

634.0.8  
Afo

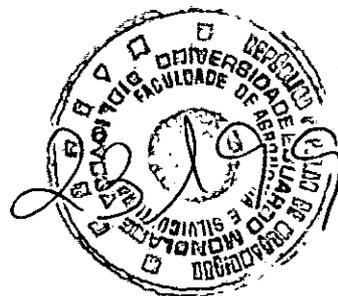
Eng. F-19



**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE**  
**FACULDADE DE AGRONOMIA E ENGENHARIA FLORESTAL**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

ENG. F-19

PROJECTO FINAL



**Estudo da eficiência técnica na conversão de toros de mecrusse em  
madeira serrada e parquet num sistema de serras fita e circular**

Discente: Cláudio Manuel Ismael Afonso  
Supervisor: Prof. Doutor Andrade Fernando Egas

Maputo, Agosto de 2004

## RESUMO

O estudo foi realizado na serração "Madeirarte, Lda", localizada na província de Gaza. Procurou-se avaliar a eficiência técnica de produção de madeira serrada e parquet a partir de toros de mecrusse num sistema de serras fita e circular. Como metodologia de estudo foram definidas 8 classes diamétricas para permitir que fossem processados 5 toros por cada classe, perfazendo uma amostra de 40 toros de *Androstachys johnsonii*. Os toros foram submetidos à medições de diâmetro, comprimento e espessura da casca antes da serragem. Após o processamento realizaram-se medições na madeira serrada, assim como a sua classificação. Os indicadores de eficiência em volume (Rendimento volumétrico, rendimento de parquet, percentagem de serradura e percentagem de costeiros) bem como dos indicadores de eficiência em valor (valor por metro cúbico de toros e valor por metro cúbico dos produtos obtidos) foram usados para avaliar a eficiência técnica da serração. Também foi analisada a relação entre o diâmetro dos toros com os indicadores de eficiência técnica de produção de parquet a partir de equações de regressão.

Os resultados mostram que os indicadores de eficiência apresentaram valores médios de 56,8 % para o rendimento volumétrico total, de 51,7 % para o rendimento de parquet, de 15,1 % para a percentagem de serradura, de 28,4 % para a percentagem de costeiros, de 5.746.762,36 MT/m<sup>3</sup> para o valor por metro cúbico de toros e de 9.797.118,98 MT/m<sup>3</sup> para o valor por metro cúbico dos produtos obtidos, ao utilizar o esquema de corte 2.

Os resultados mostram igualmente que o diâmetro e os defeitos dos toros afectam significativamente os diferentes parâmetros de eficiência de conversão, recomendando-se a serragem cuidadosa de toros de pequenos diâmetros e/ ou com defeitos.

## DEDICATÓRIA

A memória da minha mãe Amanibo Ismael

Ao meu pai Quintino Afonso por ter apostado na minha formação.

Ao meu irmão Hélder Danilo Ismael Afonso e ao meu primo Zacarias Filipe Zacarias pelo apoio moral durante a minha formação.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao meu supervisor Professor Doutor Andrade Fernando Egas pelos úteis e valiosos ensinamentos que me deu ao longo da elaboração deste projecto.

A Universidade Eduardo Mondlane e a Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal pela ajuda financeira e material para a realização deste trabalho.

Ao Professor Doutor Adolfo Bila pelas suas valiosas críticas e pontos de vista na preparação do projecto.

Ao Professor Doutor Gelead Mlay e ao eng<sup>o</sup> Sérgio Dista pela ajuda prestada na análise estatística dos dados.

A serração "Madeirarte, Lda" em especial ao Sr. Mussagy, Sr. Richard e ao Sr. David por terem colaborado na recolha de dados.

As minhas colegas Maria Martinho, Yolanda Gonçalves e Rosta Mate que sempre estiveram presentes nos momentos difíceis durante a minha formação.

Sinceros agradecimentos ao meu colega e companheiro Ernesto Wetimane Júnior pela ajuda na recolha de dados na serração.

O meu agradecimento é extensivo a todos os que de uma forma directa ou indirecta fizeram com que este trabalho fosse possível.

**MUITO OBRIGADO.**

## ÍNDICE

|  |     |
|--|-----|
| RESUMO .....   | I   |
| DEDICATÓRIA.....   | II  |
| AGRADECIMENTOS.....  | III |
| ÍNDICE .....   | IV  |
| LISTA DE TABELAS.....  | V   |
| LISTA DE FIGURAS.....  | VI  |
| LISTA DE ABREVIATURAS.....   | VII |
| 1. INTRODUÇÃO E FUNDAMENTAÇÃO.....   | 1   |
| 1.1 OBJECTIVOS.....  | 2   |
| 1.1.1 <i>Objectivo geral</i> .....   | 2   |
| 1.1.2 <i>Objectivos específicos</i> .....                                    | 2   |
| 1.2 LIMITAÇÕES DO ESTUDO .....   | 2   |
| 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....  | 3   |
| 2.1 A INDÚSTRIA MADEIREIRA.....  | 3   |
| 2.2 A SITUAÇÃO DA INDÚSTRIA MADEIREIRA EM MOÇAMBIQUE.....                    | 4   |
| 2.3 AS SERRAS. ASPECTOS GERAIS .....   | 5   |
| 2.4 EFICIÊNCIA TÉCNICA NA CONVERSÃO DE TOROS EM MADEIRA SERRADA.....         | 6   |
| 2.5 FACTORES QUE INFLUENCIAM A EFICIÊNCIA TÉCNICA DE CONVERSÃO DE TOROS..... | 7   |
| 2.6 DESCRIÇÃO DA ESPÉCIE USADA NO ESTUDO .....                               | 8   |
| 3. MATERIAIS E MÉTODO .....  | 10  |
| 3.1 MATERIAIS.....   | 10  |
| 3.2 MÉTODOS .....  | 10  |
| 3.2.1 <i>Recolha de dados e cálculos gerais</i> .....                        | 10  |
| 3.2.2 <i>Processamento de dados</i> .....                                    | 15  |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....  | 20  |
| 4.1 INDICADORES DE EFICIÊNCIA DE CONVERSÃO EM VOLUME .....                   | 20  |
| 4.2 INDICADORES DE EFICIÊNCIA DE CONVERSÃO EM VALOR .....                    | 24  |
| 4.3 FACTORES QUE INFLUENCIAM A EFICIÊNCIA DE CONVERSÃO .....                 | 25  |
| 5. CONCLUSÕES.....   | 31  |
| 6. RECOMENDAÇÕES .....   | 33  |
| 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....   | 34  |
| ANEXOS.....  | 36  |

## LISTA DE TABELAS

|  |    |
|--|----|
| Tabela 1. Volumes de madeira serrada a nível mundial.....  | 4  |
| Tabela 2. Evolução da produção de parquet em Moçambique.....                                     | 5  |
| Tabela 3. Apresentação do número de toros processados por cada esquema de corte .....            | 13 |
| Tabela 4. Indicadores de eficiência de conversão em volume na serração<br>“Madeirarte, Lda”..... | 20 |
| Tabela 5. Indicadores de eficiência de conversão em valor na serração<br>“Madeirate, Lda”.....   | 24 |
| Tabela 6. Indicadores de eficiência de conversão na serração “Madeirarte, Lda”.....              | 30 |

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1 – Medição do diâmetro de toros.....   | 11 |
| Figura 2 – Esquema de corte 1.....   | 12 |
| Figura 3 – Esquema de corte 2.....   | 12 |
| Figura 4 – Esquema de corte 3.....   | 13 |
| Figura 5 – Determinação da largura de corte nas serras principais.....   | 17 |
| Figura 6 – Percentagem de madeira de primeira e de segunda classe.....   | 24 |
| Figura 7 – Comportamento do rendimento volumétrico total dos toros processados com base no esquema de corte 2.....                 | 26 |
| Figura 8 – Comportamento da percentagem de serradura dos toros processados com base no esquema de corte 2.....                     | 27 |
| Figura 9 – Comportamento da percentagem de costeiros dos toros processados com base no esquema de corte 2.....                     | 28 |
| Figura 10 – Comportamento do valor por metro cúbico de toro dos toros processados com base no esquema de corte 2.....              | 29 |
| Figura 11 – Comportamento do valor por metro cúbico dos produtos obtidos dos toros processados com base no esquema de corte 2..... | 30 |



## LISTA DE ABREVIATURAS

- DEF – Departamento de Engenharia Florestal  
DNFFB – Direcção Nacional de Floresta e Fauna Bravia  
FAEF – Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal  
FAO – Organização das Nações Unidas para a agricultura e alimentação  
MADER – Ministério da Agricultura e Desenvolvimento Rural  
PO – Produtos obtidos  
Prof. – Professor  
 $R^2$  – Coeficiente de determinação  
RVT – Rendimento volumétrico total  
s.d. – sem data  
UEM – Universidade Eduardo Mondlane  
% C – Percentagem de costeiros  
% S – Percentagem de serradura

## 1. INTRODUÇÃO E FUNDAMENTAÇÃO

O crescimento contínuo da população aliado ao conseqüente aumento da demanda de vivenda e de outras necessidades, poderá contribuir para o incremento do consumo de madeira serrada nos próximos anos. Entretanto, DNFFB (1999), considera que os recursos florestais nos países em desenvolvimento constituem um capital disponível. O seu processamento requer um investimento relativamente pequeno principalmente na compra e na montagem de maquinaria, não exigindo no geral uma mão-de-obra altamente qualificada para o seu funcionamento. Perante esta situação, e aproveitando o facto de o regulamento florestal encorajar a exportação de madeira das espécies de primeira classe após o seu processamento, surgem possibilidades para o desenvolvimento da indústria de produção de madeira serrada e a sua maior contribuição na captação de divisas para o país.

Segundo Chitará (2003), o parque industrial madeireiro é composto por 147 unidades industriais. A capacidade industrial do país foi estimada em 120.000 m<sup>3</sup>/ano de madeira serrada, estando presentemente a produzir cerca de 25.000 m<sup>3</sup>/ano. Os produtos madeireiros de grande importância para a exportação em Moçambique são: a madeira em toros, madeira serrada, réguas de parquet e folheados.

Actualmente, existe uma grande preocupação pela rentabilidade da indústria madeireira que não se mostra capaz de responder às necessidades do mercado nacional, porque apesar de 90 % da produção doméstica ser absorvida localmente, este mercado é caracterizado por possuir preços elevados e uma cadeia de distribuição pouco estruturada (Ipex, 2003). A melhoria na eficiência da conversão de toros é um dos pontos de partida para a solução desse problema. Este facto é especialmente válido para serrações que processam madeira de mecrusse (*Androstachys johnsonii*), devido a sua procura no mercado nacional e internacional. Chitará (2003), refere-se ao facto de os mercados dos produtos de mecrusse, serem muito restritos e exigentes, o que exige dos produtores o domínio das técnicas de produção e de gestão de empresa.

Segundo Bunster (1991), estudos da eficiência na utilização de matéria prima, mão de obra e maquinaria conduzem a uma rentável produção de madeira serrada. Nesta óptica justifica-se que sejam feitos estudos que determinam a "performance" duma serração para ajudar na tomada de decisões que melhorem os aspectos técnicos e de gestão da empresa.

Na província de Gaza existem 5 indústrias que processam madeira serrada. O investimento canalizado a estas empresas totaliza 7.435.000.000 MT e a capacidade de processamento instalada é de 3.360 m<sup>3</sup>/ano, estando a processar actualmente 1.000 m<sup>3</sup>/ano. Segundo Eureka (2001), das 5 indústrias, são 2 as que processam mecrusse, nomeadamente "Madeirarte, Lda" e "Barrote".

Pretende-se com este trabalho estudar a eficiência técnica da serração "Madeirarte, Lda", baseando-se quer nos indicadores de eficiência em volume, assim como nos indicadores de eficiência em valor. Com estes indicadores entender-se-á até que ponto alguns factores afectam o rendimento de madeira serrada e de parquet.

## **1.1 OBJECTIVOS**

### **1.1.1 Objectivo geral**

O presente estudo visa avaliar a eficiência técnica de produção de madeira serrada e parquet a partir de toros de mecrusse num sistema de serras fita e circular.

### **1.1.2 Objectivos específicos**

- Avaliar a eficiência de conversão em volume;
- Avaliar a eficiência de conversão em valor;
- Identificar e analisar alguns factores que influenciam a eficiência técnica de produção de parquet.

## **1.2 Limitações do estudo**

Para o estudo, o ideal seria trabalhar com 40 toros por cada esquema de corte. Mas, devido ao pouco tempo disponível para a recolha de dados o mesmo não foi possível.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 A indústria madeireira

Segundo Egas (2000), serração é uma indústria de transformação de toros em madeira serrada usando máquinas cujos elementos principais de trabalho são as serras.

Em tempos já idos, o trabalho com a madeira era efectuado utilizando técnicas rudimentares. Com o aumento do material e do custo de trabalho foram surgindo competições entre a indústria madeireira e a de outros tipo de matéria prima, obrigando a intensificação de estudos para o surgimento de novos processos de mecanização da madeira. Várias metas foram procuradas, nomeadamente: menor consumo de energia, aumento da segurança, maior vida útil da lâmina, redução do barulho, entre outras (Braz, s.d.).

A instalação de uma indústria madeireira requer uma planificação cuidadosa para não se tornar antieconómico. Esse planeamento tem em vista a determinação do local de instalação da serração; o emprego do pessoal mínimo possível; a diminuição do custo de produção; utilização da madeira com o máximo de rendimento; e a obtenção de produtos com a melhor qualidade possível (Braz, s.d.).

Segundo FAO (1982), antes de começar a planificação, deve-se definir de forma clara três aspectos fundamentais: o mapa oficial das áreas florestais que servirão como fonte de abastecimento de matéria prima; a espécie, sendo necessário o conhecimento da tecnologia a usar no abate, arraste e transporte dos toros tendo sempre em conta o retorno do capital; e por último, é importante obter um cálculo preciso do custo de matéria prima que a fábrica vai receber, porque este chega a ser o maior custo na produção de madeira serrada, podendo atingir 60 % dos custos totais de produção.

FAO (2003), apresenta dados segundo os quais de 1997 a 2001 a produção de madeira serrada a nível mundial mostrou uma ligeira tendência decrescente, enquanto que as importações e exportações decresceram de 1997 a 1998 e mostraram uma tendência crescente nos anos seguintes (tabela 1).

X

TABELA.1 – Volumes de madeira serrada a nível mundial (m<sup>3</sup>)

|                   | anos        |             |             |             |             |
|-------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|                   | 1997        | 1998        | 1999        | 2000        | 2001        |
| <b>produção</b>   | 430.933.000 | 374.406.000 | 383.159.000 | 388.430.000 | 377.570.000 |
| <b>importação</b> | 118.283.000 | 102.695.000 | 108.615.000 | 115.497.000 | 112.854.000 |
| <b>exportação</b> | 113.849.000 | 98.345.000  | 106.279.000 | 112.168.000 | 109.703.000 |

## 2.2 A situação da indústria madeireira em Moçambique

Segundo Eureka (2001), 133 unidades industriais madeireiras registadas no país processam a madeira em toros, sendo 40 serrações, 69 serrações com carpintarias, 22 carpintarias, 1 fábrica de contraplacados e 1 fábrica de aglomerados. Para além destas, existem várias micro-empresas de base florestal não registadas.

A maior parte das indústrias que actuam no sector florestal possuem equipamentos obsoletos. Este facto associado à manutenção inadequada leva a constantes interrupções na produção e resulta em uma produtividade extremamente baixa. Além disto, os produtos obtidos são de baixa qualidade (Ipex, 2003).

A precaridade não se encontra somente nos equipamentos. As instalações, incluindo as infra-estruturas relacionadas com o abastecimento (água, energia e outras), também, encontram-se deterioradas, constituindo outra componente de limitação da produção. O conjunto destes factores tem, também implicações em aspectos relacionados com a segurança e saúde dos trabalhadores. O nível de esforço físico exigido é elevado e embora não existam estatísticas, pode-se deduzir que o número de acidentes de trabalho tende a ser elevado. Estes aspectos, também, contribuem para a redução da produtividade e têm impacto directo nos custos de produção (Ipex, 2003).

Segundo Ribeiro (1992), o volume de madeira usada representa uma pequena porção do produto total de florestas. A produção da indústria florestal é confinada para a indústria nacional e mercados de exportação. Dentre as várias espécies processadas na indústria madeireira em Moçambique, o mecruce é usado para fazer parquet que é destinado ao mercado doméstico e exportado para Itália e Oeste da Alemanha, fazendo parte das espécies frequentemente usadas na actualidade. A tabela 2 mostra a quantidade de parquet produzida no período de 1996 a 1999.

TABELA 2 – Evolução da produção de parquet em Moçambique

| Ano  | Quantidade produzida (m <sup>2</sup> ) |
|------|--|
| 1996 | 4.000                                  |
| 1997 | 9.000                                  |
| 1998 | 16.000                                 |
| 1999 | 6.000                                  |

Fonte: DNFFB (2000)

### 2.3 As serras. Aspectos gerais

De acordo com Colégio Florestal (1986), a serra é um instrumento cortante, que tem uma lâmina, fita ou disco de aço como elemento principal. Existem três tipos de serra, sendo as de disco e fita as mais difundidas.

As serras circulares são constituídas por um disco de aço dentado na periferia e que vai montado num eixo com movimento produzido por um motor ou mediante uma polia movida por uma força motriz. São muito versáteis podendo ser usadas para cortes cruzados de toros e madeira serrada, para a produção de tábuas, pranchas, vigas, ripas, entre outros produtos. Estas serras apresentam as seguintes vantagens: custos reduzidos; uma manutenção simples; podem ser utilizadas para qualquer programa de corte; grande produção (Braz, s.d.). Por outro lado apresentam as seguintes desvantagens: grande largura de corte; diâmetro do toro a processar limitado pelo diâmetro do disco; qualidade da superfície serrada não muito boa; exige alta técnica de operação para evitar perigo de acidentes (Colégio Florestal, 1986).

Segundo Braz (s.d.), a serra fita é constituída de uma lâmina de aço contínua e dentada, que se apoia em duas polias chamadas volantes. Suas vantagens são as seguintes: grande produção quantitativa; largura de corte relativamente pequena; pode-se trocar a lâmina facilmente; menor consumo de energia; pode ser usada para qualquer programa de corte sem seleccionar o toro. De acordo com Williston (1988), a manutenção da performance deste tipo de serra é bastante difícil. Esta só pode ser efectuada através de um programa de manutenção preventivo concebido por um bom planificador e executado por pessoas com formação adequada. Segundo FAO (1982), para que haja um bom funcionamento, o operador deste tipo de serra deve ter melhores habilidades que o da serra circular. Uma manutenção e afiação adequadas permitem melhor precisão e uniformidade de corte comparando com a serra circular.

## 2.4 Eficiência técnica na conversão de toros em madeira serrada

De acordo com Bogdanov et al. (1980) e Brown e Bethel (1987), citado por 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 de 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 (Willits & Fahey, 1991). 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. (Willits & Fahey, 1991). Destaca-se neste grupo de indicadores o rendimento volumétrico total, desperdícios de serradura e outros desperdícios.

### Rendimento volumétrico

Segundo Colégio Florestal (1986), o rendimento volumétrico é a relação entre o volume de madeira serrada produzida e o seu volume em toros, expresso em percentagem.

Em coníferas, considera-se normal um rendimento de 55 a 65 % e em folhosas entre 45 a 55 %. Isto deve-se ao facto de as coníferas terem troncos mais rectos com menos defeitos. (Braz, s.d.).

### Percentagem de serradura

Normalmente, é com base na percentagem de volume do toro que se faz a avaliação da quantidade de serradura no processo de serragem.

A ocorrência de valores de desperdícios de serradura altos numa serração pode contribuir para que se faça uma reavaliação dos esquemas de corte empregados. O intervalo de variação dos desperdícios de serradura é bastante grande, geralmente vai de 6 a 20 %, dependendo da dimensão dos produtos, espessura da linha de corte, esquemas de corte e diâmetro do toro (Egas, 2000).

### Outros desperdícios

Neste indicador incluem-se os desperdícios produzidos no processo de serragem, sem contar com a serradura. A percentagem de outros desperdícios é muito variável e pode atingir valores tão baixos como 20 % e valores tão altos como 70 %, de acordo com o diâmetro, comprimento e qualidade dos toros processados, os esquemas de corte e de traçagem, entre outros factores (Egas, 2000).

Na análise dos indicadores de conversão em valor, Willits & Fahey (1991), mencionam dois parâmetros importantes: o valor por metro cúbico de madeira serrada e o valor por metro cúbico de toros.

#### Valor por metro cúbico de madeira serrada

É um indicador do valor médio da madeira serrada por toros individuais. O valor por metro cúbico de madeira serrada é um bom indicador da qualidade natural da madeira, e é usado para explicar as diferenças em classificação média da madeira (Willits & Fahey, 1991).

#### Valor por metro cúbico de toros

Segundo Plank (1985) e Willits & Fahey (1991), este parâmetro espelha tanto a qualidade dos toros como o rendimento volumétrico total. Na medida em que se o toro tiver uma qualidade e rendimento volumétrico total altos, terá maior valor por metro cúbico de toro. É possível ter em linhas gerais, dados sobre a rentabilidade do processo de serragem, pois se o valor por metro cúbico de toro for menor que o custo de toros, o processo não será economicamente sustentável.

### **2.5 Factores que influenciam a eficiência técnica de conversão de toros**

Segundo Egas (1998), um estudo com a finalidade de determinar o grau de influência dos factores nos indicadores de eficiência de conversão de toros cria condições para que as pessoas envolvidas na serragem possam fazer com que a serragem seja mais efectiva, tendo em conta aqueles factores que mais influenciam o rendimento no sentido de contrariar seu efeito negativo ou favorecer seu efeito positivo na eficiência de conversão.

Neste trabalho foram analisados o diâmetro e qualidade dos toros por fazerem parte dos factores que influenciam de forma marcada os indicadores de eficiência técnica.

### Diâmetro dos toros

Segundo Plank (1985), estudos efectuados sobre a serragem indicam que o diâmetro dos toros é um dos factores que mais afecta a eficiência de serragem da madeira. O processamento de toros de pequenas dimensões, em diâmetros, implica baixos níveis de rendimento. Existe um conceito que se pode aplicar para o diâmetro e para a qualidade dos toros: para toros da mesma qualidade há um incremento do rendimento com o aumento do diâmetro e para toros do mesmo diâmetros há uma diminuição do rendimento com a deterioração da qualidade.

### Qualidade dos toros

A classificação dos toros como sendo de boa ou má qualidade tem haver com a incidência dos defeitos. Defeitos são todas as anomalias da forma do tronco, da sua secção transversal, da estrutura e da cor, que possam reduzir, restringir ou mesmo anular a utilização da madeira (Colégio Florestal, 1986). Há vários tipos de defeitos que o tronco pode apresentar, nomeadamente:

*Tronco curvo*: refere-se ao desvio da forma do tronco de uma recta (tortuosidade, curvatura). Este defeito é de ordem económica, por não permitir o aproveitamento do volume total. Causas: hereditariedade, inclinação do terreno e condições de crescimento.

*Nó ou nodosidade*: que são importantes para a avaliação da madeira bruta como o diâmetro, o comprimento e a forma do tronco, sendo o critério de maior importância na classificação da madeira serrada. Os nós afectam o valor tecnológico da madeira pela sua inserção, forma, sanidade, localização, dimensões e agrupamento;

*Tronco cónico*: que contribui para um menor aproveitamento da madeira e grande desperdício quando a madeira é processada (Colégio Florestal, 1986).

## **2.6 Descrição da espécie usada no estudo**

*Androstachys johnsonii*, conhecido vulgarmente por mecrusse, pertence a classe Dicotyledoneae, família Euphorbiaceae e apresenta uma altura média que varia entre 15 a 20 m. Sua copa é sempre verde, aberta, mais alta que larga. O tronco é alto, geralmente direito. Casca delgada, cinzenta um pouco escura, avermelhada interiormente. As folhas são simples, pecioladas, opostas, pequenas, 3 a 5 cm de comprimento (Cardoso, 1963). De acordo com Gomes (s.d.), esta espécie é gregária chegando a formar maciços densos. Sua madeira é rija, medianamente pesada, de grande duração, resistente aos térmitas e outros insectos depredadores da madeira. O cerne é castanho-amarelada, possui camadas de crescimento

distintas proporcionando um desenho que consoante o corte pode originar um aspecto espinhado ou um riscado fino (Bunster, 1995). A madeira é própria para a construção e marcenaria, um tanto difícil para trabalhar mas dando boa superfície no corte e tomando bem o polimento; conserva-se inalterada durante muitos anos exposta ao ar ou enterrada; apresenta uma densidade de 920 Kg/m<sup>3</sup> a 12 % de humidade (Bunster, 1995). A espécie é usada para fazer parquet, travessas de caminho de ferro, construção civil e caixotaria. ([www.woodmarket.com/english/mercruesses.asp](http://www.woodmarket.com/english/mercruesses.asp)). Segundo Cardoso (1963), o mecrusse ocorre no sudoeste da África Tropical. Em Moçambique as manchas de *Androstachys johnsonii* dispersam-se no norte do país um pouco na área de Cheringoma, razoavelmente na zona de Sofala, no norte e centro da província de Gaza, a norte de Manjacaze e na região dos pequenos Libombos na Província de Maputo. Foi notada igualmente sua existência nos distritos de Massinga, Funhalouro e Panda, província de Inhambane.

### 3. MATERIAIS E MÉTODO

#### 3.1 Materiais

- Corda – para ajudar a medir as curvaturas;
- Fichas de registo – para registar os dados;
- Fita métrica – para medir o comprimento e a largura das peças;
- Suta – para medir os diâmetros dos toros;
- Tinta – para identificação das peças durante o seu processamento;
- Pincel – para marcar as peças;
- Paquímetro – para medir a espessura das peças e das lâminas;
- Relógio de trava – para medir a trava;
- Régua – para medir a espessura da casca de cada toro.

#### 3.2 Métodos

##### 3.2.1 Recolha de dados e cálculos gerais

Tendo em conta os objectivos definidos, para este estudo foram seleccionados 40 toros de *Androstachys johnsonii* no parque de toros da serração “Madeirarte, Lda” na província de Gaza.

Estudos realizados, demonstram que o diâmetro dos toros tem alguma influência nos indicadores de eficiência técnica numa serração. Sendo assim, definiram-se 8 classes diamétricas para permitir que fossem processados 5 toros por classe. Este procedimento garante que haja uma proporção nos diâmetros dos toros pertencentes aos 40 toros da amostra. Foi elaborada uma ficha de campo (anexo 1), que permitiu o registo dos dados no campo.

A fita métrica foi usada para medir os comprimentos dos toros. Com a suta mediram-se os diâmetros do topo e da base de cada toro. O volume do toro foi determinado com base na fórmula de Smalian:

$$V = \frac{G_b + G_t}{2} * L \quad (1)$$



$$G_i = \frac{\pi * D_i^2}{4} \quad (2)$$

onde:

V – volume de toro;

$G_i$  – área basal do topo e da base;

L – comprimento do toro;

$D_i$  – diâmetro do topo e da base.

As medições dos diâmetros foram feitas em duas direcções perpendiculares entre si para aumentar a precisão dos resultados de cálculo do volume dos toros com secção elíptica ou oval (Egas, 1998). Como a serração processa madeira com casca, foi usada a régua graduada para medir a espessura da casca de cada toro, dado importante na determinação do diâmetro sem casca, segundo a seguinte expressão:

$$D_{sc} = D_{cc} - 2 * E \quad (3)$$

onde:

$D_{sc}$  – diâmetro do toro sem casca;

$D_{cc}$  – diâmetro do toro com casca;

E – espessura da casca do toro.

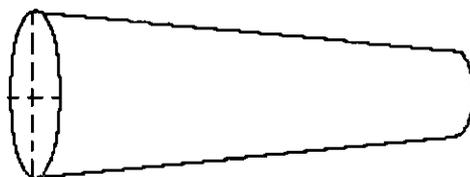


Figura 1 – Medição do diâmetro de toros

Os defeitos foram avaliados com base em nós e curvas que os toros apresentaram. Foi feita a contagem dos nós com podridão e nos casos de toros com curvaturas ligeiras, as curvas foram estimadas com ajuda de uma corda de nylon. A fórmula (4) deduz a percentagem de curvatura.

$$\%C = (R/2.54 - a) / D_{sc} / 2.54 \quad (4)$$

onde:

R – desvio em relação ao eixo central (cm)

$D_{sc}$  – diâmetro sem casca no extremo menor do toro (cm)

a = 1 para toros de 2.45 m de comprimento; a = 2 para toros de 4.9 m.

No processo de produção de madeira serrada para a produção de parquet na serração "Madeirarte, Lda", estão envolvidos três esquemas de corte. O esquema de corte 1 começa com a serragem do toro na serra circular dupla (produção de uma prancha semi-elaborada a partir de dois cortes simultâneos). A prancha passa para a serra circular simples, que efectua um corte originando duas semi-pranchas. Estas, são convertidas em madeira serrada na serra fita (resseradora) (figura 2).

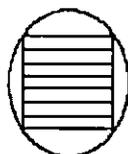


**Legenda**

- serra fita (resseradora)
- serra circular dupla
- - serra circular simples

Figura 2 – Esquema de corte 1

O esquema de corte 2 consistiu na limpeza do toro (produção de uma prancha, graças a quatro cortes alternados), e pela serragem da prancha para a obtenção de madeira serrada na serra fita principal (figura 3).

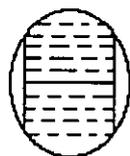


**Legenda**

- serra fita principal

Figura 3 – Esquema de corte 2

Um outro processo que começa com a produção de duas semi-pranchas na serra fita principal (limpeza do toro com base em dois cortes consecutivos e um corte que divide a prancha ao meio), e pela conversão da semi-prancha em madeira serrada na resseradora de fita, foi considerado esquema de corte 3 (figura 4).



### Legenda

- serra fita principal
- - serra fita (resseradora)

Figura 4 – Esquema de corte 3

As tábuas obtidas quer na resseradora (esquema de corte 1 e esquema de corte 3) como na serra fita principal (esquema de corte 2), sem no entanto apresentarem defeitos como rachas e podridão, são encaminhadas para a serra que faz o delineamento das largas, topejadora e para a plaina produzindo deste modo o parquet.

Dadas as características dos esquemas de corte utilizados, o processo de serragem/produção de parquet envolveu várias máquinas. No (anexo 2) apresenta-se o lay-out da serração.

Os toros seleccionados foram submetidos um a um ao processo de serragem de modo a obter tábuas e posteriormente parquet. O número de toros processados com base nos esquemas de corte não foi proporcional (tabela 3).

TABELA 3. - Apresentação do número de toros processados por cada esquema de corte

| Classe<br>diamétrica | Nr. de toros por cada EC |      |      |
|----------------------|--------------------------|------|------|
|                      | EC 1                     | EC 2 | EC 3 |
| 17 - 19,4            | 5                        | 0    | 0    |
| 19,5 - 21,8          | 3                        | 1    | 1    |
| 21,9 - 24,2          | 0                        | 3    | 1    |
| 24,3 - 26,6          | 0                        | 5    | 1    |
| 26,7 - 29,0          | 0                        | 4    | 2    |
| 29,1 - 31,4          | 0                        | 2    | 2    |
| 31,5 - 33,8          | 0                        | 3    | 2    |
| 33,9 - 36,2          | 0                        | 5    | 0    |
| TOTAL                | 8                        | 23   | 9    |

Onde:

EC 1 – esquema de corte para a produção da semi-prancha pela serra principal;

EC 2 – esquema de corte para a produção de tábuas na serra fita principal;

EC 3 – esquema de corte para a produção da prancha na serra fita principal e as tábuas na resseradora.

Durante a serragem, foram produzidas tábuas, costeiros e serradura. Em cada tábua produzida foram feitas medições de comprimento e largura com a fita métrica, assim como, de espessura com paquímetro. Para a largura foram feitas 3 medições, sendo 2 nos extremos e 1 no centro, enquanto que para a espessura foram feitas 6 medições, sendo 2 em cada extremos e 2 na posição intermédia para se obter valores médios dos parâmetros devido a diferença de espessura ao longo do comprimento das peças. Estes dados foram usados na determinação do volume de cada tábua de acordo com a seguinte fórmula:

$$V_i = C * L * e \quad (7)$$

onde:

$V_i$  – volume de cada tábua;

$C$  – comprimento de cada tábua;

$L$  – largura média de cada tábua;

$e$  – espessura média de cada tábua.

Os volumes das tábuas produzidas por cada toro foram determinados usando a fórmula (8).

$$V_{tab} = \sum_{i=1}^n V_i \quad (8)$$

onde:

$V_{tab}$  – volume das tábuas de cada toro estudado;

$n$  – número de tábuas do toro.

O critério usado para determinar o volume do parquet foi o mesmo para determinar o volume das tábuas. Tendo em conta que a serração classifica os seus produtos em madeira de primeira classe (tábuas que produzirão parquet) e madeira de segunda classe (tábuas rejeitadas por apresentarem defeitos como podridão, rachas e/ou pelo facto de não possuírem dimensões recomendadas), foram calculados e registados os volumes de acordo com as diferentes classes de qualidade.

X

### 3.2.2 Processamento de dados

Neste estudo foram determinados os rendimentos volumétricos, a percentagem de serradura e a percentagem de costeiros para avaliar a eficiência de conversão em volume. Foram determinados igualmente o valor por metro cúbico de toros e o valor por metro cúbico dos produtos obtidos para avaliar a eficiência de conversão em valor.

#### 3.2.2.1 Cálculo dos parâmetros da eficiência de conversão em volume

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 de madeira serrada obtida.

Neste estudo, para além do rendimento volumétrico total foram determinados o rendimento do parquet, o rendimento de madeira de primeira classe, o rendimento da madeira de segunda classe, a percentagem de outros desperdícios (aqueles obtidos no delineamento da largura e no topejamento) e a percentagem dos costeiros de acordo com as seguintes fórmulas:

$$R_{MS} = \frac{V_{MS}}{V} * 100 \quad (9)$$

$$R_p = \frac{V_p}{V_{MS}} * 100 \quad (10)$$

$$R_{p'} = \frac{V_p}{V} * 100 \quad (11)$$

$$R_{M.Pri} = \frac{V_{M.Pri}}{V_{MS}} * 100 \quad (12)$$

$$R_{M.Seg.} = \frac{V_{M.Seg.}}{V_{MS}} * 100 \quad (13)$$

$$\%outrosdesperdicios = \frac{V_{OD}}{V_{MS}} * 100 \quad (14)$$

$$\%Costeiros = \frac{V_{cost.}}{V} * 100 \quad (15)$$

Onde:

$R_{MS}$ ,  $R_p$ ,  $R_{p'}$ ,  $R_{M.Pri}$ ,  $R_{M.Seg}$  – são rendimentos volumétricos de madeira serrada, de parquet, de parquet em relação ao volume de toros, de madeira de primeira classe e de madeira de segunda classe, respectivamente.

X

$V$ ,  $V_{MS}$ ,  $V_p$ ,  $V_{M.Pri}$ ,  $V_{M.Seg}$ ,  $V_{OD}$  e  $V_{cost}$ . – são volumes de toro, de madeira serrada, de parquet, de madeira de primeira classe, de madeira de segunda classe, de outros desperdícios e dos costeiros, respectivamente.

Os volumes dos costeiros de cada toro foram determinados pela subtração do volume total da serradura produzida na serragem do toro e o volume da madeira serrada (volume das tábuas), no volume do respectivo toro.

Para calcular a percentagem de serradura, primeiro foi determinada a espessura da linha de corte que é equivalente a espessura da lâmina adicionando o dobro da trava. Para tal, foram obtidas as medidas da espessura da lâmina da serra e da sua trava determinando deste modo a espessura da linha de corte com base na fórmula:

$$E_{lc} = E_l + 2 * Tr \quad (16)$$

onde:

$E_{lc}$  – espessura da linha de corte;

$E_l$  – espessura da lâmina;

$Tr$  – trava.

Com o “relógio de trava” e o paquímetro foram efectuadas 20 medições em cada lâmina da serra para a obtenção da trava média e da espessura média da lâmina da serra respectivamente. Estas medições foram efectuadas de forma aleatória ao longo da serra permitindo que todas as observações tivessem a mesma chance de serem seleccionadas. Os dados destas medições permitiram o cálculo do volume de serradura para cada corte efectuado mediante a fórmula:

$$V_{scc} = E_{lc} * C * l \quad (17)$$

onde:

$V_{scc}$  – volume da serradura de cada corte;

$C$  – comprimento de cada corte;

$l$  – largura de cada corte

A determinação da largura de corte na serra dupla principal e na serra principal de fita durante os cortes iniciais, foi feita com base na fórmula do teorema de Pitágoras:

$$(D/2)^2 = b^2 + a^2 \quad (18)$$



$$b1 = \sqrt{(D/2)^2 + a1^2} \quad (19)$$

$$l = 2 * b1 \quad (20)$$

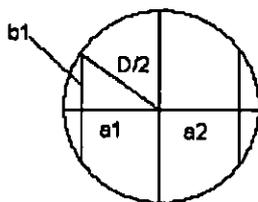


Figura 5 – Determinação da largura de corte nas serras principais

onde:

D/2 – é a metade do diâmetro do topo

b1 – metade da largura de corte

a1 – metade da largura do bloco

l – largura de corte

A prancha obtida na serra dupla principal (esquema de corte 1) é convertida numa semi-prancha na serra circular simples onde a largura do corte é equivalente a largura da prancha.

A semi-prancha é encaminhada para uma resseradora de serra fita, para a produção de tábuas.

A largura de corte, nesta serra, é igual a largura de corte na serra circular simples. Todavia, na serra circular (delineadora de larguras das tábuas) foram efectuados dois cortes, em que cada um tem uma largura de corte igual a espessura das tábuas. Por último, as tábuas, passaram para a topejadora, que define o comprimento do parquet. Aqui, a largura de corte é igual a espessura da tábua.

Para o cálculo do volume de serradura por toro efectuou-se o somatório dos volumes dos cortes de cada toro de acordo com a fórmula:

$$V_{st} = \sum_{i=1}^n V_{sc} \quad (21)$$

E, finalmente foi determinada a percentagem de serradura com base na fórmula:

$$\%Serradura = \frac{V_{st}}{V} * 100 \quad (22)$$

Onde:

V e  $V_{st}$  – volumes do toro e da serradura produzida por cada toro



### 3.2.2.2 Cálculo dos parâmetros de eficiência de conversão em valor

Segundo Willits & Fahey (1991), dentro deste grupo existem dois indicadores com muita importância nomeadamente: valor por metro cúbico dos produtos obtidos e o valor por metro cúbico de toros.

O valor por metro cúbico de madeira serrada é determinado através da relação entre o preço de venda dos produtos e o seu respectivo volume, assim:

$$\$/m^3 \text{ de PO} = \text{Preço dos produtos obtidos}/V_{PO} \quad (23)$$

Para calcular o valor por metro cúbico de toros será determinada a relação que existe entre o preço dos produtos obtidos de cada toro e o respectivo volume do toro, assim:

$$\$/m^3 \text{ de toros} = \text{Preço dos produtos obtidos}/V \quad (24)$$

onde:

$V_{PO}$  – volume dos produtos obtidos;

$V$  – volume do toro.

Os produtos obtidos são: parquet, ripas e costeiros.

### 3.2.2.3 Influência do diâmetro sobre os indicadores de eficiência de conversão

Neste trabalho foi analisado o diâmetro dos toros como factor que pode afectar os métodos e procedimentos na serragem assim como os indicadores de eficiência de conversão.

A relação dos indicadores de eficiência de conversão com o diâmetro de toros foi obtida através de equações de regressão analisando a tendência dos indicadores de eficiência de conversão com o aumento ou diminuição dos diâmetros dos toros. Plank (1985) testou os seguintes modelos que caracterizam a relação dos indicadores de conversão com o diâmetro dos toros:

$$Y = b_0 + b_1 * D \quad (25)$$

$$Y = b_0 + b_1 * D^2 \quad (26)$$

$$Y = b_0 + b_1 * D + b_2 * D^2 \quad (27)$$

$$Y = b_0 + b_1 * \frac{1}{D} \quad (28)$$

$$Y = b_0 + b_1 * \frac{1}{D} + b_2 * \frac{1}{D^2} \quad (29)$$

$$Y = b_0 + b_1 * D + b_2 * \frac{1}{D} + b_3 * \frac{1}{D^2} \quad (30)$$



Onde:

Y – representa os indicadores de eficiência em volume ou em valor

$b_0$ ;  $b_1$ ;  $b_2$  e  $b_3$  – são coeficientes de regressão

D – é o diâmetro do toro no topo sem casca.

Este procedimento foi usado só para o esquema de corte 2 devido ao tamanho reduzido de amostras dos esquemas de corte 1 e 3.

Na análise da tendência do rendimento volumétrico total e do valor por metro cúbico dos toros em função do diâmetro eliminaram-se os toros com 20,75 e 27 cm de diâmetro, por apresentarem valores anormais.

Foram testadas as 6 equações acima referidas usando o diâmetro (D) e combinações de  $D^2$ ,  $1/D$  e  $1/D^2$  como variáveis independentes. As variáveis dependentes usadas foram: o rendimento volumétrico total (%), a percentagem de serradura (%), a percentagem de costeiros (%), o valor por metro cúbico de toros ( $\$/m^3$ ) e o valor por metro cúbico dos produtos obtidos ( $\$/m^3$ ), tendo sido seleccionadas as que melhor se ajustam aos dados. Para tal foi usado o programa estatístico “SPSS” que forneceu os coeficientes de regressão ( $b_0$ ,  $b_1$ ,  $b_2$  e  $b_3$ ), coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e a probabilidade dos coeficientes, permitindo a escolha da melhor equação. Com base nas equações seleccionadas foi usado o pacote “EXCEL” para a obtenção dos respectivos gráficos.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Indicadores de eficiência de conversão em volume

Na tabela 4 estão apresentados os resultados sobre os indicadores de eficiência de conversão em volume, tendo em conta os esquemas de corte usados na serração.

Os valores dos parâmetros analisados foram agrupados com base nos três esquemas de corte que a serração usa no processo de serragem.

TABELA 4. - Indicadores de eficiência de conversão em volume na serração "Madeirarte, Lda".

| esquema de corte 1     |           |         |             |        |         |      |      |
|------------------------|-----------|---------|-------------|--------|---------|------|------|
| classe diamétrica (cm) | Nr. Toros | RVT (%) | rend 1ª (%) | RP (%) | RP' (%) | % S  | % C  |
| 17 - 19                | 4         | 64,4    | 67,6        | 37,3   | 25,0    | 17,2 | 18,4 |
| 19,1 - 21              | 4         | 67,2    | 86,4        | 55,1   | 30,2    | 16,2 | 16,6 |
| esquema de corte 2     |           |         |             |        |         |      |      |
| 20 - 27,5              | 11        | 53,8    | 77,8        | 44,7   | 24,6    | 13   | 33,2 |
| 27,6 - 35              | 12        | 56,7    | 87,6        | 55,3   | 28,8    | 15,3 | 28   |
| esquema de corte 3     |           |         |             |        |         |      |      |
| 21 - 26,8              | 4         | 61,1    | 90,6        | 54,1   | 33,0    | 11,6 | 27,3 |
| 26,9 - 32              | 5         | 63,4    | 93,8        | 55,5   | 34,1    | 11,2 | 25,4 |

Onde:

RTV - rendimento volumétrico total (%);

rend 1ª - rendimento da madeira de primeira classe (%);

RP - rendimento de parquet (%);

RP' - rendimento de parquet em relação ao volume de toro (%);

% S - percentagem de serradura (%);

% C - percentagem dos costeiros (%);

Segundo Colégio Florestal (1986) e Braz (s.d.), os valores de rendimento volumétrico em folhosas normalmente variam de 45 a 55 %, e para coníferas variam de 55 a 65 %, isto deve-se ao facto de as resinosas apresentarem baixos valores de conicidade e tortuosidade. A tabela 3 mostra que neste estudo foram obtidos valores de rendimento volumétrico total acima de 55 %, a pesar de a espécie *Androstachys johnsonii* ser uma folhosa, indicando de certa forma um elevado nível de aproveitamento nesta serração. Tal situação deve-se em parte ao facto de os toros processados na serração "Madeirarte, Lda" apresentarem pouca tortuosidade, pois ao serrar toros com tortuosidade acentuada perdem-se grandes quantidades de madeira em forma de costeiros na serra principal. De facto o anexo 3 mostra que dos 40 toros

seleccionados para o estudo, apenas 4 toros apresentaram percentagem de curvatura que variam de 6,3 a 12,4 %; e 9 toros com percentagem de curvatura variando de 0,7 a 5,0 %. Os restantes 27 toros não apresentaram curvaturas.

Na tabela 4 observa-se uma tendência de aumento dos valores do rendimento volumétrico total com o incremento do diâmetro dos toros nos três esquemas de corte. Esta situação incentiva não só a serragem de toros com diâmetros superiores para se obterem rendimentos elevados, mas sobretudo a necessidade de uma serragem cuidadosa de toros de diâmetros inferiores com vista a elevar o seu rendimento. Egas (1998), demonstrou que um dos factores que pode contribuir para elevar o rendimento volumétrico é uma serragem cuidadosa de toros de pequenos diâmetros.

Os valores de rendimento volumétrico total mais baixos (53,8 e 56,7 %), foram obtidos nos toros processados com base no esquema de corte 2, nos intervalos de diâmetro que variam de 20 a 27,5 cm e 27,6 a 35 cm, respectivamente. Isto pode ser explicado pelo elevado número de toros com curvatura (seis), apresentando valores que variam de 0,7 a 12,4 % de percentagem de curvatura (anexo 3). Por outro lado, a limpeza dos toros é efectuada mediante 4 cortes na serra principal, produzindo deste modo, grandes quantidades de costeiros em relação ao esquema de corte 1.

No caso do esquema de corte 3, onde foram processados toros com intervalos de diâmetro aproximadamente iguais ao esquema de corte 2, foram obtidos valores de rendimento volumétrico total relativamente superiores aos toros do esquema de corte 2. Os 2 cortes efectuados na serra principal para a limpeza dos toros conjugados com a presença de poucos toros com curvaturas que variam de 1,7 a 2,5 % (anexo 3), são factores que contribuíram para a diminuição ligeira dos desperdícios, favorecendo o rendimento volumétrico total.

No esquema de corte 1 onde foram processados toros com diâmetros menores obtiveram-se valores de rendimento volumétrico total elevados como 64,4 % para o intervalo de diâmetro (17-19 cm) e 67,2 % no intervalo de diâmetro de 19,1 a 21 cm. Estes valores devem-se em parte a presença de poucos toros com curvatura (três), tendo apresentado percentagem de curvatura que variam de 4,2 a 10,3 %. Por outro lado, a limpeza destes toros era efectuada com base em 2 cortes, contrariamente aos 4 cortes no esquema de corte 2. Este procedimento, originou pouca quantidade de desperdício em forma de costeiros e de serradura.

Neste estudo, foi considerado madeira serrada de primeira classe as tábuas que não apresentaram rachas e podridão interna em toda sua extensão e que possuíssem dimensões previamente estabelecidas. Segundo Colégio Florestal (1986), toros sem qualidade reduzem e restringem a utilização da madeira. Este facto foi provado nesta pesquisa, porque as tábuas de primeira classe produzidas a partir dos toros da classe diamétrica 17 – 19 cm do esquema de corte 1, por terem apresentado incidência de rachas e podridão interna nalguns pontos da sua extensão (anexo 3), tiveram o menor valor de rendimento de parquet (37,3 %).

Por outro lado, verificou-se que os toros pertencentes a classe diamétrica 26,9 – 32 cm do esquema de corte 3, onde as suas tábuas não apresentaram defeitos como rachas e podridão interna (anexo 3), registaram o maior rendimento de parquet (55,5 %).

Os valores do rendimento de parquet (37,3 a 55,5 %), obtidos no estudo são menores tendo em conta que a serração tem como objectivo central a produção de parquet. Durante o estudo, observou-se que os operadores da canteadora e topejadora não eram fixos. Isto fez com que as decisões tomadas nestas máquinas afectassem o volume de parquet, devido a inexperiência dos operadores.

No geral, os maiores valores de RP' foram obtidos nos intervalos diamétricos com rendimentos volumétricos totais maiores. Contudo, a maior incidência de rachas e podridão interna contribuiu para que os toros da classe diamétrica (17-19 cm), a pesar de ter registado 64,4 % de rendimento volumétrico total, tivesse o valor mais baixo de RP' (25 %).

A percentagem de serradura foi calculada com base nas espessuras de corte desde o primeiro corte efectuado na serra principal até aos cortes que originaram as tábuas quer na resseradora, quer na serra principal fita dependendo do esquema de corte. Segundo Colégio Florestal (1986) e Braz (s.d.) os valores de percentagem de serradura variam de 6 a 20 %. A tabela 3, mostra que os toros processados com base nos 3 esquemas de corte apresentaram valores de percentagem de serradura que estão dentro deste intervalo.

A percentagem de serradura depende entre outros factores da espessura e da trava da lâmina envolvida no corte, este facto foi notório no presente estudo, pois os maiores valores deste parâmetro (17,2 e 16,2 % para intervalos de diâmetro de 17-19 cm e 19,1-21 cm

respectivamente) observaram-se no primeiro esquema de corte (que envolveu a serra dupla de disco e a serra circular simples, com espessuras da lâmina maior que a da serra fita) (anexo 4).

Os valores de percentagem de costeiros variaram de 16,6 a 18,4 % para diâmetros menores e 28,0 a 33,2 % para diâmetros relativamente maiores. Egas (2000), refere que este parâmetro pode atingir valores tão baixos como 20 % e valores tão altos com 70 %, de acordo com o diâmetro, comprimento e qualidade dos toros processados, os esquemas de corte e de traçagem, entre outros factores.

No entanto, observa-se que o esquema de corte 1 apresentou valores mais baixos de percentagem de costeiros (tabela 4) como resultado dos altos valores de rendimento volumétrico total e de percentagem de serradura.

A classificação da madeira serrada efectua-se de forma subjectiva, onde as tábuas que apresentam maior incidência de defeitos como rachas e/ou podridão consideram-se madeira de segunda classe. As tábuas isentas destes defeitos ou com pouca incidência são consideradas madeira de primeira classe.

A figura 6, mostra que a maior parte da madeira serrada de primeira classe (rendimento da madeira de primeira classe = 84,1 %), seguiu o fluxo que determina a produção de parquet. Contudo, defeitos como racha e podridão interna dos toros fizeram com que 15,9 % das tábuas fossem consideradas madeira de segunda classe, servindo para a produção de ripas.

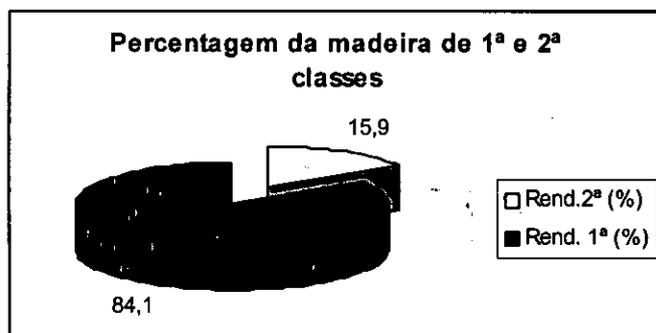


Figura 6 – Percentagem de madeira de primeira e de segunda classe

#### 4.2 Indicadores de eficiência de conversão em valor

A tabela 5 mostra os resultados sobre os indicadores de conversão em valor, tendo em conta os esquemas de corte usados na serração.

TABELA 5 - Indicadores de eficiência de conversão em valor na serração "Madeirarte, Lda".

| esquema de corte 1     |           |                            |                         |
|------------------------|-----------|----------------------------|-------------------------|
| classe diamétrica (cm) | Nr. Toros | \$/m <sup>3</sup> de toros | \$/m <sup>3</sup> de PO |
| 17 - 19                | 4         | 5.124.993,87               | 7.850.528,75            |
| 19,1 - 21              | 4         | 6.909.850,64               | 10.356.193,23           |
| esquema de corte 2     |           |                            |                         |
| 20 - 27,5              | 11        | 5.084.666,50               | 9.415.949,78            |
| 27,6 - 35,0            | 12        | 6.395.699,46               | 10.740.704,69           |
| esquema de corte 3     |           |                            |                         |
| 21 - 26,8              | 4         | 6.265.903,00               | 10.258.930,04           |
| 26,9 - 32              | 5         | 6.212.017,27               | 9.841.733,49            |

Segundo Willits & Fahey (1991) o valor por metro cúbico dos produtos obtidos espelha a qualidade de toros processados e o valor por metro cúbico de toros não só espelha a qualidade de toros como também o seu rendimento volumétrico total. No caso deste estudo, o maior valor por metro cúbico de toros (6.909.850,64 Mt/m<sup>3</sup>), foi obtido nos toros com maior rendimento volumétrico total. Neste grupo de toros verificou-se uma menor incidência de nós e apenas um toro apresentou podridão interna (anexo 3).

O facto de os toros pertencentes a classe diamétrica 20 a 27,5 cm (serrados com base no esquema de corte 2) terem apresentado menor rendimento volumétrico, maior incidência de defeitos como é mostrado no anexo 3, e conseqüentemente menor valor por metro cúbico de toros (5.084.666,50 Mt/m<sup>3</sup>), reforça ainda mais a constatação de Willits & Fahey (1991).

De acordo com a tabela 4, o valor por metro cúbico de toros varia de 5.084.666,50 a 6.909.850,64 Mt/m<sup>3</sup>. Tendo em conta que o custo de toros é de 1.500.000,00 Mt/m<sup>3</sup>, há possibilidades de o processo de produção de madeira serrada e parquet ser rentável, a pesar de não estarem incorporados outros factores que fazem parte dos custos de produção como: mão de obra, amortização da maquinaria e equipamento, consumo de energia e combustíveis, entre outros. Esta constatação confirma o que Plank (1985) e Willits & Fahey (1991) sustentam.

Os valores por metro cúbico de toros e dos produtos obtidos de toros serrados com base nos esquemas de corte 1 e 2 mostraram uma tendência de aumento com o diâmetro (tabela 4). No entanto, foi observada uma ligeira diminuição quer do valor por metro cúbico de toros assim como do valor por metro cúbico de madeira serrada nos intervalos de diâmetro dos toros processados com base no esquema de corte 3. Esta situação deve-se a má qualidade dos toros no intervalo de 26,9 a 32 cm de diâmetro, nomeadamente: a presença de nós em todos os toros desta classe diamétrica, bem como a presença de toros com percentagem de curvatura relativamente elevada (anexo 3). Este tipo de resultado foi obtido nos estudos efectuados por Plank (1985).

#### **4.3 Factores que influenciam a eficiência de conversão**

Um dos factores que influencia os indicadores de conversão de toros é o diâmetro. A relação entre o diâmetro dos toros e os indicadores de eficiência é representada pelas curvas de melhor ajuste aos dados da amostra. Estas curvas revelam uma grande importância, pois com base nas suas equações é possível estimar os valores dos indicadores de conversão conhecendo os diâmetros dos toros (anexo 5).

Durante a recolha de dados, o número de toros processados com base nos três esquemas de corte não foi proporcional, tendo se observado o processamento de muitos toros no esquema de corte 2 comparando com os esquemas de corte 1 e 3 (tabela 3). Isto fez com que fosse mostrada a relação entre o diâmetro dos toros com os indicadores de eficiência de conversão apenas para os toros processados com base no esquema de corte 2.

#### Relação entre o diâmetro dos toros com o rendimento volumétrico total

O diâmetro dos toros influencia o rendimento volumétrico total. Esta relação é demonstrada na figura 7, que apresenta a curva de melhor ajuste aos dados com base no esquema de corte 2. O modelo que define esta curva é:

$$Y = 0,762 * D + 35,450 \quad (31)$$

que apresentou coeficientes de regressão significativos num intervalo de confiança de 95 %. O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) obtido foi de 0,261. Segundo Jayaraman (2000), este valor de  $R^2$  indica que 26,1 % das variações observadas no rendimento volumétrico total devem-se

ao modelo escolhido, e as restantes devem-se a outros factores que influenciam o rendimento volumétrico total.

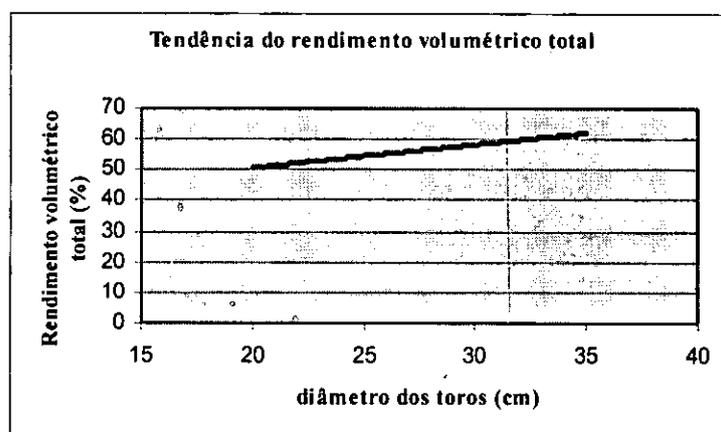


Figura 7 – Comportamento do rendimento volumétrico total dos toros processados com base no esquema de corte 2

A curva da figura 7 mostra que os diâmetros dos toros processados no esquema de corte 2 influenciam o rendimento volumétrico total. Este facto é demonstrado pelo aumento do rendimento volumétrico total devido ao incremento dos diâmetros dos toros, sugerindo deste modo a necessidade de serragem mais cuidadosa de toros de pequenos diâmetros como já foi referido. Esta tendência do aumento dos valores do rendimento volumétrico total verificou-se também para os esquemas de corte 1 e 3, de acordo com a tabela 3 a pesar de não haver uma comprovação estatística devido ao tamanho reduzido da amostra nesses esquemas como já foi mencionado.

#### Relação entre o diâmetro dos toros com a percentagem de serradura

No esquema de corte 2 verifica-se que há uma tendência de aumento da percentagem de serradura derivado do aumento dos diâmetros dos toros. Esta relação é demonstrada pela Figura 8, que apresenta a curva de melhor ajuste dos toros processados. Escolheu-se a equação:

$$Y = 0,00937 * D^2 + 7,559 \quad (32)$$

por ter apresentado coeficientes de regressão significativos a 95% de intervalo de confiança. O  $R^2 = 0,719$ , o que significa que existe uma correlação muito forte entre o diâmetro e a percentagem de serradura, e que 71,9 % das variações na percentagem de serradura

observadas no segundo esquema de corte devem-se ao modelo e as restantes 28,1 % devem-se a outros factores.

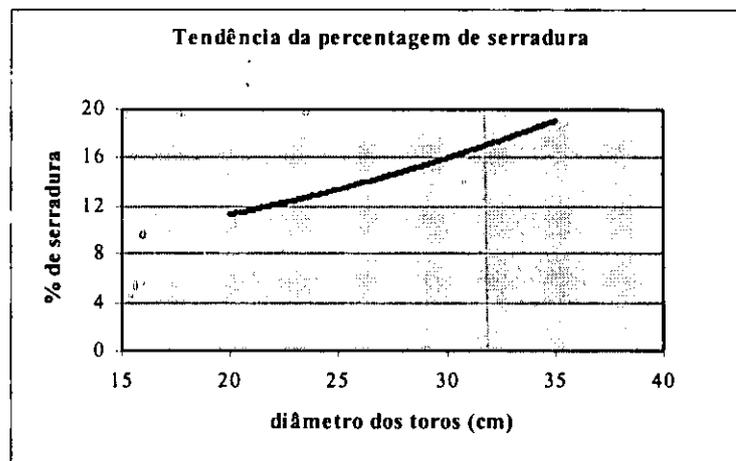


Figura 8 – Comportamento da percentagem de serradura dos toros processados com base no esquema de corte 2

O aumento da percentagem de serradura com o diâmetro do toro foi também observado no estudo mencionado por Egas (2000), na serração Francisco Donatien, devendo-se a necessidade de se produzir peças da mesma espessura a medida que o diâmetro aumenta, o que resulta num aumento da percentagem da madeira serrada obtida do toro, e portanto, a respectiva superfície total, que esta relacionada com a quantidade de serradura produzida.

#### Relação entre o diâmetro dos toros com a percentagem de costeiros

A figura 9, mostra que com o aumento do diâmetro há uma tendência de diminuição da percentagem dos costeiros. Esta relação é demonstrada pela curva de melhor ajuste aos toros processados com base no esquema de corte 2, onde o modelo escolhido é:

$$Y = -0,0199 * D^2 + 44,364 \quad (33)$$

Esta equação foi obtida a 95 % de intervalo de confiança. O  $R^2$  foi de 0,221, o que significa que 22,1 % das variações observadas na percentagem dos costeiros devem-se ao modelo e as restantes a outros factores.

A redução da percentagem de costeiros com o diâmetro é explicado pelo aumento do rendimento volumétrico total e da percentagem de serradura quando se incrementa o diâmetro dos toros.

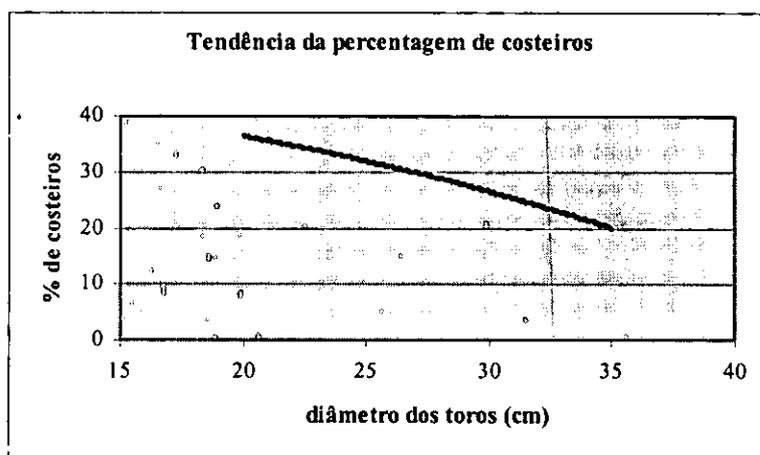


Figura 9 – Comportamento da percentagem de costeiros dos toros processados com base no esquema de corte 2

#### Relação entre o diâmetro dos toros com o valor por metro cúbico de toro

Existe uma relação directa entre o diâmetro dos toros e o valor por metro cúbico de toro. Esta relação é demonstrada na figura 10, que apresenta a curva de melhor ajuste dos toros processados com base no esquema de corte 2. O modelo que define esta curva é:

$$Y = 2469,720 * D^2 + 3763058 \quad (34)$$

que apresentou coeficientes de regressão significativos num intervalo de confiança de 95 %. O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) obtido foi de 0,288.

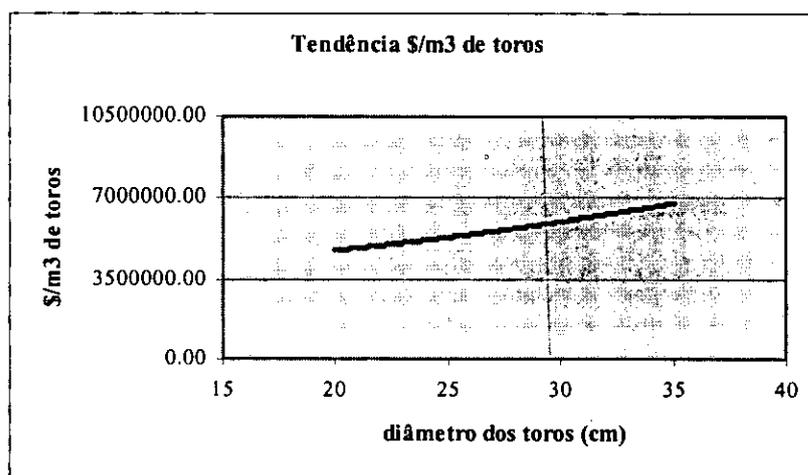


Figura 10 – Comportamento do valor por metro cúbico de toro dos toros processados com base no esquema de corte 2

A curva mostra que o incremento do diâmetro dos toros processados no esquema de corte 2 aumenta o valor por metro cúbico de toros, pois o toro com 20 cm de diâmetro apresenta cerca de 4.750.946 Mt/m<sup>3</sup> enquanto que o toro com diâmetro igual a 35 cm apresenta

6.788.465 Mt/m<sup>3</sup>. Esta situação deve-se em parte aos elevados valores do rendimento volumétrico total apresentados pelos toros com diâmetros superiores.

#### Relação entre o diâmetro dos toros com o valor por metro cúbico dos produtos obtidos

Existe uma tendência significativa entre o diâmetro dos toros e o valor por metro cúbico dos produtos obtidos. Esta tendência é demonstrada na figura 11, que apresenta a curva de melhor ajuste dos toros processados com base no esquema de corte 2. O modelo que define esta curva é:

$$Y = 2638,125 * D^2 + 7678150 \quad (35)$$

O coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) obtido foi de 0,127, significando a existência de uma correlação fraca entre o diâmetro e o valor por metro cúbico dos produtos obtidos. A curva mostra que o incremento do diâmetro dos toros processados no esquema de corte 2 aumenta o valor por metro cúbico dos produtos obtidos, pois o toro com 20 cm de diâmetro apresenta cerca de 8.733.400 Mt/m<sup>3</sup> enquanto que o toro com diâmetro igual a 35 cm apresenta 10.909.853 Mt/m<sup>3</sup>, sugerindo a necessidade de se serrar toros com diâmetros relativamente maiores, para se obter valores por metro cúbico de madeira serrada de toros elevados.

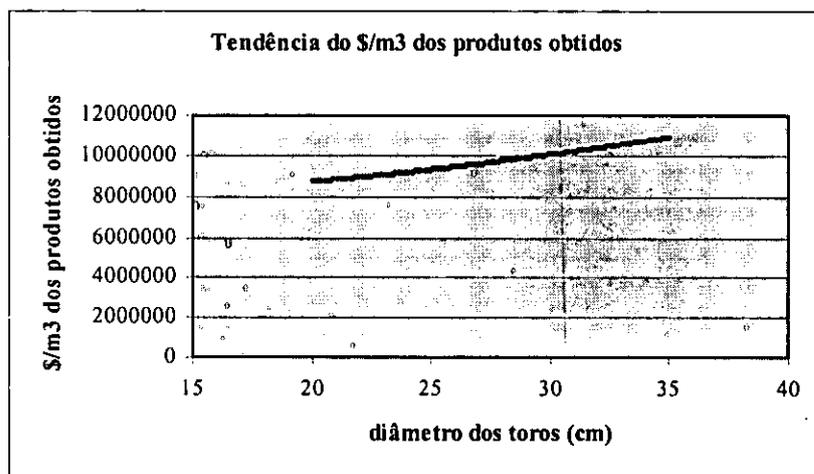


Figura 11 – Comportamento do valor por metro cúbico dos produtos obtidos dos toros processados com base no esquema de corte 2.

Os gráficos das figuras 7, 8, 9, 10 e 11 mostram que existe uma relação directa entre o diâmetro de toros com os indicadores de eficiência de conversão. Esta relação é de grande importância, pois suscita a necessidade de procura de métodos para o aperfeiçoamento da

serragem de toros de pequenas dimensões ou a necessidade de compra de toros com dimensões adequadas para serragem.

#### 4.4 Cálculo dos valores médios da eficiência de conversão

Os valores de eficiência de conversão acima calculados são referentes as amostras de cada esquema de corte. A tabela 6 mostra os valores estimados com base nas equações de regressão seleccionadas e tendo em conta a população de toros com diâmetros dentro do intervalo do esquema de corte 2. estes valores são apresentados mais detalhadamente no anexo 5.

TABELA 6. - Indicadores de eficiência de conversão na serração "Madeirarte, Lda".

|        | RVT (%) | % S  | % C  | \$/m <sup>3</sup> de toros (MT/m <sup>3</sup> ) | \$/m <sup>3</sup> de PO (MT/m <sup>3</sup> ) |
|--------|---------|------|------|---|--|
| média  | 56,8    | 15,1 | 28,4 | 5.746.762,36                                    | 9.797.118,98                                 |
| mínimo | 51,3    | 11,6 | 20,0 | 4.826.426,82                                    | 8.814.027,70                                 |
| máximo | 62,1    | 19,0 | 35,8 | 6.788.465,00                                    | 10.909.853,13                                |

Comparando os valores de eficiência de conversão calculados (tabela 3 e 4) com os valores estimados com base nas equações de regressão seleccionadas (tabela 6), não se observam grandes diferenças. Isto mostra que os modelos reflectem a realidade da serração.

## 5. CONCLUSÕES

Na serração "Madeirarte, Lda" verifica-se uma variação do rendimento volumétrico total em função do esquema de corte utilizado. O maior rendimento volumétrico foi obtido com o esquema de corte 1 (67,2 %) e o mais baixo com o esquema de corte 2 (53,8 %).

Foi possível provar neste estudo que a espessura e a trava da lâmina têm alguma influência na percentagem de serradura, pois os maiores valores deste parâmetro (17,2 e 16,2 %) foram observados nos toros serrados nas serras circular dupla e simples (esquema de corte 1), que apresentam espessura e trava da lâmina maiores e os menores (11,6 e 11,2 %) na serra fita (esquema de corte 3).

A presença de rachas e podridão nas tábuas influencia o rendimento de parquet. Os valores mais altos verificaram-se no esquema de corte 3 (55,5 %) onde as tábuas apresentaram poucos defeitos e os mais baixos no esquema de corte 1 (37,3 %) onde todas as tábuas apresentaram defeitos como rachas e podridão.

O rendimento volumétrico total e a qualidade de toros são factores que influenciam o valor por metro cúbico de toros. Como prova disto, o maior valor deste parâmetro (6.909.850,64 Mt/m<sup>3</sup>) foi obtido nos toros processados no esquema de corte 1, com maior rendimento volumétrico total e menor incidência de defeitos

Tendo em conta que o custo de toros é de 1.500.000,00 Mt/m<sup>3</sup>, há possibilidades de o processo de produção de madeira serrada e parquet ser rentável porque o valor por metro cúbico de toros médio estimado foi de 5.746.762,36 MT/m<sup>3</sup>.

No caso do esquema de corte 2, o aumento do diâmetro dos toros mostrou uma tendência de incrementar o rendimento volumétrico total, a percentagem de serradura, o valor por metro cúbico de toros e o valor por metro cúbico dos produtos obtidos, e reduzir a percentagem de costeiros.

Tendo o diâmetro dos toros é possível estimar o rendimento volumétrico total, a percentagem de serradura, a percentagem de costeiros, o valor por metro cúbico de toros, o valor por metro cúbico dos produtos obtidos através das seguintes equações de regressão:

$$Y = 0,762 * D + 35,450, \quad Y = 0,00937 * D^2 + 7,559, \quad Y = -0,0199 * D^2 + 44,364,$$
$$Y = 2469,720 * D^2 + 3763058 \text{ e } Y = 2638,125 * D^2 + 7678150, \text{ respectivamente.}$$

Os valores médios dos indicadores de eficiência técnica para a população de toros da serração "Madeirarte, Lda" são: 56,8 %, 51,7 %, 15,1 %, 28,4 %, 5.746.762,36 MT/m<sup>3</sup> e 9.797.118,98 MT/m<sup>3</sup> para o rendimento volumétrico total, rendimento de parquet, percentagem de serradura, percentagem de costeiros, valor por metro cúbico de toros e valor por metro cúbico dos produtos obtidos, respectivamente.

## 6. RECOMENDAÇÕES

A tendência do aumento do rendimento volumétrico total com o diâmetro, sugere a necessidade de procura de métodos para o aperfeiçoamento da serragem de toros de pequenas dimensões

A serragem de toros com defeitos reduziu o valor por metro cúbico de toros e o valor por metro cúbico de madeira serrada. Sendo assim, aconselha-se na medida do possível o processamento de toros isentos de defeitos. É importante também, encontrar-se a possibilidade de dar outros usos aos toros com defeitos, para permitir a sua maior valorização.

Há necessidade de se fazer outros estudos aumentando o tamanho da amostra. Esta situação permitirá o conhecimento do comportamento real dos indicadores de eficiência para os esquemas de corte 1 e 3.

O rendimento volumétrico total e outros parâmetros de eficiência de conversão dependem também do desempenho do operador de cada serra. Recomenda-se estudos sobre o desempenho de cada operador de forma a promover aqueles que apresentam melhor desempenho e assim melhorar o desempenho da serração.

Que se faça um estudo de eficiência económica para calcular-se os custos de mão de obra, amortização da maquinaria e equipamento, consumo de energia e combustíveis, de modo a determinar-se a rentabilidade da serração "Madeirarte, Lda".

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bunster, J. H. (1991). Estudo do rendimento volumétrico na serração de Messica. Maputo. FAO/DEF. 8pp.

Bunster, J. H. (1995). 52 madeiras de Moçambique. Catálogo Técnico. FAEF/DEF. Maputo. 80pp.

Braz, G. M. (s.d.). A tecnologia da madeira. 51pp.

Cardoso, J. G. A. (1963). Madeiras de Moçambique. Ficha da *Androstachys johnsonii*. Laboratório de sementes e tecnologia agrícola e florestal. Direcção dos serviços de agricultura e florestas. Lourenço Marques. 59pp.

Chitará, S. (2003). Instrumentos para a promoção de investimento privado a indústria florestal Moçambicana. DNFFB, Maputo. 55pp.

Colégio Florestal. (1986). Manual do Técnico Florestal. Apostilas do Colégio Florestal de Irati. Vol. IV. Paraná. 364pp.

DNFFB. (2002). Regulamento da lei de Florestas e Fauna Bravia. Maputo. 54pp.

DNFFB. (1999). Política e estratégia de desenvolvimento de floresta e fauna bravia. Maputo. 12pp.

Egas, F. A. (1998). Consideraciones para el incremento de la eficiencia de la conversion de la madeira en rolo de *Pinus caribaea* var. *Caribaea* en sierras de banda. Universidad de Pinar del Rio. Pinar del Rio. 116pp

Egas, F. A. (2000). Noções sobre a produção de madeira serrada. UEM/FAEF/DEF. Maputo. 98pp.

Eureka. (2001). Inquérito à indústria madeireira. MADER. Maputo. 60pp.

FAO (2003). Forest products. Yearbook. 1997-2001. Roma. 243pp.

FAO. (1982). Aserraderos pequeños y medianos en los países en desarrollo. Guia para para su planificacion y establecimiento. Roma. 173pp.

Gomes A. e Sousa (s.d.). Dendrologia de Moçambique. Estudo geral. Instituto de Investigação Agrária de Moçambique. Vol. II. 822pp.

<http://www.woodmarket.com/english/mercruesses.asp>

Ipex. (2003). Estratégia para o desenvolvimento das exportações de produtos processados de madeira de Moçambique. Maputo. 40pp.

Jayaraman, K. (2000). A statistical manual for forestry research. FORESPA – FAO publication. Bangkok. 239pp.

Plank, M. E. (1985). Lumber recovery from ponderosa pine in the black hills, South Dakota. USDA forest service research paper PNW – 328. Pacific northwest forest and range experiment station. Portland, ore. 14pp.

Ribeiro, A. J. M. M. (1992). Development of Forest Industry in Mozambique. Dissertação, Mestrado, Oxford Forestry Institute. Department of Plant Sciences. University of Oxford. 186pp.

Williston, E. M. (1988). Lumber Manufacturing. The Design and Operation of Sawmills and Planer Mills. California. 486pp.

Willits, S.; Fahey, T. D. (1991). Sugar pine utilization: a 30 – year transition. Pap. PNW – RP – 438. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. 21pp.

## ANEXOS

---

## ANEXO 1. – Ficha de registo de dados no campo

### Dados de toros

| Toro nr. | D <sub>base</sub> (cm) |   | D <sub>topo</sub> (cm) |   | C (m) | E (mm) | Nr. Nós | R (cm) | Nr. Tábuas |
|----------|------------------------|---|------------------------|---|-------|--------|---------|--------|------------|
|          | 1                      | 2 | 1                      | 2 |       |        |         |        |            |
| 1        |                        |   |                        |   |       |        |         |        |            |
| 2        |                        |   |                        |   |       |        |         |        |            |
| 40       |                        |   |                        |   |       |        |         |        |            |

### Dados de madeira serrada

| Peca nr. | Largura (cm)   |                |                | Espessura (mm) |                |                |                |                |                |
|----------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|          | L <sub>1</sub> | L <sub>2</sub> | L <sub>3</sub> | E <sub>1</sub> | E <sub>2</sub> | E <sub>3</sub> | E <sub>4</sub> | E <sub>5</sub> | E <sub>6</sub> |
| 1        |                |                |                |                |                |                |                |                |                |
| 2        |                |                |                |                |                |                |                |                |                |
| N        |                |                |                |                |                |                |                |                |                |

### Legenda:

D<sub>base</sub> - diâmetro da base em centímetros

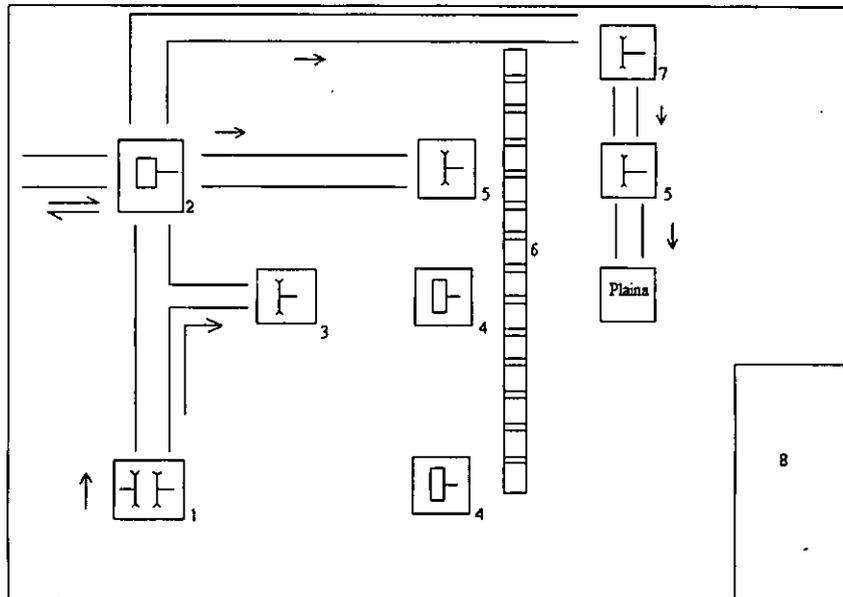
D<sub>topo</sub> - diâmetro do topo em centímetros

C - comprimento do toro em metros

E - espessura da casca do toro

R - desvio em relação ao eixo central em centímetros

**ANEXO 2. Lay-out da serração “Madeirarte, Lda”**



Legenda:

- 1 – Serra circular dupla
- 2 – Serra principal de fita
- 3 – Serra circular simples
- 4 – Serra fita (resseradora)

- 5 – Serra circular (topejadora)
- 6 – Transportador
- 7 – Serra circular (dimensiona larguras do parquet)
- 8 – Sector de afiação

**ANEXO 3. Incidência de defeitos nos toros processados..**

**Toros processados com base no esquema de corte 1**

| $D_{\text{topo}} \text{ (cm)}$ | % Curvatura | Nr. Nós | Outros defeitos           |
|--------------------------------|-------------|---------|---------------------------|
| 17                             | 0           | 3       | podridão interna          |
| 17,75                          | 4,2         | 3       | rachas e podridão interna |
| 18                             | 0           | 0       | racha                     |
| 18,5                           | 0           | 2       | racha e podridão interna  |
| 19,25                          | 6,3         | 5       |                           |
| 19,5                           | 10,3        | 1       | podridão interna          |
| 19,5                           | 0           | 0       |                           |
| 21                             | 0           | 0       |                           |

**Toros processados com base no esquema de corte 2**

| $D_{\text{topo}} \text{ (cm)}$ | % Curvatura | Nr. Nós | Outros defeitos          |
|--------------------------------|-------------|---------|--------------------------|
| 20,75                          | 0           | 6       |                          |
| 23                             | 0           | 0       | racha e podridão interna |
| 23,5                           | 12,4        | 4       | racha                    |
| 23,5                           | 0           | 4       | racha                    |
| 24,25                          | 0           | 2       |                          |
| 24,5                           | 5           | 1       |                          |
| 25,25                          | 0           | 0       | podridão interna         |
| 25,5                           | 0           | 2       |                          |
| 25,5                           | 0           | 3       |                          |
| 26,75                          | 0           | 2       |                          |
| 27                             | 7,4         | 0       |                          |
| 28                             | 0           | 2       |                          |
| 29                             | 0           | 0       |                          |
| 30,5                           | 0           | 2       | racha e podridão interna |
| 31                             | 0           | 0       |                          |
| 31,5                           | 1,3         | 0       |                          |
| 31,75                          | 0           | 2       |                          |
| 32,75                          | 0           | 1       | racha                    |
| 34                             | 0           | 3       |                          |
| 34                             | 0           | 0       |                          |
| 34,5                           | 1,1         | 2       |                          |
| 34,75                          | 0           | 0       | podridão interna         |
| 35                             | 0,7         | 2       | podridão interna         |

**Toros processados com base no esquema de corte 3**

| $D_{\text{topo}} \text{ (cm)}$ | % Curvatura | Nr. Nós | Outros defeitos |
|--------------------------------|-------------|---------|-----------------|
| 21,5                           | 0           | 0       |                 |
| 24                             | 1,7         | 2       |                 |
| 24,75                          | 0           | 3       |                 |
| 26,75                          | 1,5         | 0       |                 |
| 28,5                           | 2,5         | 1       |                 |
| 29,25                          | 0           | 4       |                 |
| 29,25                          | 0           | 1       |                 |
| 31,5                           | 2,3         | 3       |                 |
| 32                             | 0           | 1       |                 |

**ANEXO 4. Dimensões das lâminas das serras envolvidas na serragem dos toros.**

| <b>Máquina</b>                       | <b>Espessura média da lâmina (mm)</b> | <b>Trava (mm)</b> |
|--------------------------------------|---------------------------------------|-------------------|
| serra circular dupla                 | 4.080                                 | 0.827             |
| serra fita principal                 | 1.105                                 | 0.895             |
| serra fita (resseradora)             | 1.105                                 | 0.895             |
| serra circular simples               | 4.125                                 | 0.898             |
| serra circular (dimensiona larguras) | 3.050                                 | 0.571             |
| serra circular (topejadora)          | 2.280                                 | 0.661             |

**ANEXO 5. Indicadores de eficiência de conversão na serração "Madeirarte, Lda".**

| diâmetro (cm) | RVT (%) | % S     | % C     | \$/m <sup>3</sup> de toros (MT/m <sup>3</sup> ) | \$/m <sup>3</sup> de MS (MT/m <sup>3</sup> ) |
|---------------|---------|---------|---------|---|--|
| 20,75         | 51,2615 | 11,5934 | 35,7958 | 4.826.426,8175                                  | 8.814.027,6953                               |
| 21            | 51,4520 | 11,6912 | 35,5881 | 4.852.204,5200                                  | 8.841.563,1250                               |
| 21,5          | 51,8330 | 11,8903 | 35,1652 | 4.904.686,0700                                  | 8.897.623,2813                               |
| 23            | 52,9760 | 12,5157 | 33,8369 | 5.069.539,8800                                  | 9.073.718,1250                               |
| 23,5          | 53,3570 | 12,7336 | 33,3742 | 5.126.960,8700                                  | 9.135.054,5313                               |
| 23,5          | 53,3570 | 12,7336 | 33,3742 | 5.126.960,8700                                  | 9.135.054,5313                               |
| 24            | 53,7380 | 12,9561 | 32,9016 | 5.185.616,7200                                  | 9.197.710,0000                               |
| 24,25         | 53,9285 | 13,0691 | 32,6616 | 5.215.407,7175                                  | 9.229.532,3828                               |
| 24,5          | 54,1190 | 13,1833 | 32,4190 | 5.245.507,4300                                  | 9.261.684,5313                               |
| 24,75         | 54,3095 | 13,2987 | 32,1740 | 5.275.915,8575                                  | 9.294.166,4453                               |
| 25,25         | 54,6905 | 13,5330 | 31,6765 | 5.337.658,8575                                  | 9.360.119,5703                               |
| 25,5          | 54,8810 | 13,6518 | 31,4240 | 5.368.993,4300                                  | 9.393.590,7813                               |
| 25,5          | 54,8810 | 13,6518 | 31,4240 | 5.368.993,4300                                  | 9.393.590,7813                               |
| 26,75         | 55,8335 | 14,2638 | 30,1243 | 5.530.297,0175                                  | 9.565.893,3203                               |
| 26,75         | 55,8335 | 14,2638 | 30,1243 | 5.530.297,0175                                  | 9.565.893,3203                               |
| 27            | 56,0240 | 14,3897 | 29,8569 | 5.563.483,8800                                  | 9.601.343,1250                               |
| 28            | 56,7860 | 14,9051 | 28,7624 | 5.699.318,4800                                  | 9.746.440,0000                               |
| 28,5          | 57,1670 | 15,1698 | 28,2002 | 5.769.088,0700                                  | 9.820.967,0313                               |
| 29            | 57,5480 | 15,4392 | 27,6281 | 5.840.092,5200                                  | 9.896.813,1250                               |
| 29,25         | 57,7385 | 15,5756 | 27,3383 | 5.876.057,8175                                  | 9.935.230,8203                               |
| 29,25         | 57,7385 | 15,5756 | 27,3383 | 5.876.057,8175                                  | 9.935.230,8203                               |
| 30,5          | 58,6910 | 16,2754 | 25,8520 | 6.060.515,0300                                  | 10.132.265,7813                              |
| 31            | 59,0720 | 16,5636 | 25,2401 | 6.136.458,9200                                  | 10.213.388,1250                              |
| 31,5          | 59,4530 | 16,8564 | 24,6182 | 6.213.637,6700                                  | 10.295.829,5313                              |
| 31,5          | 59,4530 | 16,8564 | 24,6182 | 6.213.637,6700                                  | 10.295.829,5313                              |
| 31,75         | 59,6435 | 17,0045 | 24,3036 | 6.252.690,1175                                  | 10.337.544,8828                              |
| 32            | 59,8340 | 17,1539 | 23,9864 | 6.292.051,2800                                  | 10.379.590,0000                              |
| 32,75         | 60,4055 | 17,6089 | 23,0200 | 6.411.987,0575                                  | 10.507.703,9453                              |
| 34            | 61,3580 | 18,3907 | 21,3596 | 6.618.054,3200                                  | 10.727.822,5000                              |
| 34            | 61,3580 | 18,3907 | 21,3596 | 6.618.054,3200                                  | 10.727.822,5000                              |
| 34,5          | 61,7390 | 18,7116 | 20,6780 | 6.702.642,2300                                  | 10.818.178,2813                              |
| 34,75         | 61,9295 | 18,8739 | 20,3335 | 6.745.399,2575                                  | 10.863.850,8203                              |
| 35            | 62,1200 | 19,0373 | 19,9865 | 6.788.465,0000                                  | 10.909.853,1250                              |
| media         | 56,8    | 15,1    | 28,4    | 5.746.762,36                                    | 9.797.118,98                                 |
| mínimo        | 51,3    | 11,6    | 20,0    | 4.826.426,82                                    | 8.814.027,70                                 |
| máximo        | 62,1    | 19,0    | 35,8    | 6.788.465,00                                    | 10.909.853,13                                |

**Legenda**

RVT – rendimento volumétrico total (%)

% S – percentagem de serradura (%)

% C – percentagem de costeiros (%)

\$/m<sup>3</sup> de toros – valor por metro cúbico de toros (MT/m<sup>3</sup>)

\$/m<sup>3</sup> de MS – valor por metro cúbico de madeira serrada (MT/m<sup>3</sup>).