade da madeira (Juizo *et al.*, 2018).

2.2.4.2. Corte radial

Juizo *et al.* (2010), afirma que os cortes radiais objectivam a obtenção de tábuas com faces paralelas aos raios. Uma peça de madeira é considerada completamente radial quando os anéis de crescimento possuem um ângulo superior a 80° em relação à face da tábua. A técnica de cortes radiais apresenta vantagens e desvantagens. Permite aproveitar as qualidades estéticas de madeiras que possuem raios lenhosos largos ou grã espiralado- melhor aparência da madeira (qualidade da superfície), por meio da disposição dos raios e do grã (posição das fibras em relação ao eixo longitudinal do toro); peças com superfícies radiais sofrem maior contracção em espessura e menor na largura; em espécies propensas ao colapso, este é mais frequente e mais marcante em peças radiais- as tábuas radiais susceptíveis ao colapso, durante a secagem, são mais facilmente reconhecidas; a técnica de serragem radial é muito pouco utilizada por ter um custo operacional maior e apresentar uma produção e rendimento em madeira serrada menor, comparando-se com outros métodos, devido à excessiva movimentação do toro.

2.2.5. Sistema de serragem em relação ao eixo longitudinal do toro: paralelo ao eixo longitudinal e paralelo à casca

2.2.5.1. Corte paralelo ao eixo longitudinal do toro:

Todo toro apresenta uma certa conicidade. Quando se serra um toro paralelamente ao seu eixo, esta diferença entre os diâmetros (ponta grossa e ponta fina), origina costaneiras em

forma de cunha. No final do corte, a peça central apresenta faces paralelas contendo a medula e a madeira adjacente à mesma (Fagundes, 2003).

2.2.5.2. Corte paralelo a casca:

Para o mesmo autor esta forma de serrar é utilizado quando a madeira de melhor qualidade encontra-se logo abaixo da casca. Por esta razão são realizados os cortes paralelos à casca. Tem-se como resultado que após alguns cortes a peça adquire um formato de tronco piramidal, constituída de madeira de segunda qualidade. Ao se realizar cortes paralelos à casca, o serrador deve estar atento às outras faces do toro. Isto evita que cortes numa face prejudiquem outras faces, que poderão conter madeira igual ou de melhor qualidade. Aplica-se, ainda, este tipo de corte também para toros atacados por fungos e insectos e quando é importante a retirada do alburno do toro.

2.2.6. Sistema de serragem segundo à sequência ou continuidade de cortes

2.2.6.1. Cortes sucessivos:

Os cortes sucessivos são realizados de maneira contínua, paralela entre si e sempre no mesmo sentido (Murara, 2003).

2.2.6.2. Cortes simultâneos:

Os cortes simultâneos são normalmente realizados por máquinas contendo duas ou mais serras, que serram o toro simultaneamente, retirando-se duas costaneiras e transformando-as em cavacos, caso seja empregado um picador perfilador ou serras fita duplas, geminadas, quádruplas e alternativas (Murara, 2003).

2.2.6.3. Cortes alternados:

São cortes realizados em relação ao eixo longitudinal do toro. Depois de um ou mais cortes sucessivos ou simultâneos em uma metade do toro, esta é girada e segue-se um número igual de cortes na metade oposta. Pode substituir o sistema de cortes simultâneos, com o objectivo de diminuir a manifestação de tensões de crescimento (Fagundes, 2003). Os cortes alternados são normalmente executados com serra fita simples ou serra circular (Murara, 2003).

Em técnicas convencionais, o equipamento utilizado para a redução do toro sempre foi a serra fita, em função de sua versatilidade quanto à possibilidade de serrar pequenos e grandes diâmetros num mesmo equipamento sem desperdício de energia. Além disso, a serra fita tem a vantagem de proporcionar pequenas espessuras de corte, gerando menor quantidade de serradura. Como em técnicas convencionais, muitas vezes o toro é serrado em tábuas ou

pranchões, onde são realizados cortes internos, uma menor geração de serragem implica no aumento do rendimento em madeira serrada (Lira, 2017).

2.2.7. Manutenção das ferramentas e equipamentos de serragem da madeira

Denomina-se vida de uma ferramenta o tempo que a mesma trabalha efectivamente (deduzindo os tempos passivos), até perder a sua capacidade de corte, dentro de um critério previamente estabelecido (Ferraresi, 1982). A manutenção pode ser definida como a combinação das técnicas e as associadas acções administrativas que têm em vista a conservação ou restauração de um componente ou sistema num estado em que este consegue desempenhar a função exigida (Frazão, 2017)

Os fenómenos físicos que propiciam um maior ou menor grau de desgaste também são divididos por sub-classes, como: a temperatura do dente em trabalho e a abrasividade da espécie. O desgaste resultante do atrito entre madeira e ferramenta tem por origem fenómenos mecânicos e físico-químicos (Gehring, 2016). A manutenção aplicada nos activos de uma empresa é de vital importância para que todo o processo ocorra nas melhores condições possíveis, garantindo, segurança, qualidade e produtividade. E para que a manutenção aconteça de forma correta, são utilizados planos e controles de manutenção, que irão auxiliar o sector e seus trabalhadores (Silveira, 2019).

A má qualidade dos equipamentos pode afectar o produto final. Um fluido de lubrificação de má qualidade, diminui o tempo de vida útil das serras e serras desreguladas realizam cortes fora de alinhamento. Este entre outros problemas derivados do cuidado dos equipamentos, criam contratempos e maiores custos na fabricação. Vemos assim a necessidade de procedimentos de manutenção, para garantir a disponibilidade e confiabilidade do equipamento, e por fim, uma melhor qualidade do processo (Silveira, 2019). A manutenção pode ser:

2.2.7.1. Manutenção preventiva

A manutenção preventiva é feita para minimizar e evitar defeitos nos equipamentos, seguindo planos elaborados, como o nome já diz, é feita para prevenir e evitar defeitos inesperados. Essa é manutenção feita para evitar que as falhas venham a ocorrer, com manutenções em intervalos de tempos definidos por manuais dos equipamentos ou estudo do mesmo. Existem outros dois tipos básicos para manutenções: Manutenção Correctiva e Preditiva, cada uma delas possuem o momento certo de aplicação e uma forma certa de ser aplicada (Silveira, 2019).

2.2.7.2. Manutenção preditiva

É a manutenção que é feita um acompanhamento de seu funcionamento de desempenho dos equipamentos, planejando um momento correto para a parada do mesmo, com bastante aproveitamento do equipamento (Otani e Machado, 2008). A manutenção preditiva é a manutenção que oferece melhores resultados, mas necessita de equipamentos de inspeção para poder aplicar a mesma.

As vantagens do uso da manutenção preditiva são as previsões dos defeitos com maior antecedência, assim trazendo uma redução dos custos de manutenção, e melhorando o funcionamento dos equipamentos (Silveira, 2019).

2.2.7.3. Manutenção Correctiva

É a manutenção feita após o equipamento estragar. Segundo Slack *et al.* (2002), "significa deixar os equipamentos trabalharem até os mesmos pararem sua operação. O trabalho de manutenção é realizado somente após a quebra de o equipamento ter ocorrido.

2.2.8. Eficiência técnica na conversão de toros em madeira serrada

De acordo com Bogdanov *et al.*, e Brown e Bethel e Egas (1998), uma serragem eficiente e racional é aquela em que, entre outros aspectos, os cortes são efectuados de tal maneira que se obtenha, a partir do toro, maior volume do material útil e valioso e que os produtos obtidos satisfaçam as especificações de qualidade, dimensão, moldura e condições de superfície. Por tanto, o sucesso das operações de uma serragem mede-se através da eficiência de conversão da madeira serrada.

A análise da eficiência de conversão de toros é feita com base nos indicadores de conversão em volume e indicadores de conversão em valor. Dentro dos indicadores de eficiência em volume cabem parâmetros que relacionam o volume do produto final ou dos desperdícios com o volume da matéria-prima utilizada para o seu processamento. É notório neste grupo encontrar os seguintes indicadores: o rendimento volumétrico total, desperdícios de serradura e outros desperdícios (Afonso, 2004).

2.2.8.1. Rendimento volumétrico

De acordo com Biasi *et al.* (2007), o rendimento volumétrico é a relação entre o volume produzido de madeira serrada e o volume utilizado de madeira em forma de toro expresso em percentagem. Entretanto pode ocorrer uma série de factores que interferem no volume obtido de madeira serrada, influenciando assim no rendimento volumétrico.

Segundo Egas (2000), o rendimento volumétrico total é um indicador que caracteriza o nível de aproveitamento da madeira do toro sem considerar as dimensões nem a qualidade da madeira serrada obtida.

Em geral, o rendimento obtido para coníferas está entre 55 a 65%, devido à forma mais retilínea do tronco, enquanto o rendimento para folhosas está entre 45 a 55%. Com a determinação do rendimento é possível informar o quanto de madeira em toros é necessário serrar para se atingir um volume de produção preestabelecido. E pode-se inferir, com base nesses resultados, a necessidade de melhorias na qualidade da matéria-prima, na engenharia de processo, alocação das máquinas, tipos de máquinas, treinamento de funcionários, melhoria das condições de trabalho (bem-estar, remuneração, etc.) (Lira, 2017).

2.2.9. Otimização da serragem

Conforme Kondo (2011), as serrações em sua maioria realizam a serragem primária da madeira, ou seja, a conversão de toros em tábuas e outros produtos sem beneficiamento. Durante este processamento, parte da madeira é transformada em resíduos, pó de serra e cavaco, afectando assim o rendimento deste tipo de processamento. Vários autores realizaram estudos sobre rendimento encontrando valores de 34 a 53%. A busca por melhorias nos processos e aplicação de tecnologias mais recentes é então necessária para que a conversão do toro em madeira serrada seja cada vez maior. O uso de programas que realizam otimização de corte do toro é uma das possibilidades que podem auxiliar no aumento do aproveitamento na conversão toro/peça serrada das indústrias de beneficiamento de madeira.

2.2.9.1. Diagramas de Corte

De acordo com (Kondo, 2011), os diagramas de corte consistem em uma sequência de cortes no toro, definida especificamente para uma classe diamétrica e uma lista de produtos pré-definidos (Figura 1). Tem como finalidades obter o máximo rendimento na conversão do toro em peças serradas, a maior produtividade e menor tempo, não deixando de lado a qualidade dos produtos. Os principais factores de influência no estabelecimento dos diagramas de corte são a espécie a ser serrada, os produtos requeridos, os equipamentos e layout nas operações de serragem. Após definir os diagramas de corte, que possibilitam a geração de produtos com bons rendimentos, é necessário se estabelecer as sequências de corte a serem realizados. Os equipamentos disponíveis, suas capacidades e a disposição dos mesmos dentro da serração influenciam e são factores primordiais nessa escolha da sequência de cortes.

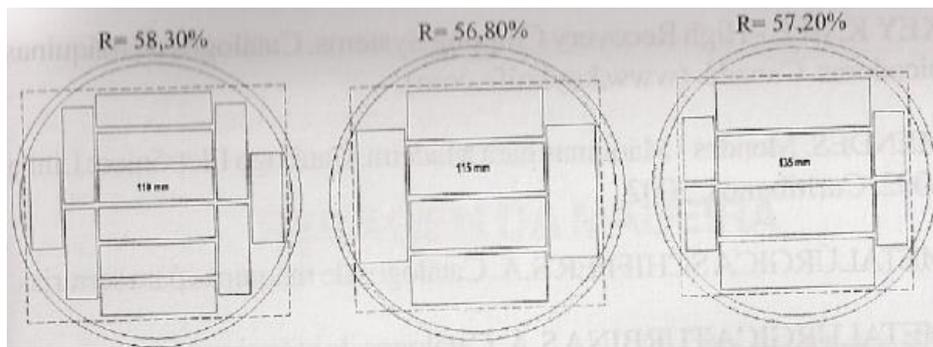


Figura 1: Diagrama de corte para toros com 25 cm de diâmetro para três diferentes espessuras do semi-bloco, variando os rendimentos em madeira serrada

Fonte: (Kondo, 2011)

O problema de corte de peças apresenta duas variações que dependem da tecnologia utilizada. A primeira variação considera que os cortes são efectuados de maneira guilhotina e uma segunda variante é a não guilhotina (Figura 2). No corte guilhotinado as peças são cortadas lado a lado, de maneira ortogonal. A partir de uma peça obtêm-se duas peças. Pode-se ilustrar, de forma simplificada, o corte tipo guilhotina e um corte não guilhotina numa peça rectangular (Matias, 2017).



Figura 2: Ilustração simplificada dos tipos de cortes.

Fonte: (Matias, 2017).

Segundo o mesmo autor, os padrões de corte são a configuração de desenho sobre como cortar peças menores a partir de um desenho maior (Figura 3). Quando se fala em padrões de corte da madeira, surgem diferentes opiniões sobre o assunto. Isso ocorre pelo fato de existir vários termos diferentes que são utilizados para descrever exactamente o mesmo procedimento. Há também, muitas variações nos padrões de corte, os quais dependem do diâmetro do toro e do uso final da madeira. Não existe um padrão de corte único que seja melhor para todos os toros. Em cada situação, um tipo de padrão de corte pode ser utilizado visando maximizar as receitas, reduzir o desperdício de madeira, utilizar eficientemente o estoque de toros disponível e atender a toda a demanda do mercado.

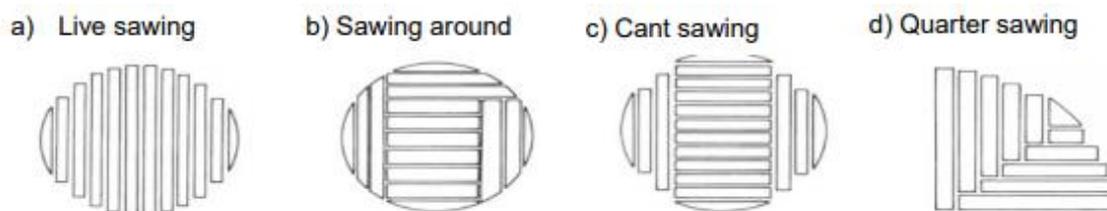


Figura 3: Diagrama de corte para serração.

Fonte: (Matias, 2017)

O diagrama de corte em Sawing around e Quarter sawing são mais apropriados para madeiras de folhosas que possuem grandes diâmetros. O diagrama de corte em Cant sawing proporciona um maior rendimento em volume do que o padrão Live Sawing (Matias, 2017).

Segundo o mesmo autor referencia a figura 3, onde é possível notar, que os diagramas de corte acima ilustrados se diferenciam pelo desenho de corte das peças de madeira. No diagrama “Live Sawing”, a serragem é feita no sentido vertical de lado a lado, e é um diagrama que proporciona alto rendimento. Mas no “Cant Sawing”, a serragem se faz nos lados esquerdo e direito do objecto, e serragem de peças horizontais, que passa pela zona central dos toros. Este diagrama também proporciona alto rendimento. O diagrama “Sawing Around” é um tipo de serragem especializada. Na fase 1, são realizados serragens paralelas, para depois girar o toro e serrar as peças de madeira rectangulares. O principal factor limitante desse tipo de diagrama é o seu baixo rendimento operacional, devido à maior complexidade no processo de serragem.

O factor de maior importância visando melhorias qualitativas na madeira serrada reside na afiação das lâminas, que compreende os seguintes aspectos: modelagem dos dentes da lâmina de serra fita, quando se define a geometria dos dentes que serão utilizados; recalque e/ou estelitação dos dentes da lâmina de serra fita; igualização e/ou rectificação lateral dos dentes da lâmina de serra fita e afiação propriamente dita (Carmo *et al.*, 2014).

2.3. Parametros da geometria dos dentes

A qualidade e rendimento de uma serração dependem, entre outros factores, da eficiência da serra empregada na serragem dos toros. Redução na espessura da lâmina da serra e, principalmente, aumento na precisão de corte, são metas importantes a serem consideradas quando se pretende aumentar a produção por metro cúbico de toros serrados, além de melhorar a qualidade da madeira serrada. É necessário, ainda, seleccionar o perfil do dente da serra mais adequado para a madeira a ser processada (Vidaurre *et al.*, 2008).

Densidade, humidade e orientação das fibras são as principais características das madeiras que afectam as forças de corte. Essas forças variam ainda em função da geometria da ferramenta de corte e das condições de usinagem (Néri *et al.*, 2000) e (Vidaurre *et al.*, 2008). De modo geral, a geometria ideal é aquela que proporciona melhor qualidade e produtividade na madeira serrada. Segundo Pipino (2001) e (Vidaurre *et al.*, 2008), a geometria adequada dos dentes de serra reduz os esforços de corte, permitindo aumento da velocidade de avanço do carro porta-toros, proporcionando ganho de produtividade e redução no consumo de energia. Actualmente, técnicas modernas de afiação permitem variar, com alguma facilidade, ângulos, altura e passo dos dentes. Permitem ainda a afiação automática de lâminas com passo variado que, segundo Sandvik (1999), Armstrong (2005) e Vidaurre *et al.*, (2008), reduzem a vibração harmónica e as consequentes ondulações na madeira.

As serras fita necessitam para seu bom funcionamento de adequadas tensões internas e tensões de tracção. O tensionamento interno da lâmina de serra consiste em alongar, segundo o comprimento, a parte central da lâmina, de modo que o dorso desta e a sua borda dentada fiquem ligeiramente mais curtas que a parte mediana. Já a tensão de tracção das lâminas da serra fita é obtida por meio de afastamento dos dois volantes que a suportam, e deve ser de aproximadamente 7 kg/mm^2 (Gatto *et al.*, 2004).

2.3.1. Ângulo do dente

Representa o ângulo da aresta cortante, formado pelo material que constitui o dente da serra, por este motivo, determina a resistência mecânica do dente. Se este ângulo for muito pequeno, o dente será frágil, e pode facilmente ser quebrado com aplicação de carga. Com um excessivo ângulo de cunha, a velocidade de avanço é restringida (Gehring, 2016).

2.3.2. Ângulo de afiação (α)

O ângulo de afiação deve ser suficiente para que as costas do dente não entrem em contacto com a madeira após o corte, evitando atrito e geração de calor. Grandes ângulos de afiação diminuem a força de avanço da madeira (menos contacto da madeira com partes não cortantes da lâmina), contudo aumentam a tendência de deterioração do dente, por estarem vinculados a pequenos ângulos de dente. Inversamente, pequenos ângulos de afiação permitem grandes ângulos de dente e dentes mais robustos, mas podem perder estabilidade no corte devido a um possível contacto das costas do dente com a madeira (Gehring, 2016).

2.3.3. Ângulo de saída (γ)

O ângulo de saída (do cavaco) ou ângulo de ataque permite a penetração da aresta cortante na madeira. Para a serragem longitudinal interessa-se a escolha de um dente reforçado que

permita grande resistência em sua ponta, assim como confira rigidez na lâmina da serra fita. Altas velocidades de avanço requerem maiores ângulos de saída que velocidades de avanço menores (Dalois, 1990) e (Gehring, 2016). Dentes com pequenos ângulos são em lâminas destinadas a serragem de madeiras dura a velocidade de avanço lentas (Santini, 2000).

2.3.4. Passo do dente

A distância da ponta de um dente ao outro adjacente é conhecida como o passo da serra. Esse parâmetro determina o número de dentes que estará actuando em uma peça de madeira de uma determinada altura (Santini, 2000).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Caracterização da área de estudo

O estudo foi desenvolvido em uma serração da empresa Inchope Madeiras, que se localiza na zona industrial do município de Chimoio, capital da província de Manica, na região central de Moçambique (Juízo *et al.*, 2015)

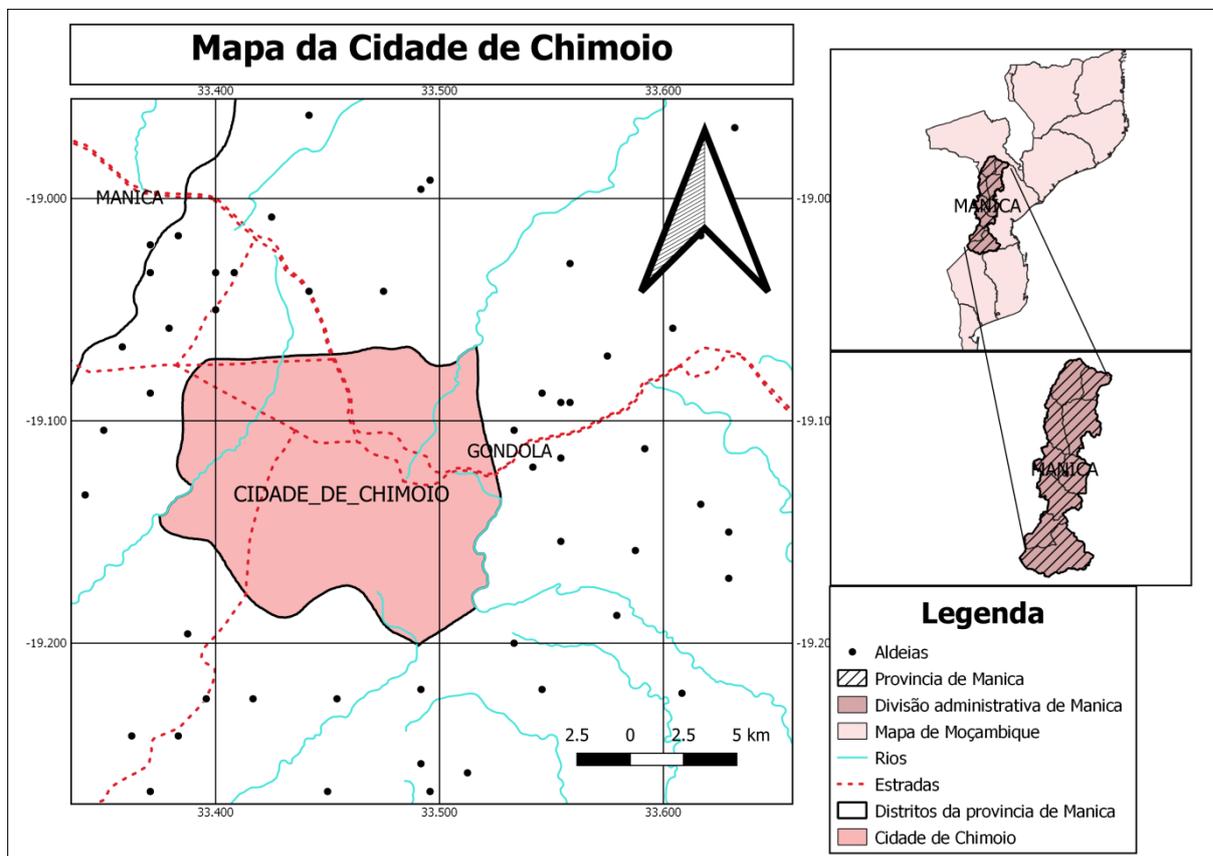


Figura 4: Localização geográfica da cidade de Chimoio.

Fonte: A autora (2021).

3.1.1. Clima

A precipitação média anual na zona planáltica é relativamente alta na ordem dos 1000-1500 e a evapotranspiração relativamente mais baixa. Em geral a estação das chuvas tem o seu início em Novembro e termina em Março, Abril e Outubro são os meses de transição, com quedas pluviométricas mais baixas (40 e 50 mm respectivamente), para uma estação seca onde as precipitações de Maio e Setembro não excedem em média os 20 mm de chuva (Ministério da administração estatal, 2005).

3.1.2. Fauna e Flora

As características do habitat no Distrito fazem com que abundem várias espécies faunísticas. A fauna predominante é constituída por elefantes, búfalos, crocodilos, hienas, leopardos, leões, chacais, diversos antílopes, hipopótamos, pangolins, para além de variadas espécies de répteis. A floresta predominante é do tipo Miombo onde se destacam a Umbila, Panga-Panga, Pau preto, Muonha, Chanfuta, dentre outras (DNAL, 2014).

3.1.3. Actividades económicas

A estrutura etária da população reflecte uma relação de dependência económica aproximada de 1:1, isto é, por cada 10 crianças ou anciões existem 10 pessoas em idade activa. Este distrito possui potencialidades agrárias, cuja exploração domina a actividade económica das famílias. Tem ocorrido algumas disputas sobre a posse de terra, água, lenha e pastagem. De modo geral, a agricultura é praticada manualmente em pequenas explorações familiares em regime de consociação de culturas com base em variedades locais. A falta de capacidade financeira impede a manutenção e reabilitação do parque industrial e do sector comercial, assumidas como importantes para a melhoria de vida da população (Ministério da administração estatal, 2005).

3.2. Caracterização da empresa

A Inchope-madeiras é uma empresa (portuguesa), instituída em Manica-Moçambique, vocacionada na exportação de madeira em prancha, criada em Abril de 1998, fundada por sociedade, pela Sere corte (portuguesa) que detém 75% das acções e 25% das acções pertencem ao senhor Vigário dos Santos Oliveira de nacionalidade Portuguesa.

A serração é de pequeno porte (Juizo *et al.*, 2015). Esta serração possui várias linhas de produção contando com cerca de 10 operários na serração, com a jornada de trabalho de 8 horas diária. A serração é constituída por um pátio de toros (ao ar livre), um local de manutenção das lâminas e o local onde abrigam as máquinas de processamento (serra fita).

3.2.1. Pátio de toros

Na (figura 5) está ilustrado o pátio de toros da empresa Inchope-madeiras, esta que é ao ar livre possuindo um relevo regular, o que facilita o processo de descarregamento da matéria-prima e a circulação das máquinas carregadoras encarregue de levar os toros ao local de serragem. O empilhamento dos toros é feito obedecendo o comprimento dos mesmos discriminando as medidas do diâmetro.



Figura 5: Pátio de toros da em empresa Inchope- Madeiras.

Fonte: A autora (2022).

Abaixo (figura 6) está representado a disposição do layout da serração.

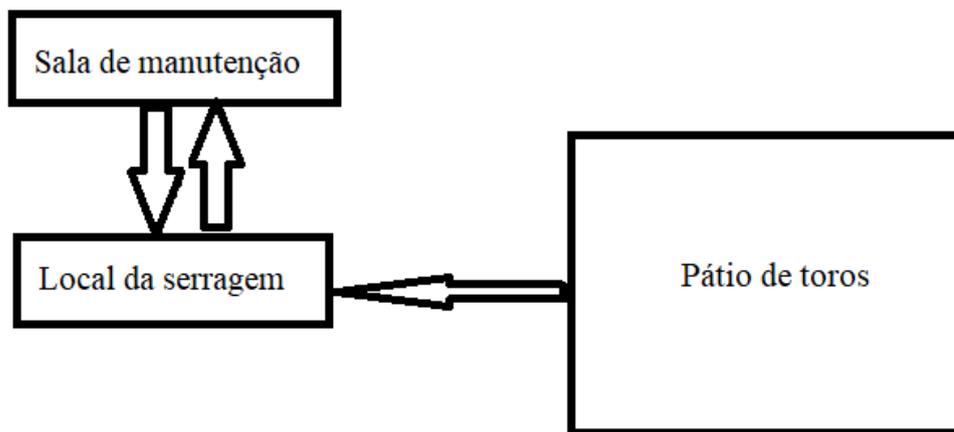


Figura 6: Layout da serração.

Fonte: A autora (2022).

3.2.2. Máquina principal

A serração da empresa Inchope- madeiras usa para o processamento primário uma serra fita vertical do modelo MJ3212, possuindo uma polia motora e uma movida. O diâmetro dos volantes da serra é de 1250 mm e possui uma velocidade de 600 rpm. Como mostra a figura 7 abaixo ilustrada.



Figura 7: Serra fita vertical usada na serração da empresa Inchope- madeiras.

Fonte: A autora (2022).



Figura 8: Carro porta toro contendo toro de Umbila.

Fonte: A autora (2022).

3.2.3. Materiais

Abaixo constam os materiais necessários para a colecta de dados e sua finalidade:

Tabela 1: Materiais usados e sua finalidade

Material	Finalidade
Ficha de campo	Registar os dados;
Câmara	Registar momentos de trabalho;
Afiadeira	Afiar a lâmina da serra;
Esquadro	Verificar o alinhamento dos dentes;
Tensómetro	Medir a tensão da lâmina;
Relógio de trava	Medir a trava -ilibação dos dentes;
Suta	Medir o diâmetro dos toros;
Serra fita	Serragem primária dos toros;
Régua:	Medir a espessura da casca de cada toro caso fosse necessário
Cronómetro	Marcar e medir o tempo de serragem dos toros;
Giz	Marcar as peças serradas;
Fita métrica	Medir o comprimento dos toros e das tabuas;
Serra circular	Serragem secundária dos toros (destapo, refilar e alinhar);
Topejadora	Para topejar ou endireitar os topos da madeira serrada.

3.3. Determinação do tamanho da amostra

Para este efeito usou-se o método de estimativa da proporção populacional, de modo que se chegasse a uma fórmula que se adequasse a realidade do trabalho, equação 1 (Levine, 2000):

$$n = \frac{Z_{\alpha/2}^2 \times p \times q}{E^2} \quad \text{Equação [1]}$$

Onde:

n: Número de indivíduos na amostra;

$Z_{\alpha/2}$: Valor crítico que corresponde ao grau de confiança desejado 90% (1.645);

p: Proporção populacional de indivíduos que pertence a categoria que estamos interessados em estudar;

q: Proporção populacional de indivíduos que não pertence à categoria que estamos interessados em estudar ($q = 1 - p$);

E: Margem de erro ou erro máximo de estimativa. Identifica a diferença máxima entre a proporção amostral e a verdadeira proporção populacional (p).

A Equação acima exige que se substituam os valores populacionais p e q , por valores amostrais \hat{p} e \hat{q} . Mas estes são desconhecidos, então substituiu-se \hat{p} e \hat{q} por 0.5 que é um valor tabelado, obtendo-se a equação 2:

$$n = \frac{Z_{\alpha/2}^2 \times 0.25}{E^2} \quad \text{Equação [2]}$$

A amostra proporcionou um erro de amostragem máximo de 10%.

3.4. Métodos

3.4.1. Colecta e processamento dos dados

Para a colecta dos dados acompanhou-se as actividades referente ao processamento de 60 toros agrupadas em 4 classes diamétricas com a amplitude de 6 (tabela 2), utilizando uma serra fita na qual foram produzidas 382 tábuas. Foi necessário agrupar os toros em classe diamétrica para facilitar o processo de análise de dados. Fez-se o estudo do rendimento volumétrico tendo como base o volume de madeira serrada e o volume dos toros, foram mensuradas seis dentes de serra para a obtenção do passo do dente da serra para posterior análise dos parâmetros de corte, analisou-se a qualidade da madeira serrada, efectuando-se medições da espessura em 4 pontos da mesma peça e avaliou-se a optimização de serragem da madeira olhando para a velocidade de avanço e a variação de serragem ao longo das tábuas.

3.4.1.1. Selecção da amostra e medição dos toros

Para a colecta dos dados foram seleccionadas aleatoriamente 60 toros da espécie *Pterocarpus angolensis*, na qual mensurou-se o diâmetro médio das duas extremidades de cada toro e o comprimento do mesmo.

3.4.1.2. Determinação de classes diamétricas

Para a determinação das classes diamétricas calculou-se a amplitude (equação 3) de modo a determinar o número de classes (equação 4) representativas (tabela 2). Estas fórmulas dadas por (Crespo, 2002).

$$2^n \Rightarrow 60 \quad \text{Equação [3]}$$

Onde:

n: É a amplitude de classe (Valor encontrado através de método de tentativa).

$$nc = \frac{Md - md}{n} \quad \text{Equação [4]}$$

Onde:

nc: Número de classes;

Md: Maior diâmetro;

md: menor diâmetro.

Tabela 2: Classe diamétrica

Nº	Classe	Número de Toro
1	[20; 26[	5
2	[27; 32[	36
3	[33; 38[	14
4	[39; 44[	5
TOTAL		60

3.4.1.3. Classificação da madeira serrada por classe de qualidade

Para a classificação da madeira serrada obedeceu-se os seguintes critérios: a madeira que apresenta-se costaneira, podridão, elevada presença de nos mortos, presença acima de 60% de borne eram descartadas para possível venda a quem se interessasse pelo produto e a madeira em boas condições eram agrupadas num único lote.

Todos os dados colectados foram analisados com o auxílio de planilhas do software Excel 2010. Baseando-se nos seguintes parâmetros: serragem convencional, tempo de serragem de cada tábua usando o método de cronometragem. Análise da sobremedida da madeira serrada produzida para posterior estudo da optimização e qualidade da peça obtida.

3.4.2. Determinação do volume dos toros

Para a determinação do volume dos toros, mensurou-se em cada toro, o comprimento e os diâmetros nas duas extremidades dos toros, sendo realizadas duas medições em cada uma das pontas, com auxílio de uma fita métrica. A cubagem para cada toro fez-se usando o método de Smailan, segundo a equação 5, descrita por (Cunha, 2004):

$$V = \frac{\pi}{4} \times \frac{(d_b^2 + d_t^2)}{2} \times L \quad \text{Equação [5]}$$

Onde:

V: volume do toro (m³);

d_b: diâmetro médio da base (m);

d_t: diâmetro médio do topo (m);

L: comprimento (m)

A conicidade de cada toro foi obtida pela equação 6 (Costa *et al.*, 2018):

$$C = \frac{\frac{d_1+d_2}{2} - \frac{d_3+d_4}{2}}{L} \times 100 \quad \text{Equação [6]}$$

Onde:

C: Conicidade (%);

d₁ e **d₂** : Diâmetros cruzados da extremidade mais grossa do toro (m);

d₃ e **d₄**:Diâmetros cruzados da extremidade mais fina do toro (m).

3.4.3. Serragem

Para a realização do estudo obedeceu-se as técnicas de serragem convencional, esta tem como base uma serragem não programada e que a experiência do operador da serra se torna o factor primordial para se obter bons rendimentos volumétricos, o presente método apresenta também o objectivo de obter o maior número possível de peças serradas, no geral utilizando o sistema de corte longitudinal (Murara, 2003). A serragem dos toros fez-se usando uma serra fita vertical do modelo MJ3212, possuindo uma polia motora e uma movida. O diâmetro dos volantes da serra é de 1250 mm e possui uma velocidade de 600 rpm.

3.4.4. Determinação do volume de madeira serrada

Para o cálculo do volume de madeira serrada, obteve-se para cada peça, a espessura, largura e comprimento (figura 9). As peças foram classificadas em 1 classe de qualidade, pois apenas era preciso peças com a presença do cerne, a parte do borne descartou-se e as tábuas que apresentavam rachas ultrapassando a escala de 50 % e nós mortos eram também descartados e utilizados caso aparecesse alguém que precisasse. Retirou-se em cada extremidade, medidas da largura, com auxílio de uma fita métrica e espessura com auxílio de um paquímetro. Para o cálculo do volume da madeira serrada usou-se a equação 7 (Araújo *et al.*, 2014):

$$VI=E*L*C \quad \text{Equação [7]}$$

Onde:

VI: Volume individual de cada peça em m³;

E: Espessura média da peça (m);

L: Largura da peça (m);

C: Comprimento da peça (m).



Figura 9: Tábuas de *Pterocarpus angolensis* (Umbila).

Fonte: A autora (2022).

Após a determinação do volume individual das peças fez-se o somatório dos volumes de cada peça para determinar o volume total de madeira serrada em cada toro e classe diamétrica, seguindo a equação 8:

$$VS = \sum Vi \quad \text{Equação [8]}$$

Onde:

VS: volume total de madeira serrada em m³;

$\sum Vi$: somatório do volume individual das peças, em m³.

3.4.5. Cálculo dos parâmetros da eficiência de conversão em volume

Para além do cálculo do rendimento volumétrico total, também determinou-se o rendimento volumétrico médio, o rendimento da madeira serrada em cada classe diamétrica e a percentagem de desperdícios. Usou-se as fórmulas 9 e 10 para a determinação dos parâmetros anteriormente mencionados (Costa *et al.*, 2018):

$$RV\% = \frac{\sum Vms}{\sum Vt} \times 100 \quad \text{Equação [9]}$$

Onde:

RV%: Rendimento volumétrico

$\sum Vms$: Volume da madeira serrada

$\sum Vt$: Somatório do volume dos toros

$$RVm\% = \frac{RV\%}{n} \quad \text{Equação [10]}$$

Onde:

RVm%: Rendimento volumétrico médio

n: Número de peças contidas nas classes

Para o cálculo de percentagem de desperdício usou-se as equações 11 abaixo ilustradas:

$$Vd=Vt-Vms; \quad \%Des = \frac{Vd}{Vt} \times 100 \quad \%Desm = \frac{\%Des}{n} \quad \text{Equações [11]}$$

Onde:

Vd: Volume de desperdício

Vt: Volume dos toros

VTms: Volume da madeira serrada

%Des: Percentagem de desperdício

3.4.6. Análise dos dentes da serra

Para a determinação dos parâmetros envolvidos na serra colectou-se as seguintes variáveis (tabela 3):

Tabela 3: Variáveis envolvidas na análise dos dentes da serra.

Ordem	Variável
1	Passo do dente (mm)
2	Diâmetro do volante
3	RPM do volante
4	Comprimento do toro
5	Tempo de processamento de cada toro e inclinação da trava

Os dados acima ilustrados foram utilizados para o cálculo da espessura de corte, a partir da velocidade média de avanço que foi obtida durante as medições junto ao carro porta toro.

3.4.6.1. Espessura de corte

A espessura de corte foi obtida com o auxílio da equação 12 (Carmo *et al.*, 2014):

$$t = \frac{Va \times P}{60 \times Vc} \quad \text{Equação [12]}$$

Onde:

t: Espessura de corte por dente (mm)

Va: Velocidade de avanço (m/min)

P: Passo do dente (mm)

Vc: Velocidade do corte (m/s)

3.4.6.2. Velocidade do corte

A velocidade do corte foi obtida pela equação 13 (Gehring, 2016):

$$V_C = \frac{\pi \times \emptyset \text{ do volante} \times \text{RPM do volante}}{60} (\text{m/s}) \quad \text{Equação [13]}$$

Onde:

∅ do volante: diâmetro do volante da serra fita;

RPM do volante: rotação por minuto do volante da serra fita

3.4.6.3. Velocidade de avanço

A velocidade de avanço (Va) é a interação entre o comprimento do toro e o tempo de deslocamento desse toro em relação à lâmina da serra. A colecta dos dados fez-se com o auxílio de um cronómetro. Usando a fórmula 14 (Carmo *et al.*, 2014):

$$V_a = \frac{\text{comprimento do toro}}{\text{tempo de processamento de cada peça de madeira serrada}} \left(\frac{\text{mm}}{\text{min}} \right) \quad \text{Equação [14]}$$

3.4.7. Qualidade da madeira serrada

Para avaliar a qualidade da madeira serrada, colectou-se informações referentes a variação em espessura das peças geradas no processamento.

3.4.7.1. Serragem e defeitos

Para avaliar a qualidade das peças, considerou-se o desbitolamento que é a variação na espessura ou na largura de uma mesma peça, ocasionada por serragem mal feita (Carmo *et al.*, 2014):

3.4.7.1.1. Desbitolamento

Para determinar a sobremedidas das peças geradas na serragem colectou-se dados da espessura em 4 pontos diferentes ao longo do comprimento da mesma peça totalizando 8 medições, 4 para cada lado da peça.

Para o cálculo de variação de corte dentro e entre peças foram aplicadas as equações 15,16 e 17 (Carmo *et al.*, 2014):

$$S_w = \sqrt{\frac{\sum S^2}{N}}$$

Equação [15]

Onde:

S_w : Variabilidade dentro da peça

S^2 : Média das variâncias de todas as peças

N : Número de amostras (peças)

$$S_b = \sqrt{S_x^2 - \frac{S_w^2}{n}}$$

Equação [16]

Onde:

S_b : Variabilidade entre peças

S_x^2 : = Desvio padrão dos valores médios para cada peça

n : Número de medições por peça

$$ST = \sqrt{(S_w)^2 + (S_b)^2}$$

Equação [17]

Onde:

ST : Variabilidade total

3.4.8. Otimização de serragem

Para a avaliação da otimização de serragem fez-se a análise de variância a 95% de significância e o índice de correlação de Pearson entre a velocidade de avanço e a variação dimensional em espessura das peças serradas, para desta forma saber como o processo de serragem é influenciada pelas velocidades de avanço e quais os efeitos gerados no material final produzido.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Avaliação da eficiência de conversão de toros em madeira serrada

I. Indicadores de eficiência

Na tabela 4 segue os resultados sobre os indicadores de eficiência técnica de conversão em volume, obtidos a partir do esquema de corte usado na serração.

Tabela 4: Indicadores de eficiência técnica de conversão de toros em madeira serrada da espécie *Pterocarpus angolensis* na empresa "Inchope-madeiras, Lda".

Classe	N Toro	Cm (%)	RVm (%)	Des (%)
[20; 26[	5	2.6844	37.3732	62.6268
[27; 32[	36	1.5421	45.7553	54.2447
[33; 38[	14	1.4030	45.2473	54.7527
[39; 44]	5	1.4407	51.7196	48.2804
SOMA	60	.....	.....	.....
MEDIA	.....	1.7675	45.0238	54.9762
VARIANCIA	.....	0.3771	34.6499	34.6499
DESVIO	.....	0.6141	5.8864	5.8864

Legenda: N Toro – número de toro, Cm (%) -conicidade média, RVm (%) – Rendimento volumétrico médio e Des (%) - desperdício em percentagem.

O rendimento volumétrico médio obtido na serragem com serra fita vertical para os toros de *Pterocarpus angolensis* foi de 45.02%, Juizo *et al.*, (2015) serrando toros de *Pterocarpus angolensis* obteve um rendimento de 48.69%. Piovesan (2013), no seu estudo obteve um rendimento volumétrico médio de 49,91%, factores como a não selecção dos toros tem influência na redução do rendimento. Estes resultados assemelham-se, pois situaram-se entre os resultados do rendimento que se espera para espécies folhosas.

Segundo Lira (2017), o rendimento para folhosas está entre 45-55%. No presente estudo o valor do rendimento total não atingiu valores acima do esperado devido a sanidade dos toros, pois eles possuíam alguns defeitos mas a tortuosidade e conicidade não foram factores de grande relevância no declínio do rendimento. Analisando a espécie *Pterocarpus angolensis* nota-se que vários factores influenciam para um bom desempenho, desde a matéria-prima até ao operador da serra.

A primeira classe diamétrica (20 a 26 cm) apresentou o menor rendimento com 37.37%, um dos factores que influenciou para a obtenção desse resultado foram os diâmetros menores em relação as classes subsequentes e também as condições em que os toros se apresentavam,

pois, segundo o responsável da área de processamento na empresa Inchope-madeiras tal matéria-prima já se encontrava há muito tempo no pátio de toros, notou-se ainda que esta foi a classe que apresentou a maior percentagem de conicidade dos toros.

Segundo Murara *et al.* (2013), a qualidade do toro influencia no rendimento e, portanto, ao se dar preferência para toros de melhor qualidade, se irá diminuir a quantidade de resíduos gerados durante o processo de serragem, com conseqüente aumento do rendimento em madeira serrada.

Por outro lado o maior rendimento foi observado na última classe (38.1 a 44 cm) que foi de 51.72%, notando-se que o aumento do diâmetro dos toros tem uma forte influência no aumento do rendimento. Bonato *et al.*, (2017), perceberam um aumento bem significativo no rendimento em madeira serrada com o aumento da classe diamétrica para a espécie *Araucaria angustifolia*. Tal situação observou-se no trabalho de Afonso (2004), serrando toros de *Androstachys johnsonii* salienta que o diâmetro do toro influencia o rendimento volumétrico. Biasi *et al.*, (2007), serrando três espécies tropicais e Juizo *et al.*, (2015) com as espécies *Combretum imberbe* e *Pterocarpus angolensis* observaram o mesmo fenómeno. Com tudo a classe diamétrica com maior rendimento não foi a que obteve a menor percentagem de conicidade, tendo em vista que a diminuição do índice de conicidade leva a menor perda da matéria-prima sob forma de costaneira. O factor diâmetro do toro influenciou para que o aproveitamento fosse maior.

A principal consequência da conicidade é o grande desperdício de madeira na forma de costaneiras quando utilizado a serragem do toro com serras fita e ou aparas de lâminas defeituosas no início do processo de desenrolamento ou faqueamento (Murara, 2005). Segundo a norma para a classificação de toros (Instituto Brasileiro De Desenvolvimento Florestal- IBDF (1984)), valores de conicidade inferiores a 3 cm/m, representam toros com qualidade superior. No presente trabalho o valor médio para a conicidade de *Pterocarpus angolensis* foi de 1.76 cm/m, o que indica que no geral os toros não apresentaram alto índice de conicidade, sendo assim de qualidade superior, o factor comprimento do toro influenciou bastante para este índice reduzido. A classe diamétrica (20 a 26 cm) apresentou valor de conicidade de 2.68 cm/m sendo o maior valor de conicidade, que é inferior ao padrão estabelecido, mostrando assim que os toros eram de boa qualidade quanto ao nível de conicidade.

II. Correlações das variáveis conicidade e classe diamétrica no rendimento

O efeito da conicidade no rendimento foi obtido através da correlação de Pearson (r) (figura 10), obteve-se -0.5 de coeficiente de correlação, esta que é uma correlação negativa moderada, ou seja, indicando que essas duas variáveis se relacionam de forma negativa ou inversa, quando uma cresce a outra diminui e vice-versa. Na medida que a conicidade dos toros vai aumentando o rendimento volumétrico dos mesmos tem a tendência de diminuir, reduzindo assim a eficiência no processamento da madeira serrada.

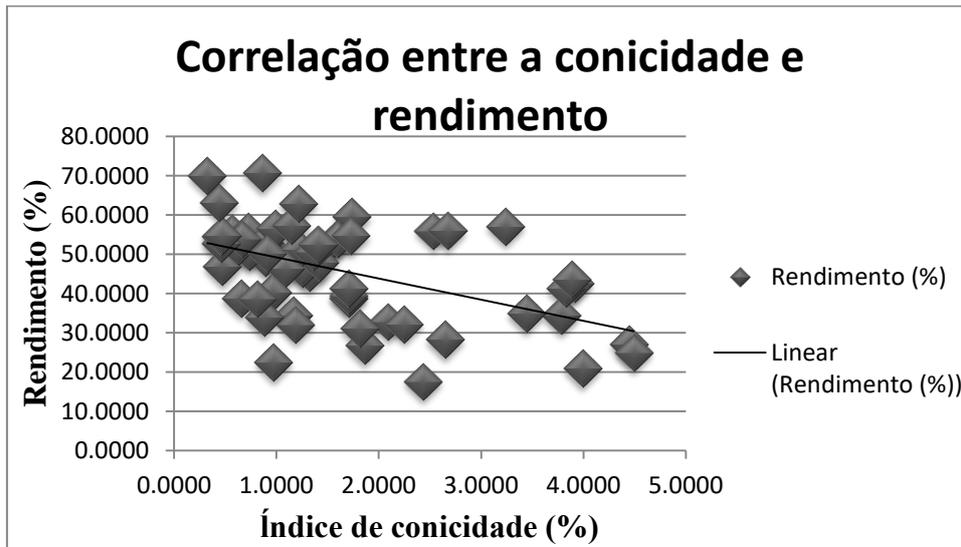
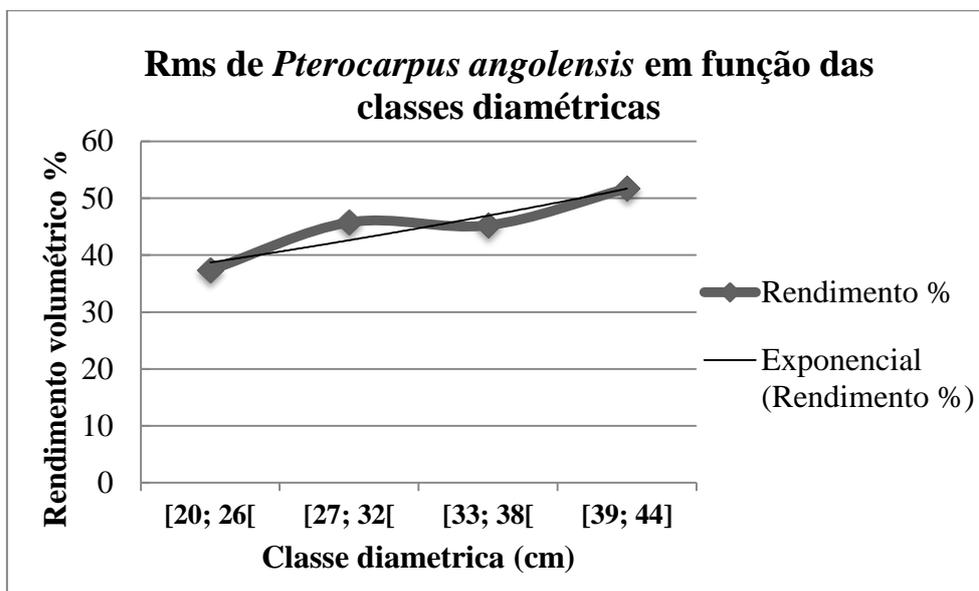


Figura 10: Coeficiente de correlação de Pearson entre a conicidade e o rendimento volumétrico.

Fonte: A autora (2022).

Na (figura 11) ilustra-se a relação entre o rendimento e a classe diamétrica, em que se nota a tendência do aumento do rendimento com o aumento da classe diamétrica, isto devido ao aumento da área cilíndrica da matéria- prima com o aumento dos diâmetro dos toros.



Onde:

Rms: Rendimento da madeira serrada.

Figura 11: Representação gráfica da relação existente entre rendimento volumétrico e classe diamétrica dos toros.

Fonte: A autora (2022).

Vários autores avaliaram a influência das classes diamétricas no rendimento, dentre eles, Juízo *et al.*, (2018), no seu trabalho avaliando a relação entre modelos de serragem, rendimento e qualidade da madeira serrada de *Pterocarpus angolensis* observou que o factor classe diamétrica teve efeito significativo no rendimento em madeira serrada, possivelmente pela amplitude dos diâmetros dos toros utilizados para cada classe diamétrica.

4.2. Análise dos dentes da serra

Neste estudo estimou-se os seguintes parâmetros de corte: velocidade de avanço média, velocidade de corte e espessura de corte por dente (tabela 5).

Tabela 5: Parâmetros de análise dos dentes da serra fita.

	Valor	Unidade
Velocidade de corte	39.43	m/seg
Velocidade de avanço	9.23	m/min
Espessura de corte	0.14	Mm

Santini (2000) estudando o processo e parâmetros de corte na serragem de madeira por serra fita obteve uma velocidade de avanço médio de 29 m/min. Este resultado é superior ao encontrado no presente estudo, o tempo de serragem dos toros influenciou na distinção dos resultados, ou seja, o tempo de serragem dos toros do presente estudo é superior (20s) comparativamente ao tempo de serragem encontrado pelo autor acima citado (5s). encontrou por sua vez uma velocidade de corte de 25.5 m/s que é inferior a velocidade de corte encontrada no presente trabalho, um dos factores que influenciou para esta distinção foram os diâmetros do volante.

Santini (2000) diz que para o processamento de madeira dura é necessário velocidades de avanço menores. A espécie *Pterocarpus angolensis* quanto ao índice de dureza recebe o valor de 5.4, considerada medianamente dura (Bunster, 2006) e serrando essa espécie constata-se que a velocidade de avanço aplicada foi adequada para o processo.

Segundo Gonçalves (2000), em uma máquina de serra fita, a velocidade de corte usual para serra de serragem para madeiras duras é de 40- 46 m/s. Tendo em conta que *Pterocarpus angolensis* é uma espécie moderadamente dura o resultado obtido neste estudo considerou-se adequado.

Carmo *et al.* (2014) no seu estudo de influência da geometria dos dentes das lâminas de serra fita na qualidade e produtividade da madeira serrada, obteve uma espessura de corte por dente de 0.32 mm, este que se encontra dentro dos parâmetros de dentes de boa qualidade. Com base nos resultados obtido acima nota-se que os dentes da serra se apresentavam em bom estado, isto que gerou ganhos significativos em madeira serrada.

4.3. Qualidade da madeira serrada

Em relação aos desvios de corte ao longo das peças serradas, a tabela 6 ilustra como a variação dentro da peça, entre e o total se comportaram.

Tabela 6: Variação entre, dentro e total das peças.

VARIAVEL	Mm
Variabilidade dentro da peça (Sw)	0.3519
Variabilidade entre peças (Sb)	39.6194
Variabilidade total (ST)	39.6209

Os resultados indicam que a lâmina da serra estava em perfeitas condições, esta era afiada constantemente desde que mostrasse algum sinal de falha no corte de modo que defeitos após a serragem fossem evitados sempre que possível. Gatto *et al.* (2004) analisando a qualidade

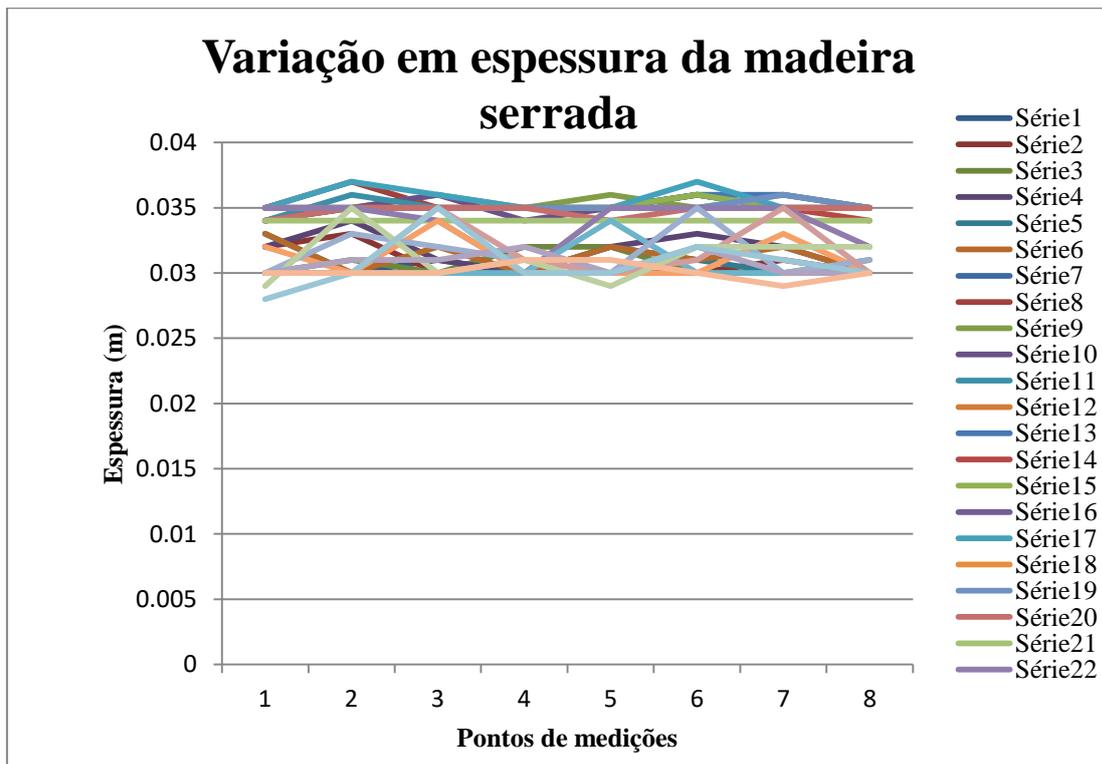
da madeira serrada encontrou um resultado similar, onde a variabilidade dentro da peça foi (0.22 mm), o autor relatou sobre a presença de serragem na superfície da tábua, dizendo que poderia ser resultado de um pequeno avanço por dente, baixa velocidade de alimentação associada à alta velocidade da lâmina, desse modo, a serragem produzida é facilmente perdida entre os dentes, causando um atrito entre a lâmina e a madeira que pode afectar a tensão interna da fita.

Juízo *et al.* (2014) no seu estudo, encontrou uma variabilidade entre, dentro e total das peças as seguintes: 7.86, 0.63 e 2.91, mostrando assim que a variabilidade entre peças é geralmente maior que a variabilidade dentro da peça.

Gerwing *et al.* (2000), estudando 10 serrações em Paragominas, encontrou uma variabilidade total no processo de serragem de 8.1 mm que é inferior comparado com a variabilidade total encontrado neste trabalho, um dos factores que influencia na variação desses valores é a qualidade da tecnologia utilizada, pois, serras fitas de alta qualidade e com a capacidade de definir a altura do corte com maior precisão tendem a diminuir a variabilidade entre peças.

Estas variações exercem grande influência naquilo que é o ganho em rendimento. Juízo *et al.* (2014), diz que o desbitolamento das espessuras contribuem significativamente no baixo rendimento para madeira serrada pois de acordo com Gatto *et al.* (2004), a variação de serragem influencia significativamente no rendimento da madeira.

Magalhães *et al.* (2007), analisando o primeiro protótipo da serração móvel diz que o desbitolamento excessivo não é sempre causado por problemas na serração. À medida que a lâmina de serra fita avança no toro, o alívio de tensões internas da madeira provoca movimentação tanto do toro como da tábua, que terminam por provocar a variação na espessura da tábua ao longo do seu comprimento. A figura 12 mostra como a variação em espessura afectou algumas tábuas.



Onde:

Série: Madeira serrada.

Figura 12: Variação em espessura ao longo das tábuas.

Fonte: A autora (2022).

4.4. Otimização de serragem da madeira

Abaixo está lustrado a análise de variância para factores velocidade de avanço e variação dimensional em espessura para a madeira serrada (tabela 7).

Tabela 7: Sumário de análise de variância da madeira serrada.

Causa da variação	Graus de liberdade (gl)	Soma dos quadrados (SQ)	Quadrado médio (MQ)	Valor de F	Valor de P
Entre grupos	1	16159.7616	16159.762	4522.1303	<0.05*
Dentro de grupos	762	2722.9950	3.5734		
Total	763	18882.7566			

*P=0

Com base na análise de variância a 95% de probabilidade pode concluir-se que há uma interacção significativa entre a velocidade de avanço e a variação de serragem em espessura.

Este resultado explica que os efeitos dos factores atuam de forma dependente. Neste caso as comparações entre os níveis de um factor levam em consideração o nível do outro factor, pois o resultado significativo para a interacção indica que o efeito de um factor depende do nível do outro factor (Montgomery e Runger, 2009).

Segundo Santini (2000), velocidade de avanço maior acarretam desvios da lâmina e estes desvios tem a tendência de causar variações de serragem (desbitolamento). A figura 13 ilustra a correlação entre a velocidade de avanço e a espessura da madeira serrada (tábua).

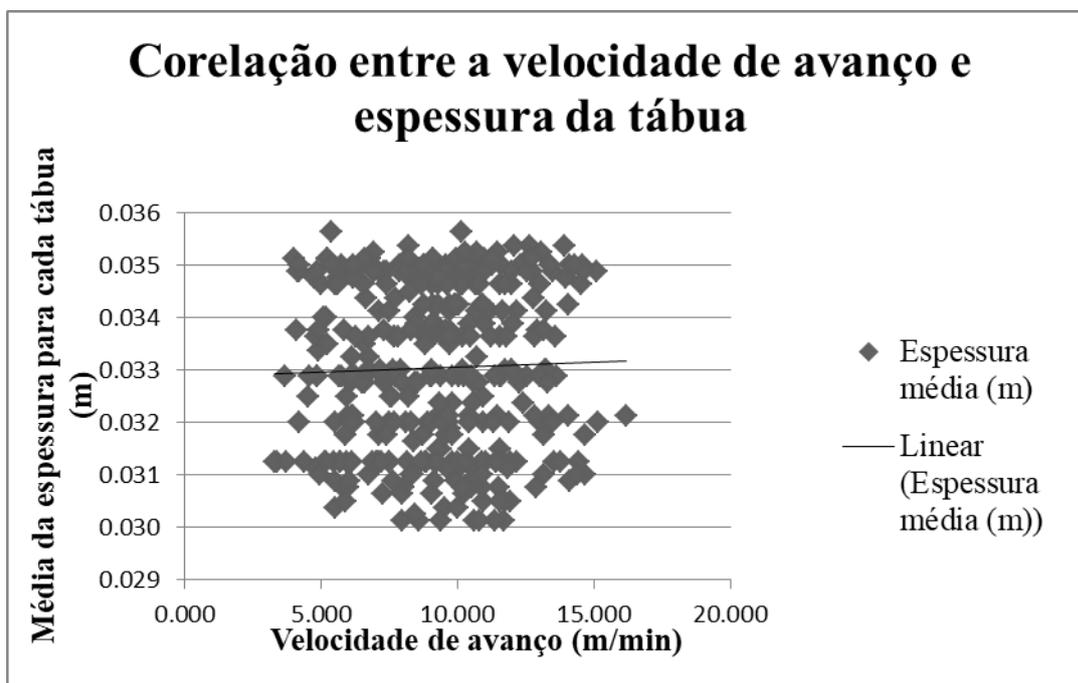


Figura 13: Gráfico de correlação de Pearson entre velocidade de avanço e espessura da tábua.

Fonte: A Autora (2022).

Como pode se observar no gráfico acima, existe correlação positiva baixa entre o factor velocidade de avanço e variação em espessura (0.03).

Um dos factores que influenciou na variação da serragem das peças foi a paragem brusca da lâmina de serra enquanto serrava-se as peças, a dureza da espécie usada no estudo contribuiu para que tal fenómeno ocorresse. Neste caso, Biasi *et al.* (2007), diz que a melhor maneira de saber o momento de substituição da lâmina de serra fita é através de avaliação frequente das peças de madeira serradas, quando o desbitolamento é superior ao limite para aquela espécie, deve-se trocar a lâmina.

Velocidades de avanço com elevada oscilação tendem a afectar significativamente a ferramenta de corte e consequentemente a qualidade da peça final, impedindo a assim a sua fácil comercialização. Andrade *et al.* (2016), diz também que a velocidade de avanço tem influência no desgaste da aresta de uma ferramenta de corte. Sami *et al.* (2007), desenvolveram uma rotina para otimizar a velocidade de avanço para que este avanço variasse dentro de um valor limitado pelo usuário. Desta forma evitar-se-ia desvios de corte constantes.

5. CONCLUSÃO

Considerando o aspecto da eficiência no processo de transformação da matéria-prima em madeira serrada pode se concluir:

O ganho percentual em rendimento da madeira serrada para os toros de *Pterocarpus angolensis* esteve dentro do intervalo do rendimento esperado para folhosas, em que a classe diamétrica dos toros, o índice de conicidade influenciaram o resultado do rendimento volumétrico enquanto a tortuosidade e a nodosidade não influenciaram no baixo rendimento volumétrico. Tecnicamente a conversão de toros em madeira serrada foi eficiente.

Os parâmetros de análise dos dentes determinados foram considerados adequados para serrar a espécie *Pterocarpus angolensis*, pois a madeira a se serrar influencia significativamente na determinação da velocidade de avanço e velocidade de corte, velocidades inadequadas geram defeitos que reduzem a qualidade da madeira serrada e dificultando a comercialização da mesma. A espessura de corte por dente foi boa, pois esta diminuiu a geração de resíduos de serragem.

No que diz respeito a qualidade das peças geradas, notou-se que a variação da espessura dentro da peça foi menor comparativamente a variação entre, a variabilidade dentro da peça não foi significativa enquanto a variabilidade entre e total das peças foi bem significativa devido a inexistência de padronização das dimensões das tábuas. A variabilidade da espessura dentro da peça foi influenciada pelo alívio de tensões internas da madeira que provocou movimentação tanto do toro como da tábua e a variabilidade da espessura entre peça foi influenciada pela fraca precisão na determinação da altura de corte.

Existe uma interação significativa entre a velocidade de avanço e a espessura das peças serradas. A velocidade de avanço não afectou excessivamente a variação de serragem, indicando assim que os parâmetros envolvidos no corte foram adequados, o que causou menos variação na espessura com o aumento da velocidade de avanço mas houve maior tendência de desgaste da lâmina da serra, isto porque velocidades de avanço menores tendem a causar maior esforço de corte.

6. RECOMENDAÇÕES

Com base nos resultados obtidos após o desenvolvimento deste trabalho, tendo em consideração os métodos de trabalho aplicados na empresa assim como os encontrados na literatura, recomenda-se que a empresa reveja a metodologia de trabalho por forma a obter melhores resultados nos seguintes aspectos:

- Melhorar a conservação de toros no pátio de toros;
- Seleccção criteriosa de toros para um determinado produto, evitando assim que o uso de toros seja um factor primordial para a geração de serragem (resíduos);
- Criação de técnicas mais apuradas na serragem, tais com criação de diagramas de corte para cada classe diamétrica, de modo a promover o máximo aproveitamento dos toros;
- Treinamento dos operadores da maquina de serra de modo que estes tenham tendência de tomar decisões assertivas no que se refere a serragem dos toros;
- Recomenda-se que se desenvolvem estudos tendo em vista a comparação entre a serragem convencional e serragem programada (uso de diagramas de corte) por forma a compreender a que proporciona melhores resultados em rendimento volumétrico;
- Desenvolva-se estudos que analisem a influência de diferentes sistemas de corte na qualidade de madeira serrada de diferentes espécies.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Afonso, CMI (2004), “*estudo da eficiência técnica na conversão de toros de mecruisse em madeira serrada e parquet num sistema de serras fita e circular*”. Monografia apresentada ao departamento de Engenharia Florestal como requisito para obtenção do título de Engenheiro Florestal, Universidade Eduardo Mondlane.

Andrade, MN, Pereira, TB e Sousa, Mv (2016),” *Análise da influência da velocidade de avanço no desgaste da aresta de uma ferramenta de corte,*” **Revista Univap**, São José dos Campos-SP-Brasil, v. 22, n. 40.

André, AN (2015), “*Herbário digital de algumas espécies nativas do miombo angolano presentes nos municípios de wako-kungo, província de kwanza sul e huambo, província do huambo*”, Faculdade de Ciências Agrárias. Universidade José Eduardo dos Santos. Huambo. Angola.

Araújo, JA, Costa, NS, Lima, RS, Calderon, CM e Calderon, RA (2014),” *Rendimento e eficiência operacional do desdobro da madeira de faveira (Parkia multijuga Benth. - Fabaceae),*” **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.10, n.19.

Batista, DC (2006), “*Avaliação do desempenho operacional de uma serraria através do estudo de tempo, rendimento e eficiência*”. Monografia (graduação em engenharia florestal) - Instituto de Floresta, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

Biasi, CP e Rocha, MP (2007),” *Rendimento em madeira serrada e quantificação de resíduos para três espécies tropicais,*” **FLORESTA**, Curitiba, PR, v. 37, n. 1.

Bôas, DV, Machado, EJ e Neves, V (2016),” *Estudo do comportamento de lâminas de serra no corte da madeira com aplicação do método de elementos finitos*”, **Itapeva SP**, Brasil.

Bonato, A I, Rocha, M P, Juizo, C G F e Klitzke, R J, (2017). ”*Efeito do sistema de desdobro e das classes diamétricas no rendimento em madeira serrada de Araucaria angustifolia.*” **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 24.

Bunster. J (2006), *Commercial timbers of Mozambique*, 2ª edição. Maputo

Carmo, JF, Latorraca, JV, Rocha, MP e Brito, EO (2014), ” *Influência da geometria dos dentes das lâminas de serra de fita na qualidade e produtividade da madeira serrada,*” **FLORESTA**, Curitiba, PR, v. 44, n. 2.

Conselho de Ministros (2002), *Lei de Florestas e Fauna Bravia*.

Costa, JA, Calderon, CM, Calderon, RA, Nascimento, CC e Costa, NS (2018),” *Rendimento e eficiência operacional no desdobro de toras de tauari (cariniana decandra) com motosserra na amazônia ocidental,*” **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.15 n.28.

Crespo, AA (2002), *Estatística fácil*, São Paulo: Saraiva.

Cunha, US (2004), *Dendrometria e inventário florestal*, Manaus.

DNAL, 2014. Perfil distrital de Manica. s.1.: s.n.

Egas, FA (1998). *Consideraciones para el incremento de la eficiencia de la conversion de la madeira en rolo de Pinus caribeia var.Caribeia en sierras de banda.Universidad de pinar del Rio. Pinar del Rio.*

Egas, FA (2000), *Noções sobre a produção de madeira serrada*. UEM/ FAEF/ DEF. Maputo

Eleotério, JR, Storck, L e Lopes, SJ (1996),” *Caracterização de peças de madeira produzidas em serraria visando o controle de qualidade,*” **Ciência Florestal**, v.6, n.1.

Fagundes, HAV (2003), “*Produção de madeira serrada e geração de resíduos do processamento de madeira de florestas plantadas no Rio Grande do Sul*”. Dissertação apresentada ao programa de pós-Graduação em Engenharia Civil como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia na modalidade acadêmico, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Ferraresi, D (1982), *Fundamentos da usinagem dos metais*. 4° Reimpressão São Paulo: ed. Edgard Blucher Ltda.

Filho, DB, Silva Júnior, JA (2009),” *Desvendando os Mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson (r)*”. **Revista Política Hoje**, Vol. 18, n. 1.

Frazão, JM (2017), “*Definição de um plano de manutenção e aplicação do ciclo DMAIC para a melhoria do desempenho de equipamentos para produção de paletes*” Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, Universidade de Coimbra.

Garcia, BA (2012), “*Determinação do rendimento e eficiência da madeireira Reck no município de São Gabriel - RS*”. Relatório de estágio obrigatório apresentado ao Curso de Engenharia Florestal, como requisito parcial para obtenção do grau de Engenheiro Florestal, Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), RS.

Gatto, DA, Santini, EJ, Haselein, CR e Durlo, MA (2004), ” *qualidade da madeira serrada na região da quarta colônia de imigração italiana do rio grande do sul,*” **Ciência Florestal**, v. 14, n. 1

Gehring Junior, W (2016), “*Monitoramento da deflexão de serras de fita contínua como proposta de avaliação da qualidade de peças serradas de madeira*” Tese apresentada à Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, para a obtenção do título de Doutor em Engenharia Mecânica na Área de Materiais Lignocelulósicos, Universidade Estadual Paulista.

Gerwing, J. Vidal. E. Veríssimo. A. Uhl. C, (2000), *Rendimento no processamento de madeiras no estado de pará. Série amazônica* (v. 18, p.38), Belém.

Gomes, E. Sousa, A. *Dendrologia de Moçambique*. Lourenço Marques: Instituto de Investigação Agronómica de Moçambique, 1967.

Gonçalves, MTT (2000), *Processamento da madeira*. Bauru.

Grupo banco mundial (2018), *Notas sobre a Floresta em Moçambique*. Public Disclosure Authorized.

IBDF- Instituto Brasileiro De Desenvolvimento Florestal (1984), *Norma para medição e classificação de toros de madeiras de folhosas*. Brasília.

Instituto de Pesquisas Tecnológicas (2003). *Madeira: Uso Sustentável na Construção Civil*. São Paulo.

Joker, D (2000), *Programa Nacional de Sementes de Árvores*, 1ª edição, Editores C S Struik.

Juízo, CG, Pedro, LL, Raquel, M, Celio, GJ, Inoque, JC, Márcio, P e Ricardo, JK (2015),” *Influência da classe diamétrica no rendimento em madeira serrada de duas espécies nativas de Moçambique*”. **Pesq. flor. bras.**, Colombo, v. 35, n. 83, p. 293-298.

Juízo, CG, Rocha, MP e Bila, NF (2014), " *Avaliação do Rendimento em Madeira Serrada de Eucalipto para Dois Modelos de Desdobro numa Serraria Portátil*". **Floresta e Ambiente**

Juízo, CG, Rocha, MP e Rafael, AL (2018).” *Relação entre modelos de desdobro, rendimento e qualidade da madeira serrada de Pterocarpus angolensis,*” **Sci. Agrar. Parana.**, Marechal Cândido Rondon, v. 17, n. 2, abr./jun., p. 213-219.

Kondo, MY (2011), “*Influência de software de otimização de corte no rendimento de serraria da região sudoeste paulista*”. Trabalho de Graduação apresentado como requisito

para a conclusão do curso de Engenharia Industrial Madeireira, Universidade Estadual Paulista.

Leite HG, (1994), "*Conversão de troncos em multiprodutos da madeira, utilizando programação dinâmica*". Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre, Viçosa, Universidade Federal de Viçosa.

Levine, D M, Berenson, ML, Stephan, David (2000). *Estatística: Teoria e Aplicações usando Microsoft Excel em Português*. Rio de Janeiro: LTC.

Lira, FL (2017), "*Determinação de rendimento no processamento de madeira de sete espécies em uma serraria de médio porte no município de Itacoatiara*". Monografia submetida para obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Florestal, Centro de Estudos Superiores de Itacoatiara.

Magalhães, WLE, Dereti, RM, Wilches, C, (2007). *Primeiro Protótipo da Serraria Móvel Construído por meio da Parceria Embrapa/ Finep/Funpar/Gil: Tecnologia em Processo de Validação*. 1ª Edição.

Manhiça, AA, Rocha, MP e Timofeiczuk, R, (2013), "*Racional no desdobro de Eficiência operacional no desdobro de Pinus utilizando modelos de corte numa serraria de pequeno porte*". *Cerne*, Lavras, v. 19, n. 2.

Matias, HB (2017). "*Optimização do desdobro de toras por meio de programação linear inteira*". Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciências Florestais, Universidade Federal do Espírito Santo.

Ministério da Administração Estatal (2005). *Perfil do distrito de Manica província de Manica*. Public Disclosure Authorized.

Montgomery, DC e Runger, GC (2009), *Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros*, 4ª edição, LTC editora, Rio de Janeiro.

Murara, MI, (2003), "*contribuição para a melhoria do aproveitamento da madeira de pinus na produção de serrados*". *Floresta e Ambiente*.

Murara, MI, Márcio, PR e Paulo, FT, (2013). "*Estimativa do Rendimento em Madeira Serrada de Pinus para Duas Metodologias de Desdobro*". *Floresta e Ambiente*.

- Murara, MI, Rocha, MP e Timofeiczuk , R, (2005), "*Rendimento em madeira serrada de Pinus taeda para duas metodologias de desdobro*". **FLORESTA**, Curitiba, PR, v. 35, n. 3.
- Orwa, CA, Mutua, KI, Jamnadass R, Anthony, S, (2009). *Agroforestry Database: a tree reference and selection guide*. (<http://www.worldagroforestry.org/sites/treedbs/treedatabases.asp>)
- Otani, M e Machado, WV, (2008). "*A proposta de desenvolvimento de gestão da manutenção industrial na busca da excelência ou classe mundial*." **REVISTA GESTÃO INDUSTRIAL**. Vol.4, n.2
- Piovesan, P.R.R, Reis, ARS e Deivison, VS, (2013). "*Rendimento na produção de madeira serrada de Ipê (Handroanthus sp)*." **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, Centro científico conhecer-Goiânia, v.9, n.17.
- Rocha, MP, (2000). "*Eucalyptus grandis Hill ex Maiden e Eucalyptus dunnii Maiden como fontes de matéria-prima para serrarias*". Tese de doutorado, Universidade federal do Paraná.
- Rocha, MP, (2002). *Aspectos tecnológicos no desdobro de Pinus*. **Revista da Madeira**, Curitiba, dez.
- Salami, R, Sadeghi, MH e Motake, B (2007), "*Feed rate optimization for 3-axis ball-end milling of sculptured surfaces*", International Journal of Machine tools and Manufacture, Vol.47
- Salvador, FM (2013). "*Desempenho operacional de uma serraria na microrregião polo linhares, espírito santo*". Monografia apresentada ao Departamento de Ciências Florestais como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Industrial Madeireiro, Universidade Federal do Espírito Santo.
- Santini, A (2000). "*Estudo do processo e dos parâmetros de corte no serramento da madeira por serra de fita*" Dissertação apresenta à Área de Ciência e Engenharia de Materiais como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade de São Paulo.
- Silva, JGM (2010). "*Desempenho e amostragem do trabalho de uma serraria no município de Alegre, Espírito Santo*". Monografia apresentada ao departamento de Engenharia Florestal como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Industrial Madeireiro, Universidade Federal do Espírito Santo.

Silveira, AV (2019). "*Aplicação de manutenção preventiva e check-list em serras industriais*". TCC, apresentado ao Centro Universitário UNIFACVEST, como parte dos requisitos para a avaliação da disciplina de TCC III, Universidade de Coimbra.

Slack, N, Chambers, S e Johnston R (2002). *Administração da Produção. Tradução de Maria Teresa Corrêa de Oliveira e Fábio*. 2ª Edição. São Paulo: Atlas.

Vianna Neto JA. (1984). "*Considerações básicas sobre desdobro de Pinus spp. In: Anais do Seminário sobre processamento e utilização de madeiras de reflorestamento*". **Revista Silvicultura**, Curitiba.

Vidaurre, GB, Vital, BR, Silva, JC, Oliveira, JT, Carvalho, AM, Lucia, RM e Carneiro, AC (2008). "*Efeito da geometria dos dentes da serra de fita na produção de madeira serrada de eucalipto*". **R. Árvore**, Viçosa-MG, v.32, n.5.

World bank group (s.d.). *Manejo de florestas nativas promovendo o uso sustentável em Moçambique*.

Anexo 2: Ficha de campo para a colecta de dados referentes a madeira serrada limpa

Madeira serrada								
Empresa:						Data: / /		
Observador:								
Tábuas								
Nº tl	C	L	Ep1	Ep2	Ep3	Ep4	Tempo	Nº toro

Anexo 3: Ficha de campo para a colecta de dados referentes a madeira serrada com casca

Madeira serrada								
Empresa:						Data: / /		
Observador:								
Tábuas								
Nº tc	C	L	Ep1	Ep2	Ep3	Ep4	Tempo	Nº toro

Onde:

Nº toro-Número do toro

C- Comprimento dos toros e tábuas em metros

L- Largura das tábuas em centímetro

Ep (1,2,3,4) - Espessura das tábuas em centímetro em cada ponto de medição

Dt (cm) - Diâmetro do topo dos toros em centímetro

Db (cm) - Diâmetro da base dos toros em centímetro

Nº tl- Número de tábuas limpas

Nº tc- Número de tábuas com casca

Anexo 4: Volume de toros, madeira serrada e desperdício.

	VOLUME		
Classe	Toro	Madeira serrada	Desperdisado
[20; 26[	1.0266	0.3837	0.6429
[26,1; 32[	10.3208	4.7223	5.5985
[32,1; 38[	4.5097	2.0405	2.4692
[38,1; 44[	2.4635	1.2741	1.1894
SOMA	18.3206	8.4206	9.9000
MEDIA	4.5802	2.1052	2.4750
VARIANCIA	16.6894	3.5026	4.9219
DESVIO	4.0853	1.8715	2.2185