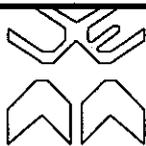


634.0.8  
Gua

Eng. F-73



**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE**

**FACULDADE DE AGRONOMIA E ENGENHARIA FLORESTAL  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

**Trabalho de Licenciatura**

22043

**Avaliação da eficiência técnica de conversão de  
toros de *Pinus patula* na serra portátil de disco**

**Autor:** Alberto Simão Guacha

**Supervisor:** Prof. Doutor Andrade Fernando Egas

**Maputo, Julho de 2003**

## DEDICATÓRIA

*Aos meus pais Simão Mutapate Guacha, e Júlia Pungue Armando, a minha eterna homenagem, pelos sacrifícios consentidos durante a minha formação.*

*Aos meus irmãos Armando Guacha, Mário Guacha, Ana Júlia Guacha, Laurinda Guacha e Sónia Guacha, para que vejam em seu irmão, um exemplo a seguir.*

## **AGRADECIMENTO**

*Ao Professor Doutor Andrade Fernando Egas supervisor do trabalho pelo apoio prestado.*

*A Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal (FAEF) pelo apoio financeiro sem o qual não seria possível realizar este trabalho.*

*Ao Engº Guilherme De Oliveira chefe do Centro Florestal de Machipanda (CEFLOMA) pelo apoio na coordenação de meios logísticos.*

*Ao SR. Alfredo pela disponibilização de transporte de e para o campo.*

*Endereço os meus sinceros agradecimentos ao meu colega Carlos Cuvilas por me ter ajudado na recolha de dados no campo.*

*O meu agradecimento é extensivo a todos aqueles que de uma forma directa ou indirecta contribuíram para a realização deste trabalho em particular aos meus colegas de turma, Jacob, Nazira, Silvestre, Isadora, Horacia, Teresa, Engº Papucides, Engº Nhamucho, Engº João Carlos.*

*Aos meus amigos Obadias, Binda, João, Adamugy e outros que estiveram do meu lado nos momentos mais difíceis da minha carreira estudantil.*

*A todos os meus agradecimentos !*

*O autor*

## ÍNDICE

DEDICATÓRIA.....	I
AGRADECIMENTO.....	II
LISTA DE TABELAS .....	VI
LISTA DE FIGURAS .....	VII
RESUMO.....	IX
1. INTRODUÇÃO .....	1
1.1. Objectivo geral.....	2
1.2. Objectivos específicos: .....	2
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1. O sector florestal madeireiro em Moçambique. Generalidades.....	3
2.2. Caracterização das serrações e do processo de serragem.....	5
2.2.1. Generalidades.....	5
2.2.1. Especificações da serra Lucas Mill modelo 8.....	7
2.2.2. Conversão de toros em madeira serrada .....	8
2.2.2.1. Indicadores de eficiência de conversão em volume.....	9
2.2.2.2. Indicadores de eficiência de conversão em valor.....	11
2.3. Análise da influência de alguns factores sobre os indicadores de eficiência de conversão .....	12

2.4. Descrição da Área de Estudo .....	14
2.4.1. Breve caracterização da floresta de Inhamacari.....	14
2.4.2 Descrição da espécie ensaiada no estudo .....	15
3. METODOLOGIA.....	18
3.1. Selecção da amostra .....	18
3.2. Recolha de dados .....	19
3.3. Processamento de dados.....	21
3.3.1. Determinação dos indicadores de eficiência de conversão em volume .....	22
3.3.2. Determinação dos indicadores de eficiência de conversão em valor.....	23
3.3.3. Determinação de valores médios dos parâmetros de eficiência de conversão..	24
3.3.4. Análise da influência de alguns factores sobre os indicadores de eficiência de conversão .....	24
3.3.4.1. Diâmetro dos toros.....	24
3.3.4.2. Defeitos dos toros.....	25
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
4.1. Determinação dos indicadores de eficiência em volume .....	27
4.2. Determinação dos indicadores da eficiência em valor.....	32
4.3. Análise da influência de alguns factores sobre os indicadores de eficiência de conversão .....	34
4.3.1. Relação do diâmetro com indicadores de eficiência de conversão .....	34
4.3.1.1. Relação do diâmetro dos toros com o rendimento volumétrico.....	34
4.3.1.3. Relação do diâmetro com valor por metro cúbico de toro .....	36
4.3.1.3. Relação do diâmetro com rendimento da 1ª Classe de qualidade.....	37
4.3.1.4. Relação do diâmetro com valor por metro cúbico de madeira serrada..	37
4.3.2. Relação dos empenamentos dos toros com alguns indicadores de eficiência de conversão .....	39

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	43
5.1. Conclusões .....	43
5.2. Recomendações.....	45
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA .....	46
ANEXOS	

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1- Numero de operadores na exploração florestal por província .....	4
Tabela 2- Principais características dendrométricas de cada talhão .....	15
Tabela 3- Variação dos rendimentos e de desperdícios em diferentes produtos e classes de qualidade. ....	27
Tabela 4- Volumes de madeira serrada obtida no estudo para diferentes produtos e classes de qualidade. ....	29
Tabela 5- Indicadores de eficiência de conversão em valor na serra Lucas Mill. ....	32
Tabela 6- Comportamento do rendimento volumétrico com aumento .....	35
Tabela 7- Influência dos defeitos nos indicadores de eficiência .....	39

## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1- Representação esquemática do toro.....	19
Figura 2- Esquema de corte utilizado na serra Lucas Mill do CEFLOMA .....	20
Figura 3- Representação das posições de medição das larguras das peças .....	21
Figura 4- Representação das posições de medição das espessuras das peças.....	21
Figura 5- Valores de rendimentos médios dos produtos e de classe de qualidade .....	28
Figura 6- Resultado do volume de madeira serrada para diferentes classes de qualidade. .....	30
Figura 7- Relação do diâmetro dos toros com rendimento volumétrico de todos toros	34
Figura 8- Relação do diâmetro com rendimento volumétrico.....	36
Figura 9- Relação do diâmetro com valor por metro cúbico de toros para toda amostra. .....	37
Figura 10- Tendência de crescimento do rendimento volumétrico total com aumento do diâmetro dos toros.....	41

## **ANEXOS**

- Anexo 1 - Ficha usada para recolha de dados no campo
- Anexo 2 - Caracterização dimensional dos toros objecto de estudo
- Anexo 3 - Volumes de madeira serrada (m<sup>3</sup>)
- Anexo 4 - Resultados dos rendimentos (%) da madeira serrada e dos desperdícios
- Anexo 5 – Resultados de indicadores de eficiência de conversão em valor
- Anexo 6 – Preços aplicados a madeira serrada na serração de Inhamacari
- Anexo 7 – Preços de madeira de 2 a qualidade convertidos (Mt/m<sup>3</sup>), de acordo com a tabela de preços do CEFLOMA
- Anexo 8 – Variação do preço dos produtos em função do comprimento.

## RESUMO

A serra portátil sobretudo de disco é de uma estrutura simples e que os seus custos de aquisição continuam a ser relativamente baixos quando comparado com outros tipos de serra. A serragem de toros utilizando a serra portátil é importante uma vez que reduz-se os custos de extracção e transporte de matéria prima em locais de difícil acesso como nas florestas naturais.

O estudo tem como objectivo avaliar a eficiência técnica de conversão de toros de *Pinus patula* em madeira serrada na serra portátil de disco Lucas Mill, afim de se conhecer o rendimento volumétrico obtido e propor medidas para o seu incremento e também propor um ensaio em outras espécies sobretudo de nativas.

No estudo foram seleccionados aleatoriamente 40 toros de *Pinus patula* na serração do Centro Florestal de Machipanda (CEFLOMA) e foram submetidos a serragem na serra Lucas Mill para se obter madeira serrada. Os principais parâmetros utilizados no processamento de dados para a avaliação da eficiência de conversão foram:

- Rendimento volumétrico total, percentagem de desperdícios, rendimento por tipo de produto e por classe de qualidade.
- Valor por metro cúbico de toros e de madeira serrada

No fim do estudo foi observado que o rendimento volumétrico médio na serra Lucas Mill foi de 51,6%. Os rendimentos por tipo de produto com esquemas de corte para maximização de barrotes foram de 73.7% para barrotes, 23.4% para Tábuas e 2.9% para as Ripas. O rendimento de madeira serrada de 1ª classe de qualidade foi de 83.3%, enquanto que da 2ª classe foi de 16.7%.

Do estudo recomendou-se o uso de Lucas Mill por apresentar um rendimento volumétrico aceitável. Igualmente recomenda-se o teste de Lucas Mill para outras espécies de nativa. Recomenda-se também que se revise a manutenção da serra Lucas Mill de acordo com as recomendações da serra afim de se produzirem peças sem grandes depressões ao longo das suas dimensões devido a vibração do motor.

## 1. INTRODUÇÃO

O sector florestal goza de grande prestígio na economia de muitos países em vias de desenvolvimento e tem sido uma das bases de projecção de diferentes países desenvolvidos. Moçambique é um país em vias de desenvolvimento e com um considerável potencial de recursos florestais madeireiros os quais constituem uma das fontes de riqueza para a nação. O aproveitamento eficiente e racional desses recursos passa necessariamente pela transformação industrial de toros em produtos acabados, muito procurados na indústria de imobiliário na construção de vivendas e de infra-estruturas económicos e sociais, entre outros fins. Em Moçambique a principal indústria de transformação de madeira bruta é a indústria das serrações, pois é de fácil instalação e emprega muita mão de obra, mas de pouca qualificação. Caracteriza-se igualmente por consumir grandes quantidades de matéria prima procedente das florestas. É digno mencionar que os custos de matéria prima podem ultrapassar 60% dos custos de produção total de madeira serrada se incluirmos os custos de transporte (FAO, 1989), portanto se a matéria prima for utilizada de forma inadequada vai influir de forma negativa na eficiência económica na indústria de produção de madeira serrada. Paralelamente a este facto o processamento de toros com baixo rendimento volumétrico pode conduzir à necessidade de incremento da quantidade dos toros que serão explorados para a obtenção de determinados volumes de madeira serrada o que pode afectar o meio ambiente em áreas susceptíveis.

O uso de técnicas simples de processamento é importante nas condições de Moçambique que possui pouca mão de obra qualificada e que os recursos financeiros para aquisição de máquinas mais complexas e com grande capacidade de produção são escassos e que o uso de serras portátil é cada vez mais importante como o caso da serra Lucas Mill, que apresenta estrutura muito simples e possui baixo custo de manutenção.

O trabalho tem como objectivo avaliar a eficiência técnica de conversão de toros de *Pinus patula* em madeira serrada na serra Lucas Mill. Este trabalho irá contribuir de certa forma para o incremento do rendimento volumétrico na serra e propor difusão ou ensaios desta serra para as folhosas.

### **1.1.Objectivo geral**

Avaliar a eficiência técnica de conversão de toros de *Pinus patula* em madeira serrada na serra portátil Lucas Mill

### **1.2. Objectivos específicos:**

- Determinar os indicadores da eficiência de conversão em volume.
- Determinar os indicadores da eficiência de conversão em valor.
- Analisar a influência de alguns factores sobre os indicadores de eficiência de conversão.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. O sector florestal madeireiro em Moçambique. Generalidades**

De acordo com a DNFFB (1999), a Indústria Florestal em Moçambique é composta essencialmente por fábricas de pequena capacidade e com equipamento obsoleto que na sua maioria foi adquirido antes da independência. Há algumas excepções, como as indústrias florestais de Manica (IFLOMA) e algumas serrações no sul e norte do País. Eureka (2001), sustenta a informação anterior afirmando que as tecnologias obsoletas das unidades industriais não oferecem condições para uma produção com qualidade, tanto para o mercado nacional como para exportação pois os equipamentos existentes carecem de uma substituição e manutenção regular. Esta situação leva a crise na capacidade de produção de produtos acabados adequados a exportação. A capacidade de produção estima-se em 129000 m<sup>3</sup>, desta apenas cerca de 30% é efectivamente utilizada. A maior parte das unidades de transformação foram privatizadas. Não obstante a privatização, tanto os níveis de produção como os índices de aproveitamento continuam baixos (30%), devido a limitada capacidade técnica e falta de experiência em alguns casos ao equipamento obsoleto. Um dos principais desafios na indústria florestal do país é o de contribuir na gestão e conservação do recurso florestal e no desenvolvimento rural. A sua sustentabilidade depende da capacidade de manter uma floresta saudável com madeira de boa qualidade para exportação (DNFFB, 1999).

A industria florestal em Moçambique é composta essencialmente por unidades de produção de madeira serrada. Num inquérito efectuado em 2001 apurou-se a existência de 133 unidades de produção, das quais 40 são serrações, 22 carpintarias, 69 são serrações com carpintarias e 2 fábricas de contraplacados e painéis. Por outro lado, ao mesmo inquérito foi constatado que a exploração florestal é feita por empresas organizadas e por "madeireiros", que operam em regime de licença simples; esperam-se melhorias com a implementação do regulamento da lei de florestas e fauna bravia recentemente aprovada, que desencoraja e limita a exploração de madeira em regime de

licença simples bem como a exportação de madeira em forma de toros, incentiva e apoia a exploração por concessão e a industrialização do processamento de madeira no país (Eureka, 2001). Na tabela 1 apresenta-se informação sobre o número de operadores envolvidos na exploração florestal por província.

*Tabela 1- Numero de operadores na exploração florestal por província*

Província	Serrações	Serração carpintaria	Carpintaria	F. Contraplacados painéis	Total	%
Maputo	5	9	9	0	23	17
Gaza	0	4	1	0	5	4
Inhambane	9	4	6	0	19	14
Sofala	4	10	1	1	16	12
Manica	6	5	0	1	12	9
Tete	0	5	0	0	5	4
Zambezia	3	11	3	0	17	13
Nampula	8	9	1	0	18	13
Niassa	2	4	0	0	6	5
C. Delgado	3	8	0	0	12	9
<b>Total</b>	<b>40</b>	<b>69</b>	<b>22</b>	<b>2</b>	<b>133</b>	<b>100</b>

Fonte (Eureka, 2001)

Depois de uma relativa estagnação, a indústria florestal tem experimentado algum desenvolvimento nos últimos anos. De referir que as restrições que condicionaram, reduziram ou, mesmo, paralisaram as actividades florestais deste sector são, duma forma geral de acordo com DNFFB (1987)<sup>1</sup>; DNFFB (1991)<sup>2</sup>; FAO (1987)<sup>3</sup>; Kowero (1989)<sup>4</sup>; Loeschau (1984)<sup>5</sup>; Pesonen (1979)<sup>6</sup>; Westoby (1978)<sup>7</sup> citado por Falcão (1994), as seguintes:

<sup>1</sup> DNFFB (1987). Programa de reabilitação económica do sector florestal. M.A. pp 3-6

<sup>2</sup> DNFFB (1991) Estratégia do desenvolvimento florestal. M.A. pp 3-4

<sup>3</sup> FAO (1987). Forestry sub-sector study, Mozambique. Mission Report. UTF/Moz/034/Moz. Roma

<sup>4</sup> Kowero, G. (1989). A comprehensive Survey of existing forest industries in Swaziland, Zimbabwe, Mozambique, Malawi and Zambia. FAO. Lusaka, pp36-46.

<sup>5</sup> Loeschau, M. (1984). Forestry training. Consultancy report. FAO. Roma. Pp 1-3.

<sup>6</sup> Pesonen, P. (1979). Logging in the natural forest. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma. Pp3,12-14.

<sup>7</sup> Westoby, J. C. (1978). Perspectives for forestry development in Mozambique. FAO, Roma.

- Pouco conhecimento acerca dos recursos florestais (sua acessibilidade, produtividade e utilidade).
- A inoperância dos serviços provinciais de fiscalização florestal.
- Maquinaria em estado obsoleto, pois grande parte desta maquinaria foi comprada na altura da instalação das fábricas.

A exploração florestal é parecida, nos seus aspectos mais importantes, em todo o país. A exploração da madeira é selectiva, isto é, são cortadas somente espécies com valor comercial conhecido. O abate, desrame e toragem são feitas com serras manuais ou com motosserras. O arraste faz-se com tractor agrícola, munido de um dispositivo para acoplar e arrastar os troncos com o uso de corda. O transporte primário é feito usando tractores com atrelado ou por camiões de pouca tonelagem. Na maioria das empresas o carregamento é feito manualmente com ajuda de tractor (Eureka, 2001). Portanto essas características do sector florestal fazem com que os níveis de eficiência sejam baixos como já foi dito anteriormente. Daí que a necessidade de se fazerem estudos para definir medidas que possam elevar a eficiência da serração é cada vez mais importante se atendermos os volumes de perdas que tem ocorrido nas serrações do país.

## **2.2. Caracterização das serrações e do processo de serragem.**

### **2.2.1. Generalidades**

Serrações são indústrias de transformação de madeira redonda (toros) em madeira serrada a partir de máquinas cujos elementos principais de trabalho são as serras.

Um dos aspectos que se deve ter em conta quando se pretende instalar uma serração num determinado lugar é definir o tipo de máquinas (serras) que poderão ser compradas, conhecer os volumes e as características da matéria prima disponível, a qualidade do produto final pretendido, a disponibilidade da mão de obra e os recursos financeiros disponíveis com vista a garantir que a serração funcione normalmente e que os custos de produção sejam compensados e que a empresa tenha retornos satisfatórios (Williston, 1976).

De acordo com Casado (1997) e Sánchez (1986), as serrações podem ser classificadas segundo o tipo de serra, podendo ser alternativas múltiplas, circular ou de disco e de fita. Neste trabalho dá-se maior importância a serra circular ou de disco que consiste num disco de metal endurecido e tenaz que contém dentes na sua periferia e que vai montado num eixo dotado de movimento produzido directamente por um motor ou, como é mais frequente, mediante uma polia movida por uma força motriz Egas (2000 a). Este tipo de serra é utilizado muito em países em vias de desenvolvimento, devido ao facto de possuir custos de aquisição e de manutenção relativamente baixos quando comparados com outros tipos de serras e proporciona superfícies de boa qualidade em relação a serra alternativa múltipla. Igualmente é de fácil operação, facto que faz com que não necessite de mão de obra altamente qualificada, sendo adequada às condições onde existe escassez de pessoal qualificado na área de indústria madeireira (Sánchez, 1986).

Williston (1976), salienta que os custos de operação da serra circular podem não ultrapassar os \$1,000/ ano se esta for utilizada correctamente. Atendendo estes factos pode-se considerar que a serra de disco é a mais apropriada para as condições onde ha escassez de grandes investimentos apesar deste tipo de serra ter a desvantagem de possuir maior espessura da via de corte aliado ao facto de que a afiação contínua reduz paulatinamente o diâmetro e portanto o passo e a velocidade tangencial, obrigando a substituição do disco (Casado, 1997).

De acordo com Sánchez (1986), as serrações classificam-se em permanente, semi - permanente e móveis, sendo de destacar neste trabalho as móveis. A serração móvel é de uma estrutura simples e é instalada num sítio para o processamento de madeira somente algumas semanas ou meses, de acordo com a quantidade de matéria prima disponível no sítio; depois é trasladada no seu conjunto e instalada num novo sítio para prosseguir a sua operação, e assim sucessivamente. A sua instalação deve efectuar-se de modo a reduzir ao máximo o custo de instalação e ao mesmo tempo prever que a sua operação seja eficiente. Como regra geral, este tipo de serração está constituído por uma serra principal circular, um carro de toros, uma alinhadeira e uma topejadora simples, e

alimenta-se de energia gerada por um motor de gasolina ou de diesel (Peña e Peris, 1996).

Segundo Casado (1997), o estabelecimento duma serração móvel justifica-se pela redução dos custos de extracção de matéria prima em sítios de difícil acesso, já que o transporte de toros da floresta para a área de empilhamento implica, nessas condições, não só a elevação dos custos de transporte propriamente dito, mas também elevados custos de construção de caminhos e de acondicionamento da área de empilhamento. As serrações portáteis são um caso particular de serrações móveis podem ser transportados facilmente devido a sua estrutura simples, enquanto que as serrações móveis são transportados com auxílio de um veículo e são de estrutura mais complexa que as portáteis. Segundo Egas (2000 a), frequentemente os reduzidos volumes de madeira existentes em pequenas florestas dispersas entre grandes áreas de terra agrícolas podem ser transformadas eficientemente em madeira serrada utilizando somente serrações pequenas, portáteis que podem ser transportadas para floresta, operar durante algumas semanas ou meses e depois serem trasladadas para outra floresta a fim de reiniciar os seus trabalhos de serragem. A serra Lucas Mill, como foi mencionado anteriormente é também portátil e de disco.

### **2.2.1. Especificações da serra Lucas Mill modelo 8.**

Segundo ([www.Lucasmill.com.au](http://www.Lucasmill.com.au)), a serra Lucas Mill é de origem Australiana e funciona a gasolina com uma bateria de 20 "volt", possui um peso de cerca de 330 Kg e uma potência de 25 H/P. Ainda de acordo com a mesma fonte a serra possui um disco com diâmetro de 54.5 cm, uma espessura de 3.2 mm, o ângulo do dente é de cerca de 36°, o ângulo de saída é de 12°, a espessura da linha de corte varia entre 3 a 4 mm. O fabricante indica que a serra Lucas Mill tem uma capacidade de produção que varia de 2.5 à 4 m<sup>3</sup> em cada 8 horas de trabalho dependendo das dimensões do toro e pode-se obter como rendimento volumétrico 60% à 70% em função da experiência do operador e da qualidade da madeira. A mesma fonte sustenta que, uma lâmina para serragem da madeira dura 3 à 4 semanas e depois deste período os dentes desta deverão ser afiados. O filtro de óleo 40 deve ser substituído em cada 200 horas de serviço. Para além da afiação

e da mudança do filtro, é necessário 1 litro de gasolina por dia para as operações de limpeza da serra e gasta cerca de 10 litros de gasolina por cada 8 horas de trabalho.

### **2.2.2. Conversão de toros em madeira serrada**

O nível de aproveitamento da matéria prima e em geral a eficiência do processo de produção de madeira serrada depende em grande parte dos métodos utilizados para a sua elaboração (Egas, 1998).

De acordo com Bogdanov et al (1980)<sup>8</sup> e Brown e Bethel (1987)<sup>9</sup>, citado por Egas (1998) uma serragem eficiente e racional é aquele em que, entre outras coisas, os cortes se realizam de tal maneira que se obtenha a partir dos toros maior volume de material útil e valioso, e que os produtos obtidos satisfaçam as especificações de qualidade, dimensão e condições de superfície. Portanto, o êxito das operações de serragem mede-se através da eficiência de conversão de madeira serrada.

Existem vários critérios para fazer a avaliação da eficiência de conversão de toros em madeira serrada. Willits & Fahey (1988), Willits & Fahey (1991), mencionaram a existência de três formas de expressar a eficiência de conversão de toros em madeira serrada, nomeadamente a conversão em percentagem, factor de conversão de madeira serrada e factor cubico de conversão. Mais informações sobre estes critérios pode ser apreciado nos referidos trabalhos. Por sua vez Egas (2000 a), menciona outros parâmetros para avaliar a eficiência de conversão que são de dois tipos:

- Indicador de eficiência de conversão em volume
- Indicador de eficiência de conversão em valor

O primeiro engloba o rendimento volumétrico, desperdício de serradura e desperdícios de outros subprodutos enquanto que o segundo tipo engloba valor por m<sup>3</sup> de madeira serrada e valor por m<sup>3</sup> de toro.

<sup>8</sup> Bogdanov, E.C. et al. (1980). Manual del aserradero. Industria Florestal. Moscú.

<sup>9</sup> Brown, N. C. e J. S. Bethel. (1987). La industria maderera. Limusa. México 397 pp.

### **2.2.2.1. Indicadores de eficiência de conversão em volume.**

#### Rendimento volumétrico

O grau de aproveitamento de matéria prima ou rendimento volumétrico de uma serração pode ser expresso como a relação percentual entre o volume de saída esquadriado e o volume de entrada em toros. Este rendimento é determinado pela interação de vários factores (Bunster, 1991).

Philips (1984)<sup>10</sup>, citado por Bunster (1991), identificou os seguintes factores que influem no rendimento volumétrico:

- Características do toro (diâmetro, comprimento, conicidade e qualidade);
- Espessura do corte;
- Sobre dimensionamento por secagem e processamentos secundários;
- Variedade de produtos finais;
- Decisões tomadas pelo pessoal da serração;
- Condições técnicas e manutenção dos equipamentos da fábrica;
- Método utilizado para a serragem.

Vários autores como o caso de Kowero (1990) citado por Falcão (1994) e Williston (1979), consideram ainda outros factores que afectam o rendimento volumétrico tais como:

- Experiência dos operadores
- Esquemas de corte e
- Tamanho e o tipo de produtos a produzir.

Dos factores acima mencionado Bunster (1991) e Egas (2000 a), consideram que as características do toro têm uma influência acentuada no rendimento volumétrico. Bunster (1991) no seu estudo com espécie do género *Pinus* na região de Messica, verificou que toros com diâmetros maiores têm maiores rendimentos volumétricos, exceptuando os toros muito grandes e velhos com pouca proporção de madeira sã. Por sua vez o

---

<sup>10</sup> Phillips, H. (1984). Factores determining Timber recovery in Sawmilling. General Technical Report FPL-39. For. Pro. Lab. US Dpt. Of Agriculture. Madison.

comprimento possui uma influência inversa, devido ao efeito da diferenças dos diâmetros da base e dos topos; um maior comprimento significa maior perda em costaneira e cantos, e como consequência, o rendimento diminui, (Egas, 2000 a).

Deste modo, as serrações devem ter em conta sempre os factores que afectam o rendimento volumétrico principalmente nas características da matéria prima (diâmetro, comprimento, torcedura, podridão e outros) com vista a obtenção de produções altos de madeira serrada com pouca perda de madeira sob forma de desperdícios. De acordo com a internet ([www.stcp.com.br](http://www.stcp.com.br)), as tecnologias de processamento de toros estão relacionados basicamente com melhorias no aproveitamento da matéria prima (toros), objectivando a redução de custos de produção.

#### Desperdícios de serradura

Os níveis de desperdício de serradura no processo de serragem avaliam-se normalmente através da percentagem de volume do toro ou grupo de toros que é transformado em serradura.

Segundo o estudo de Bunster (1991), o volume de serradura produzido no processo de serragem é influenciado pelo esquema de corte previamente escolhido. Ainda constatou que existe um aumento do volume de serradura produzida em detrimento do rendimento volumétrico.

A ocorrência de altos valores de serradura numa serração pode servir de alerta para que os técnicos façam uma reavaliação dos esquemas de corte empregues e/ou aumentar as dimensões das peças produzidos, mas tendo em conta sempre as especificações do mercado; também pode servir para analisar a viabilidade de substituir a lâmina de serra actual por outra com espessura da linha de corte mais estreita (Casado, 1997).

### Desperdícios de outros resíduos

Neste grupo incluem-se todos os desperdícios que se produzem no processo de serragem, excepto a serradura, ou seja, inclui-se os desperdícios em forma de madeira maciça gerados na serra principal, na “bancada”, na alinhadeira e na topejadora.

Tal como acontece com outros parâmetros de eficiência de conversão em volume, a percentagem de outros subprodutos (resíduos), 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, as dimensões das peças produzidas e outros factores (Egas, 2000 a).

### **2.2.2.2. Indicadores de eficiência de conversão em valor**

Os indicadores de eficiência de conversão em valor são de grande importância na indústria madeireira pois indicam o valor que a madeira possui na sua forma bruta ou ainda na forma de produção acabada. É de destacar dois indicadores de eficiência de conversão, nomeadamente o valor por metro cúbico de madeira serrada e o valor por metro cúbico de toros.

De acordo com um trabalho de Plank (1985), o valor por m<sup>3</sup> de madeira serrada é determinado com base no preço de madeira serrada de todas as classes de qualidade e tipos de produtos obtidos do toro. Segundo Plank (1982, 1985) e Willits e Fahey (1988), o valor por metro cúbico de madeira serrada reflecte a qualidade dos toros que se processam. Mantendo constante as demais condições, a medida que a qualidade de toro seja maior, o valor por metro cúbico de madeira serrada também aumentará. Do anterior deduz-se que todas as estratégias de serragem que se empreguem com vista a aumentar a qualidade de toros e de madeira serrada (esquemas de traçagem e de corte apropriados, boas práticas de corte na alinhadeira e na topejadora) contribuem para elevar o valor por metro cúbico de madeira serrada. Por sua vez, Willits e Fahey (1988), referem que o valor por metro cúbico de madeira serrada é um valor médio de toda madeira serrada produzida e não o volume de peças específicas e portanto pode ser considerado como um bom indicador da qualidade de madeira.

Outro indicador da eficiência de conversão em valor é o valor por metro cúbico de toros. Plank (1985), define este parâmetro como sendo o valor de madeira serrada de um toro dividido pelo volume cúbico do toro. O valor por metro cúbico de toros se incrementa com o aumento do diâmetro; este facto se ajusta aos trabalhos de Willits e Fahey (1988, 1991). Ainda Plank (1985) e Willits e Fahey (1988), afirmaram que o valor por metro cúbico de toro depende de certa forma, tanto do valor por metro cúbico de madeira serrada, como do rendimento volumétrico e é um bom indicador, tanto da qualidade dos toros como do rendimento volumétrico.

### **2.3. Análise da influência de alguns factores sobre os indicadores de eficiência de conversão**

A relação existente entre os factores que afectam o rendimento volumétrico e os indicadores de eficiência de conversão em volume já foi abordada quando foram mencionados os factores que afectam o rendimento volumétrico.

Vários autores como o caso de Bunster (1991), Falcão (1994), Cahill e Cegelka (1989) e outros salientaram os seguintes factores que tem haver com o toro que são:

#### Diâmetro dos toros

Quanto maior for o diâmetro dos toros maior é o rendimento volumétrico e quanto menor for o diâmetro menor é o rendimento, mas na condição de outros factores permanecerem constantes.

Como foi mencionado anteriormente, nos estudos de Plank (1982, 1985) e Willits e Fahey (1991) e outros, relaciona-se o factor diâmetro com os indicadores de eficiência de conversão em valor concluindo-se que existe somente um pequeno aumento do valor por metro cúbico de madeira serrada com aumento do diâmetro dos toros. Também nos seus estudos os mesmos autores observaram que existe uma grande variação em volta da média para cada diâmetro o que faz com que esta relação não seja explicado por um único modelo. Os mesmos autores, relacionaram o valor por metro cúbico de toros com o

diâmetro e constatou que quanto maior for o diâmetro dos toros maior é o valor por metro cúbico de toros.

#### Comprimento

Quanto maior for o comprimento dos toros menor será o rendimento volumétrico devido ao efeito da diferença de diâmetros do toro ou seja um maior comprimento significa maior perda em costaneira e cantos Egas (2000 a). Tendo em conta as afirmações de Plank (1985) e Willits e Fahey (1988), que o valor por metro cúbico de toro depende de certa forma, tanto do valor por metro cúbico de madeira serrada, como do rendimento volumétrico, pode-se concluir que quanto maior for o comprimento dos toros existe uma certa tendência de diminuição do valor por metro cúbico de toros devido ao efeito de concidade. Portanto uma das formas de incrementar o rendimento é o processamento de toros relativamente curtos, mas com comprimento suficiente para produzir madeira serrada com dimensões que cumpram as especificações estabelecidas para o mercado.

#### Defeitos e qualidade dos toros

De acordo com a internet ([www.madeirasdobrasil.eng.br/defeitos](http://www.madeirasdobrasil.eng.br/defeitos)), os defeitos podem inviabilizar o aproveitamento ou influenciar a qualidade de madeira caso o fuste apresente profundas depressões. Tal como acontece com o comprimento do toro os defeitos e a qualidade dos toros influenciam negativamente o rendimento volumétrico, ou seja a deterioração dos toros e a baixa qualidade deste fazem com que se perdem grandes quantidades de madeira em forma de desperdícios durante a serragem ([WWW.madeirasdobrasil.eng.br/defeitos](http://WWW.madeirasdobrasil.eng.br/defeitos)). Desta maneira reduzem-se também os indicadores de eficiência de conversão em valor como no caso do comprimento dos toros.

## **2.4. Descrição da Área de Estudo**

A serração objecto de estudo encontra-se na floresta de Inhamacari e pertence ao Centro Florestal de Machipanda (CEFLOMA); trata-se de uma serração que esta sob gestão do Departamento de Engenharia Florestal com finalidades de produção, docência e investigação. A produção da serração tem contribuído para cobrir despesas correntes do respectivo centro tais como pagamentos de corrente eléctrica, água, guardas da floresta e do Centro. Este aspecto justifica a necessidade de incrementar a sua eficiência. A avaliação de eficiência de conversão de toros na serração portátil foi efectuada utilizando toros de espécie *Pinus patula* de floresta de Inhamacari. Eis a razão de efectuar uma breve caracterização da floresta de Inhamacari e da espécie ensaiada no estudo.

### **2.4.1. Breve caracterização da floresta de Inhamacari**

De acordo com Eureka (2001), em Moçambique existe uma área de aproximadamente 15679 ha de plantações florestais das quais cerca de 6300 ha são de *Pinus patula* e 3200 ha são de *Eucalyptus* e se encontram plantados na sua maioria na província de Manica, incluindo a floresta de Inhamacari em Machipanda.

A floresta de Inhamacari está sob gestão da UEM e ocupa uma área total de cerca 994 hectares, dos quais 498 ha (50%) correspondem à área com floresta nativa e 496 ha correspondem à zona ocupada pelas plantações. Dos 498 ha com floresta nativa na zona anexada apenas 45 ha corresponde a floresta sempre verde de montanha e 25 ha ao tipo de vegetação matagal ou miombo. As restantes zonas nesta área correspondem a zonas ocupadas por residências, machambas e arbustos. Da área conhecida como zona da plantação de Inhamacari que existia na região antes da anexação da nova área, a maioria é ocupada por plantações de *Pinus sp* que ocupam uma área total de 140.81 ha. Cerca de 87.5 ha são ocupados por *Eucalyptos sp*. As manchas de mata nativa no interior das plantações ocupam cerca de 84.1 hectares e constituem um ecossistema importante a ser preservado pelo seu papel como centros de biodiversidade e de preservação e controle de erosão principalmente ao longo dos rios e riachos existentes na montanha. A maior parte da área das plantações é ocupada por talhões queimados com árvores dispersas, 31% (DEF,1999).

De acordo com Falcão (1999), a idade financeira óptima de rotação (abate) na floresta de Inhamacari para *Pinus patula* varia de 21 à 23 anos para taxa real de juro de 2% e 3.5%, respectivamente. Segundo o relatório das actividades de Julho de 1999, DEF (1999), a floresta de Inhamacari esta subdividida em talhões. A tabela abaixo mostra as principais características dendrométricas de cada talhão de *Pinus spp.* disponíveis para abate.

*Tabela 2- Principais características dendrométricas de cada talhão*

Talhão	Área (ha)	Idade (anos)	Dm (cm)	Hm (m)	N.arv/ha
24A	18,32	39	31,8	29,7	340
15D	11,42	39	33,6	22,1	269
15C	9,08	15	25,1	21,6	432
45	3,75	38	23,8	17,9	163
19A	5,79	38	38,4	22	303

*Onde: Dm; Hm; N.arv/ha = diâmetro médio, altura média e número de árvores por hectare respectivamente*

Segundo Chamba & Rokyta (1994), a floresta de Inhamacari está situada numa região montanhosa, a norte de Machipanda, no distrito de Manica, província do mesmo nome. Faz fronteira com o Zimbabwe, numa extensão de 6 km. Em termos de localização geográfica situa-se a uma latitude meridional variando de 18° 55'45'' a 18° 57'56'' e longitude oriental entre os 32° 41'52'' e 32° 44'17''.

Segundo Chamba & Rokyta (1994), os solos são vermelhos a castanhos, arenosos a argilosos, óxidos e textura média. São de fácil erosão e baixa retenção de água, sendo pobres para a agricultura. É por isso que são utilizados para florestas, estas são mais resistentes a erosão e mais tolerantes a seca relativamente as culturas agrícolas.

#### **2.4.2 Descrição da espécie ensaiada no estudo**

De acordo com Wormald (1975), *Pinus patula* Schied & Deppe é uma árvore que pertence a família Pinaceae, género *Pinus*. Ainda segundo o mesmo autor, *Pinus patula* é uma árvore que, na idade da rotação atinge 20-30 metros de altura e raramente alcança os

30-40 metros. Tronco normalmente recto e cilíndrico, por vezes bifurcado originando dois ou mais troncos. Os ramos laterais relativamente grossos, mais ou menos horizontais, algumas vezes tendentes a formar arcos ascendentes e ramos secundários descaídos. As suas cascas são avermelhadas na parte superior do caule e nos ramos, escamosa, áspera e profundamente fissurada em árvores mais velhas. Rebentos com nós glabros. Florescência violácea. As agulhas são persistentes por 2-4 anos, 15-20 cm de comprimento, normalmente com 20 cm. Cones arroxeados, sobretudo laterais, pedunculados, solitários ou agrupados, escamas com pequenos acúleos decíduos. Os cones maduros têm longa persistência na árvore, o seu tamanho varia entre 4-12 cm de comprimento e 2.5-3 cm de largura. As suas sementes são pequenas, 3-5 mm de comprimento de cor preta acastanhadas.

#### Habitat

Ainda de acordo com Wormald (1975), o habitat desta espécie é em zonas com altitude superior a 1000 m, precipitação anual 1000-2000 mm, tolerando 30 mm como mínimo nos meses secos, tem particular preferência pelos solos profundos bem drenados e arejados.

#### Limitantes

Em condições favoráveis regista um óptimo desenvolvimento, porém apresenta limitações pelo facto de não tolerar falta de desbaste, ter elevada sensibilidade a acção dos ventos e por apresentar bifurcação. Por outro lado, esta espécie regista um crescimento reduzido quando plantado em solos pouco profundos e não tolera solos alagados (Wormald, 1975).

#### Propriedades mecânicas

De acordo com Bunster (1994), actualmente em Moçambique não existe uma regra para classificar a madeira de Pinho por resistência. As classificações existentes em algumas empresas estão definidos somente em termos de comercialização, faltando a componente resistência associada. Foi classificada a madeira de *Pinus patula* pela IFLOMA, mediante a norma SABS (South African Bureaus of Standards) 563, e foram determinadas as

tensões admissíveis para o MOR que é uma propriedade que determina a aplicabilidade de um material para o uso estrutural; e as tensões admissíveis para MOE que é um parâmetro que indica a rigidez de um material submetido a um determinado esforço. Os valores de MOR na IFLOMA foram de 10.35 e 8.39 N/mm<sup>2</sup> ; enquanto que para MOE os valores foram de 17654.83 e 11215.66 N/ mm<sup>2</sup>.

#### Propriedades Físicas

Segundo estudo de Neves (1997), na região de Rotanda – Manica a espécie *Pinus patula* possui uma densidade básica média de 0.48 g/ cm<sup>3</sup>, uma densidade anidra média de 0.54 g/ cm<sup>3</sup>, e uma densidade normal de 0.59 g/ cm<sup>3</sup>. A retracção total radial média é cerca de 4.6%, a retracção tangencial média é cerca de 6.9% e por último a retracção volumétrica média é de 11,5%. Ainda segundo a mesma fonte as retracções normal média são 3.6% para retracção radial, 5.3% para retracção tangencial e 8.90% para retracção volumétrica.

#### Utilidade

Segundo Wormald ( 975), a madeira de *Pinus patula* tem várias utilizações com destaque para trabalhos de construção, marcenaria, matéria prima para a indústria de polpa e papel. Esta informação é ainda sustentada na pesquisa da internet onde se destaca várias utilidades da madeira de *Pinus patula* como construção civil, obras de carpintaria em geral, carroçarias e indústria de mobiliário ([www.fá.utl.pt](http://www.fá.utl.pt)).

### 3. METODOLOGIA

A metodologia do presente trabalho consistiu nas seguintes fases:

- Selecção da amostra;
- Recolha de dados;
- Processamento de dados
  - Determinação dos indicadores de eficiência de conversão em volume
  - Determinação dos indicadores de eficiência de conversão em valor
  - Determinação de valores médios dos parâmetros de eficiência de conversão.
  - Análise da influência de alguns factores sobre os indicadores de eficiência de conversão.

#### 3.1. Selecção da amostra

Como foi indicado na introdução, o objectivo do presente estudo é de avaliar a eficiência técnica de conversão de toros na serra portátil de disco Lucas Mill, modelo 8. Esta avaliação foi efectuada com base em 40 toros de *Pinus patula* obtidos de forma aleatória no pátio da serração portátil do Centro Florestal de Machipanda na província de Manica, durante 21 dias de trabalho.

O tamanho de amostra foi estabelecido com base na seguinte fórmula:

$$N = \frac{t^2 * CV^2}{E^2} \quad (1)$$

Onde:

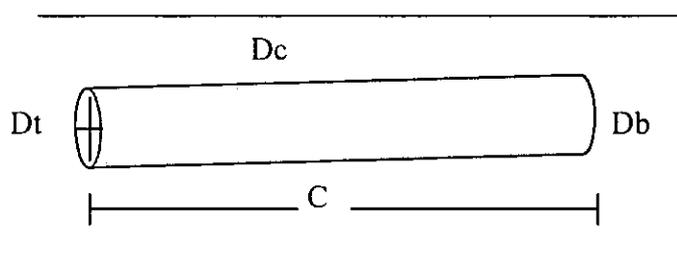
$N$  = Tamanho de amostra ;  $CV$  = Coeficiente de variação do diâmetro de topo;  $t$  – valor de student e  $E$  = Erro permissível com 95 % de confiabilidade foi de 7,6%, com graus de liberdade ( $gl$ )=  $n-1$ .

A amostra colhida mostrou que os seus diâmetros variam de 19.5 a 53.0 cm na base no centro variam de 18.5 cm a 49.5 cm e por último no topo os diâmetros variam de 17.0-45.5 cm. Os coeficientes de variação dos toros foram de 23.8 % para a base, 23.5 % para centro e 23.8 para o topo (anexo 2). Os toros apresentavam diferentes formas desde

rectos até empenados, uns com muitos nós outros limpos ou seja com poucos nós; alguns deles apresentavam-se com podridão acentuada no interior da sua estrutura.

### 3.2. Recolha de dados

Para cada um dos toros foram medidos os diâmetros cruzados da base, centro e do topo através de uma suta e o comprimento com uma fita métrica como mostra a figura 1. Em caso de toros empenados foi também medido o desvio em relação ao eixo central (R) e foram considerados como “toros com defeito”.



*Figura 1 – Representação esquemática do toro*

*Legenda:*

*Dt – Diâmetro cruzado do topo (cm); Dc – Diâmetro cruzado do centro (cm); Db – Diâmetro cruzado da base (cm) C – Comprimento (m)*

Após as medições, os toros foram submetidos a serragem para produzir peças (comercializáveis) de acordo com as especificações do mercado (barrotes, tábuas e ripas) e foram utilizados esquemas de corte projectados para a maximização da produção de barrotes, enquanto que as tábuas e as ripas eram produzidas para a maximização do rendimento volumétrico quando não fosse possível ou viável a produção de barrotes, as tábuas eram geralmente produzidas nas primeiras e últimas peças como ilustra a figura 2.

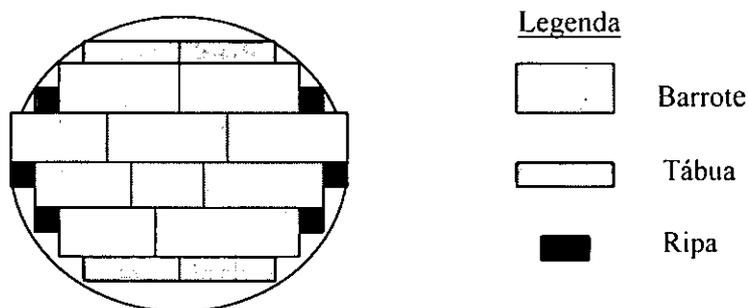


Figura 2- Esquema de corte utilizado na serra Lucas Mill do CEFLOMA

As peças obtidas foram classificadas em 1ª e 2ª classes conforme as práticas de classificação usadas na serração que eram as seguintes:

- Todas as peças alinhadas, com superfícies planas e independentemente do número de nós existentes eram consideradas de peças de 1ª classe.
- Todas as peças não alinhadas com superfícies ou dimensões muito irregulares ou ainda com aparecimento de podridão ao longo do seu comprimento eram classificadas como sendo peças de 2ª classe. A 2ª classe de qualidade foi subdividida em 3 grupos (I, II e III), de acordo com os comprimentos das peças produzidas ou seja as peças de 2ª classe do grupo I possuíam comprimento com cerca de 5 metros, as do grupo II possuíam comprimento com cerca de 4 metros e as do grupo IIIA possuíam comprimento com cerca de 3 metros e por último as peças do IIIB possuíam comprimentos de cerca de 3,5 metros.

Os preços das peças de madeira serrada aplicados pela serração variam com qualidade, ou seja as peças de 1ª classe tem preços mais elevado em comparação com as de 2ª classe (veja no capítulo dos resultados).

Após a serragem a cada peça mediu-se o comprimento e largura com uma fita métrica, e a espessura com um paquímetro. Para a largura eram feitas 3 medições das quais duas nos extremos e uma na posição central ao longo do comprimento da peça, ao passo que

### **3.3.1. Determinação dos indicadores de eficiência de conversão em volume**

Os indicadores da eficiência de conversão em volume subdividem-se em rendimento volumétrico total, desperdícios de serradura e desperdícios de outros subprodutos. Neste estudo foram considerados apenas o rendimento volumétrico total, rendimento por tipo de produto (barrotes, tábuas e ripas) e numa classe de qualidade (1ª e 2ª classes).

Para o cálculo do rendimento volumétrico total, o rendimento por tipo de produto e o rendimento por classe de qualidade determinada dum toro foram utilizadas as fórmulas (2), (3) e (4) respectivamente:

$$Rt = \frac{Vmst}{V} * 100 \quad (2)$$

Onde:

*Rt*- Rendimento volumétrico total (%); *Vmst*- Volume total de madeira serrada dum toro (m<sup>3</sup>);

*V*- Volume do toro (m<sup>3</sup>)

$$Rtp = \frac{Vtp}{Vmst} * 100 \quad (3)$$

Onde:

*Rtp* - Rendimento por tipo de produto (%); *Vtp* - volume por tipo de produto (m<sup>3</sup>)

$$Rcc = \frac{Vmssc}{Vmst} * 100 \quad (4)$$

Onde:

*Rcc*- Rendimento por classe de qualidade de madeira serrada (1ª ou 2ª classe) de um toro determinado (%); *Vmssc*- Volume de madeira serrada numa qualidade (1ª ou 2ª Classe) de um toro determinado.

Como já foi acima mencionado, o volume da madeira serrada foi obtido após os toros terem passado pelo processo de serragem e produzidas peças. Com base na fórmula de paralelepípedo obteve-se o volume de madeira serrada.

$$Vms=C*L*E \quad (5)$$

Onde:

*C, L e E- Comprimento, largura e espessura da peça respectivamente (m); Vms- Volume da madeira serrada (m<sup>3</sup>)*

O volume do toro foi determinado com base na formula de Newton que é apresentada em seguida.

$$V = \frac{Gb + 4 * Gc * Gt}{6} * C \quad (6)$$

$$Gi = \frac{\Pi * D^2}{4} \quad (7)$$

Onde:

*Gb, Gc e Gt - Áreas basal na base, centro e no topo respectivamente; C- Comprimento do toro (m); Gi- Área basal na posição i (m<sup>2</sup>).*

### **3.3.2. Determinação dos indicadores de eficiência de conversão em valor**

Os indicadores de eficiência de conversão em valor sub - dividem em valor por valor por metro cúbico de madeira serrada e valor por metro cúbico de toro.

O valor por metro cúbico de madeira serrada foi determinado utilizando a seguinte expressão:

$$S/m^3 \text{ de } Ms = \frac{\$.ms}{Vmst} \quad (8)$$

Onde:

*S/ m3 de Ms - Valor por metro cúbico de madeira serrada; \$.ms - é o somatório do valor de cada uma das peças produzidas durante a serragem do toro. O valor de cada peça é estabelecido de acordo com a sua qualidade e dimensões.*

O valor por metro cúbico de toro foi determinado utilizando a seguinte expressão:

$$S/m^3 \text{ de toro} = \frac{S.ms}{V} \quad (9)$$

### **3.3.3. Determinação de valores médios dos parâmetros de eficiência de conversão**

Com base nos cálculos efectuados até aqui para cada toro, foram determinados os valores médios dos rendimentos volumétricos, percentagem de desperdícios, valor por metro cúbico de toro e valor por metro cúbico de madeira serrada com base na fórmula da média.

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (10)$$

Onde:

$\bar{X}$  = Média dos parâmetros de eficiência de conversão;  $X_i$  - Parâmetros de eficiência de conversão correspondente a observação durante o estudo;  $n$  - Número total de observações.

### **3.3.4. Análise da influência de alguns factores sobre os indicadores de eficiência de conversão**

Neste trabalho a análise de factores que afectam a eficiência de conversão foi efectuada com base no diâmetros e defeitos dos toros.

#### **3.3.4.1. Diâmetro dos toros**

A relação dos indicadores de eficiência de conversão com o factor diâmetro de toros foi obtida através de equações de regressão que permitiram uma apreciação da tendência dos indicadores de eficiência de conversão com aumento ou diminuição dos diâmetros dos toros. O tipo de equações de regressão foi seleccionado do trabalho de Plank (1985), no qual foram testados 6 modelos que caracterizam a relação dos indicadores de conversão com o diâmetro dos toros que foram:

$$Y = b_0 + b_1D, \quad (11)$$

$$Y = b_0 + b_1D^2, \quad (12)$$

$$Y = b_0 + b_1D + b_2D^2, \quad (13)$$

$$Y = b_0 + b_1\frac{1}{D}, \quad (14)$$

$$Y = b_0 + b_1\frac{1}{D} + b_2\frac{1}{D^2} \quad (15)$$

$$Y = b_0 + b_1D + b_2\frac{1}{D} + b_3\frac{1}{D^2} \quad (16)$$

Onde :

$b_0, b_1$  e  $b_3$  = constante;  $D$  - diâmetro do toro no topo

Como se pode deduzir dos modelos presentes acima a relação entre indicadores de conversão de toros e o diâmetro dos toros é melhor descrito por modelos polinomiais usando diâmetro ( $D$ ) e combinações de  $D^2$ ,  $1/D$ , e  $1/D^2$  que são variáveis independentes. No presente estudo foram testadas todas as seis equações usando as variáveis independentes descritos por Plank (1985), e as variáveis dependentes usadas foram o rendimento volumétrico total (%), percentagem de desperdícios, valor por metro cúbico de toros ( $Mt/m^3$ ), e valor por metro cúbico de madeira serrada ( $Mt/m^3$ ) tendo sido seleccionadas as de melhor ajuste aos dados. Com base nestes modelos foi utilizado um programa estatístico denominado "Eview" que permitiu obter diferentes equações com os respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ).

As equações de melhor ajuste foram seleccionadas com base no valor de probabilidade e no coeficiente de determinação; ou seja foram seleccionados os modelos com maior valor de coeficiente de determinação e com probabilidade dos coeficientes que são iguais ou superiores ao intervalo de confiança de 95 % ou seja 0.05 de probabilidade. Partindo das equações seleccionadas usou-se o pacote "Excel" para a obtenção de gráficos que relacionam o diâmetro com indicadores de eficiência de conversão.

#### **3.3.4.2. Defeitos dos toros**

A análise da influência dos defeitos sobre os indicadores de eficiência de conversão obedeceu dois tipos de análises:

- 1- Dividiu-se a amostra em classes diamétrica com intervalos de classe de 2 cm, considerando este intervalo muito pequeno para que o rendimento volumétrico fosse afectado pelo diâmetro. Em seguida anotou-se os toros com e sem defeitos em cada classe diamétrica, com os seus respectivos valores de indicadores de eficiência de conversão, o que em seguida permitiu uma análise sugestiva sobre a influência dos defeitos na eficiência de conversão.
- 2- A partir dos modelos descritos por Plank (1985), mencionados anteriormente na epígrafe 3.3.4.1. estabeleceu-se a relação da tendência dos diâmetros com e sem defeitos separadamente e fez-se a comparação das constantes "a" e "b", através das equações lineares obtidas a partir da regressão linear, também se fizeram comparações dos coeficientes de determinação ( $R^2$ ) para as duas equações. As conclusões tiradas são apresentadas no capítulo 4 a seguir.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados foram analisados e discutidos com base na informação obtida no processamento de dados; a análise inclui a interpretação dos indicadores da eficiência de conversão em volume e em valor, assim como a relação destes indicadores com os factores diâmetro e qualidade dos toros. A apresentação dos resultados inclui tabelas e figuras.

##### 4.1. Determinação dos indicadores de eficiência em volume

###### Rendimento volumétrico

Os indicadores de eficiência de conversão em volume incluem o rendimento volumétrico total médio bem como a percentagem de desperdícios. Com base nas fórmulas do rendimento (2), (8) e da média aritmética (11), constatou-se que os rendimentos volumétrico totais dos diferentes toros variaram de 37.4 a 73.5%, com uma média de cerca de 51,6%. O rendimento por classe de qualidade médio obtido do estudo foi de 83.3 % para as peças de 1ª classe e 16,7 % para as peças de 2ª classe, enquanto que os rendimentos médios dos produtos foram de 73.6 % para barrotes, 23.4 % para tábuas e 2.9 % para ripas. Como mostra a tabela 3.

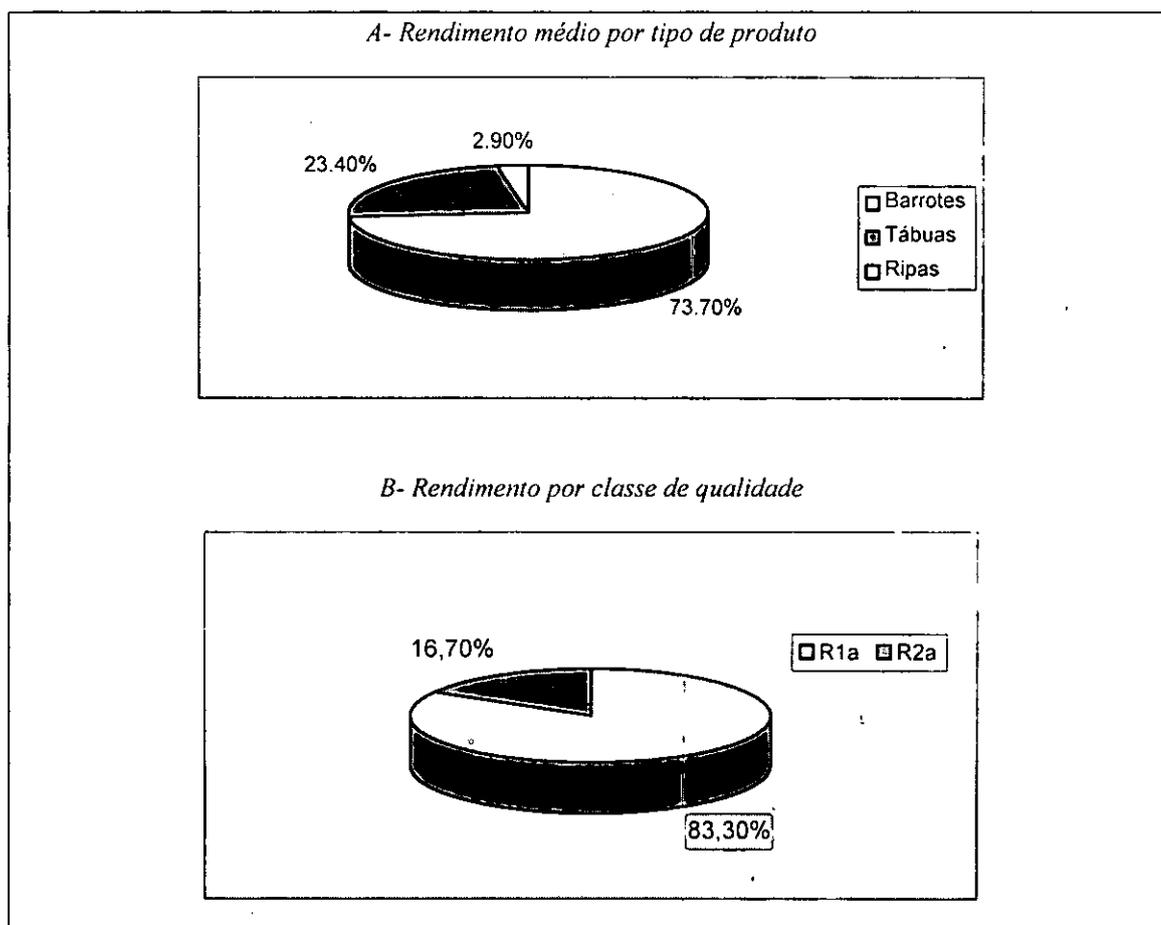
*Tabela 3- Variação dos rendimentos e de desperdícios em diferentes produtos e classes de qualidade.*

Item	RB (%)	RT (%)	RR (%)	R1a	R2a	R. total
Mínimo	45,5	0,0	0,0	55,0	0,0	37,4
Máximo	100,0	49,9	12,4	100,0	45,0	73,5
Médio	73,6	23,4	2,9	83,3	16,7	51,6

Onde: RB, RT,RR = rendimento de barrotes, tábuas e ripas respectivamente;

R. total = rendimento total de madeira serrada; R1ª e R2ª = Rendimento de primeira e de segunda classe de qualidade.

Da tabela 3 pode-se ver que os rendimentos dos barrotes em diferentes toros variaram de 45.5 até 100%, enquanto que os rendimentos para as tábuas variaram de 0% (caso em que não se produziu nenhuma tábua no toro) até 49.5% as ripas tiveram uma variação de 0% até 12.4% como mostra igualmente a tabela 4. O rendimento médio dos produtos e por classes de qualidade podem ser claramente observados na figura 5.



*Figura 5- Valores de rendimentos médios dos produtos e de classe de qualidade*

Pode-se observar claramente da figura 5 que os barrotes tiveram maior rendimento, seguido de tábua e por último as ripas como resultado dos grandes volumes de produção de barrotes devido ao esquema de corte utilizado que maximiza a produção de barrotes como já foi ilustrado na figura 2. Por outro lado o rendimento da 1ª classe é muito superior a de 2ª classe. Na realidade o rendimento de peças de 1ª qualidade deveria ser inferior ao obtido neste estudo. As normas utilizadas para classificação não são rigorosas

veja a epígrafe 3.2, talvez seja pelo facto de na região (centro do país), não existir concorrentes que processam madeira de Pinho se não as serrações do vizinho Zimbabwe. Esta classificação fez com que as peças que deveriam ser consideradas de 2ª classe que por sua vez apresentam profundas depressões devido a vibração da serra fossem consideradas como sendo de 1ª classe de qualidade incrementando sobre maneira as peças de 1ª classe, bem como o rendimento de 1ª classe. As peças obtidas durante a serragem eram de dimensões muito irregulares, principalmente ao longo da espessura e da largura. Uma das causas que poderá estar na ordem desta irregularidade é a vibração da serra, atendendo por outro lado que o suporte dos toros é feito com base na parte bifurcada de alguns troncos ou seja não era usado um dispositivo de suporte capaz de suportar a vibração da serra. Como foi dito na epígrafe 3.2, que os preços variaram em função da qualidade, isto leva a obtenção de maiores ganhos se pretendermos comparar com uma classificação de madeira serrada mais rigorosa. Sendo assim é de peculiar importância que se determine a rentabilidade da serra ao aplicar as normas de classificação de madeira serrada já estandardizadas noutros países.

A tabela 4 abaixo mostra os valores de volumes encontrados nos diferentes produtos obtidos a partir da serra Lucas Mill.

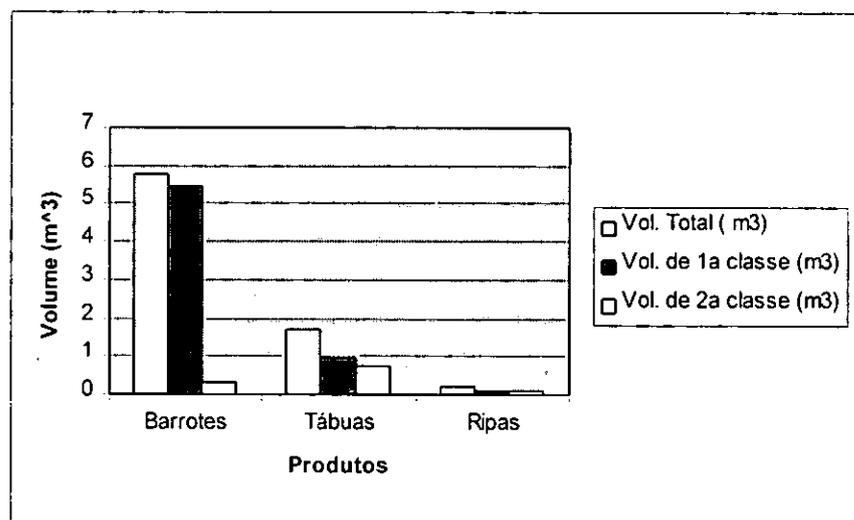
*Tabela 4- Volumes de madeira serrada obtida no estudo para diferentes produtos e classes de qualidade.*

Produtos	Vol. de 1ª classe (m3)	Vol. de 2ª classe (m3)	Vol. Total ( m3)
Barrotes	5,4352	0,3224	5,7876
Tábuas	0,9795	0,7425	1,692
Ripas	0,0838	0,1315	0,2155
Total	6,507	1,1797	7,6951

Volume da madeira serrada ou volume de saída esquadriado durante o processo de serragem dos toros como define Bunster (1991), é um produto importante na determinação dos indicadores de eficiência de conversão. O volume de madeira serrada obtida a partir dos toros seleccionados para o estudo foi de 7,6951 m<sup>3</sup>, dos quais 5,7876

m<sup>3</sup> foram de barrotes, 1,6919 m<sup>3</sup> de tábuas e as ripas foram as menos produzidas com um volume total de 0,2155 m<sup>3</sup>. Dos barrotes produzidos 5,4352 m<sup>3</sup> correspondem a peças de 1<sup>a</sup> classe de qualidade e 0,3224 m<sup>3</sup> da 2<sup>a</sup> classe; nas tábuas obtiveram-se 0,9795 m<sup>3</sup> de peças da 1<sup>a</sup> classe de qualidade e 0,7425 m<sup>3</sup> da 2<sup>a</sup> classe de qualidade; por sua vez as ripas produzidas tiveram um volume de 0,0838 m<sup>3</sup> e 0,131531 m<sup>3</sup> de 1<sup>a</sup> e 2<sup>a</sup> qualidade respectivamente vide a tabela 4 e para mais informações vide anexo 3.

Dos resultados pode-se dizer que os barrotes foram as peças mais produzidas pela serra pelo facto dos esquemas de cortes estarem projectados para a maximização da produção de barrotes, como resultado das encomendas feitas pelos clientes. Por outro lado as tábuas ocupam o segundo lugar devido a maiores dimensões que estes apresentam quando comparados com as ripas. As ripas e as tábuas possuem volumes menores que os barrotes porque as suas produções eram para o aproveitamento da madeira quando já não era possível produzir barrotes. Estes resultados podem ser melhor apreciados na figura 6.



*Figura 6- Resultado do volume de madeira serrada para diferentes classes de qualidade.*

Importa aqui referir que os valores dos rendimentos por tipo de produto (barrotes, tábuas e ripas), produzido na serra Lucas não podem ser vistos como valores estáticos, pois dependem sobremaneira da demanda. É possível que num determinado período variem em função da procura do produto, como por exemplo pode-se dar o caso de existir alguns

privados que necessitam de ripas este facto pode alterar o rendimento produzido para ripas e conseqüentemente para barrotes e tábuas. É importante realçar que o rendimento volumétrico médio obtido no estudo (51,6%), para toros de diâmetros que variaram de 17-45.5 cm é ligeiramente superior ao intervalo obtido por Kowero (1991), citado por Falcão (1994) que varia entre (39-51%), a pesar de não se conhecer o esquema de corte utilizado e os diâmetros utilizados mas trata-se de uma serra móvel, também de disco e foi utilizado Pinho. Ainda os resultados obtidos neste trabalho no que se refere ao rendimento volumétrico podem considerar-se comparáveis com os obtidos por Egas (1998), também em toros de género *Pinus* em diferentes serrações utilizando serra fita com esquemas de corte projectados para a produção de peças de pequenas dimensões em cortes mais externos e grandes dimensões em cortes internos, esquema que não foge muito ao aplicado no presente estudo, onde o rendimento variou de 45.2 a 52.5% e os diâmetros variaram de 20 a 30 cm e o comprimento foi igual ou inferior a 4m. Bunster (1991), obteve rendimento médio de 50.05% utilizando esquema de corte semelhante a do presente estudo em serra alternativa utilizando toros com diâmetros que variaram de 21- 24 cm. Este valor de rendimento volumétrico obtido no estudo de Bunster (1991), pode-se considerar comparável com o rendimento médio obtido neste estudo com diâmetros compreendidos entre 17- 45.5 cm. Por outro lado o rendimento obtido por Bunster (1991) na faixa de diâmetro 21-24 cm é superior ao rendimento volumétrico obtido na mesma faixa de diâmetro e com mesmo esquema de corte do presente estudo que foi de 48.7%. Este facto pode estar na origem de menor espessura da linha de corte em serra alternativa. De acordo com Casado (1997), Sanchez (1986), a serra alternativa possui menor espessura de linha de corte o que faz com que tenha, menor percentagem de serradura produzido quando comparado com uma serra circular. Ainda o rendimento volumétrico médio deste estudo é comparável com o estudo de Kilkki (1992), que obteve rendimento volumétrico ligeiramente superior á 50% em serra portátil também de disco. Fazendo uma comparação do rendimento volumétrico no presente estudo nas mesmas classes diamétricas utilizadas por Bunster (1991), de 18 à 30 cm e de Egas (1998), o rendimento de Lucas Mill trabalho com Pinho é relativamente inferior (48.7%) ao encontrado no estudo de Bunster (1991), na serra alternativa e ligeiramente inferior ao de Egas (1998), na serra fita. Os valores de rendimento volumétrico poderão ter sido

influenciados negativamente por factores como a qualidade de matéria prima, reduzindo o rendimento volumétrico. Sobre este aspecto veja a epígrafe 2.3.

#### **4.2. Determinação dos indicadores da eficiência em valor**

A determinação dos indicadores de eficiência de conversão em valor, incluem o valor por metro cúbico de toros e de madeira serrada. O valor por metro cúbico de madeira serrada obtido no estudo varia de 1.981.922,00 Mt a 2.507.105,00 Mt. O valor médio por metro cúbico de madeira serrada de *Pinus patula* na serra Lucas Mill no estudo foi de 2.363.808,00 Mt. Por sua vez o valor por metro cúbico de toros varia de 911.721,00 Mt a 1.222.810,00 Mt, com uma média de 1.774.347,00 Mt, veja os detalhes no anexo 5. Esta variação é devida a produção de peças de diferentes dimensões e qualidade, assim como a diversificação dos preços de acordo com a qualidade das peças produzidas. No estudo constatou-se que os toros de maiores dimensões possuem maiores valores quer para madeira serrada assim como para toros, facto que é confirmado por estudos realizados por Plank (1985), Willits e Fahey (1991), mas Egas (1998), encontrou um resultado inverso para madeira serrada, onde o valor por metro cúbico de madeira serrada diminuiu ligeiramente com o incremento do diâmetro. Esta discrepância deve-se pelo facto de nas serrações estudadas por Egas (1998), não se ter em conta a verdadeira qualidade das peças, desfavorecendo as peças que deveriam ser consideradas como sendo de 1ª classe. Os valores médios por metro cúbico de madeira serrada e de toros obtidos no estudo são mostrados na tabela 5.

*Tabela 5- Indicadores de eficiência de conversão em valor na serra Lucas Mill.*

Item	Valor/ m <sup>3</sup> ms (Mt)	Valor / m <sup>3</sup> toro (Mt)
Mínimo	1.981.922,00	911.721,00
Máximo	2.507.105,00	1.774.347,00
Médio	2.363.808,00	1.222.810,00

O valor médio por metro cúbico de madeira serrada obtido no estudo é inferior ao das peças de 1ª classe de qualidade aplicados pela serração que é de 2500000,00 Mt; este facto verifica-se porque o cálculo do valor médio por metro cúbico de madeira serrada

envolve também peças que não são de 1ª classe de qualidade, e que em muitos casos são vendidas a preços inferiores com excepção de algumas tábuas do grupo IIIA e ripas do grupo I que os seus preços por metro cúbico chegam a ultrapassar um pouco o preço de madeira serrada de 1ª classe custando cerca de 2.666.666,00 Mt/m<sup>3</sup>, devido a má fixação dos preços de madeira serrada de 2ª classe que não obedecem as dimensões das peças, tendo-se o mesmo preço por unidade para diferentes dimensões vide anexos 6 e como consequência deste facto obtém-se maiores preços por metro cúbico em peças de menores dimensões o que não deveria ser veja os detalhes no anexo 7.

Como foi mencionado anteriormente a fixação dos preços para madeira de 2ª classe na serração de Inhamacari é um assunto sério é importante rever a fixação dos preços na serração com finalidade de se atribuir preços justos a cada peça de acordo com as suas dimensões.

O facto de o valor por metro cúbico de madeira serrada (2.363.808,00 Mt) ser próximo ao valor de madeira serrada de 1ª qualidade 2.500.000,00 Mt, indica que obviamente a serra produz uma percentagem maior de madeira de 1ª qualidade como foi referido anteriormente. Este dado confirma que valor por metro cúbico de madeira serrada obtido no estudo é um bom indicador da qualidade dos toros como sustentam Plank (1985) e Willits e Fahey (1991).

O valor por metro cúbico de toro encontrado no estudo (1.222.810,00 Mt) é muito maior que o custo do metro cúbico de madeira em toro na serração de Inhamacari que é de 300.000,00 Mt/m<sup>3</sup>. A pesar da grande diferença entre ambos valores não se pode concluir definitivamente que a serra é rentável pois deve-se analisar a influencia de outros factores nos custos globais da serração (custos da força de trabalho, depreciação das máquinas, combustíveis entre outros). Assim recomendamos que se faça um estudo para apurar estes custos e deste modo conhecer a viabilidade económica da serração.

Nas condições de Inhamacari a viabilidade da serra Lucas Mill não pode ser analisada apenas em termos monetários; devem ser considerados alguns benefícios sociais que esta traz para a comunidade. De acordo com Egas (2000b), a criação de emprego, a aquisição

gratuita de desperdícios e a aquisição de madeira serrada a preços baixos são alguns dos benefícios que as comunidades locais próximas das serrações obtêm destas.

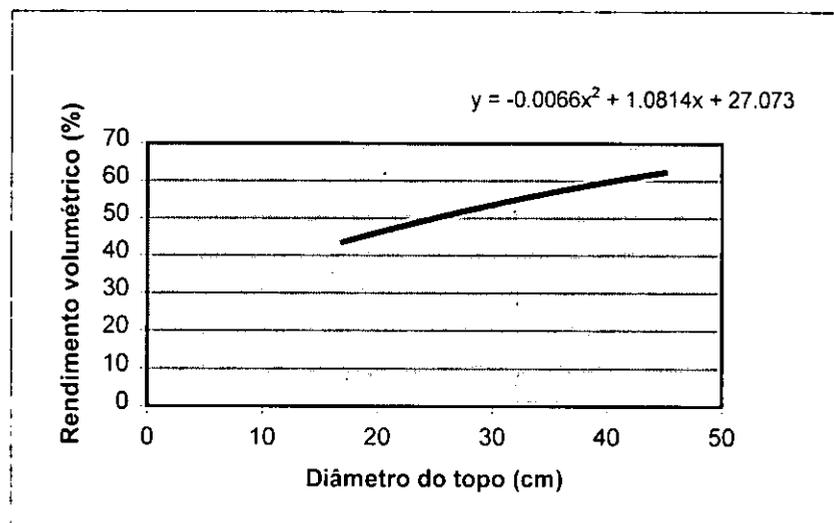
### **4.3. Análise da influência de alguns factores sobre os indicadores de eficiência de conversão**

#### **4.3.1. Relação do diâmetro com indicadores de eficiência de conversão**

O diâmetro como um factor que caracteriza a matéria prima para serragem tem grande influencia nos indicadores de eficiência de conversão como se pode apreciar nos trabalhos de Wodfin (1978), Plank (1985), Willits e Fahey (1988) e Egas (1998). A seguir analisa-se essa relação para o presente estudo.

##### **4.3.1.1. Relação do diâmetro dos toros com o rendimento volumétrico**

O incremento do diâmetro dos toros mostrou uma tendência de aumento do rendimento volumétrico. Este comportamento pode-se apreciar claramente na figura 7 que apresenta a curva que melhor se ajusta a relação do diâmetro com o rendimento volumétrico de todos os toros da amostra incluindo os toros empenados e cuja a equação polinomial é  $Y = -0.006628265 * (D)^2 + 1.0813648 * D + 27.073415$ , com um coeficiente de determinação ( $R^2$ ) de 0.24.



*Figura 7- Relação do diâmetro dos toros com rendimento volumétrico de todos toros*

Para uma melhor evidencia do facto acima exposto, abaixo a amostra foi dividida em dois grupos de toros e calculado o rendimento volumétrico médio de cada um dos grupos, de acordo com a tabela 6.

*Tabela 6- Comportamento do rendimento volumétrico com aumento de classes diamétricas.*

Classe diamétrica (cm)	Rendimento volumétrico médio (%)
17- 31,5	49,8
31,6 - 45,5	58,7

Como se pode deprender, as classes diamétricas maiores 31.6 – 45.5 cm apresentam um rendimento volumétrico médio maior que as classes diamétricas menores 17 – 31.5 cm. Assim pode-se concluir que o rendimento volumétrico no estudo foi influenciado pelo diâmetro, ou seja existe um incremento do rendimento volumétrico quando os diâmetros são maiores. Este facto leva por si só a necessidade de se serrar toros de maiores dimensões na medida do possível com vista a incrementar o rendimento da serra Lucas Mill.

O gráfico 8, refere-se a relação de diâmetro com o rendimento volumétrico somente para toros não empenados, ou seja sem defeitos de empenamento. Esta relação mostra a mesma tendência que a anterior; um aumento do rendimento volumétrico com o aumento do diâmetro, mais a correlação é maior que no caso do gráfico 7 onde os dados incluíam toros empenados, com um coeficiente de determinação de 0.28.

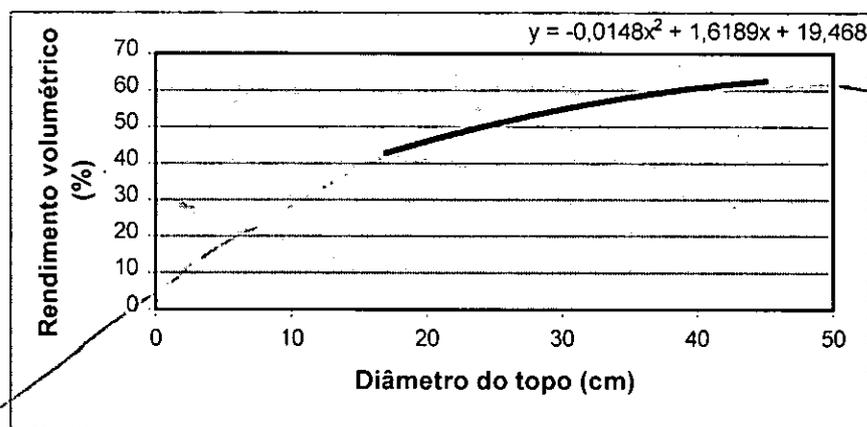


Figura 8- Relação do diâmetro com rendimento volumétrico dos toros sem defeitos

Os coeficientes de determinação das equações apresentadas nos gráficos das figuras 7 e 8 apontam para a existência de uma certa influência dos empenamentos na qualidade de ajuste das equações. Este facto levou a necessidade de se estudar a influência dos defeitos no rendimento volumétrico que é apresentado na epígrafe 4.3.2.

#### 4.3.1.3. Relação do diâmetro com valor por metro cúbico de toro

Existe uma relação directa do valor por metro cúbico de toros com o diâmetro dos toros através da equação  $Y = -173.14 \cdot D^2 + 29072 \cdot D + 539285$  e o coeficiente de determinação  $R^2 = 0.28$  para todos os toros da amostra, o que entra em concordância com estudos de Plank (1985), Egas (1998), Willits e Fahey (1991). Esta relação é ilustrada na figura 10. O valor por metro cúbico de toros depende de certa forma, tanto do valor por metro cúbico de madeira serrada, como do rendimento volumétrico e é um bom indicador da qualidade dos toros bem como do rendimento volumétrico (Plank, 1985 e Willits e Fahey, 1988). A referida figura mostra que existe uma tendência de aumento do valor por metro cúbico de toro com aumento do diâmetro. Pode-se ver claramente que o toro com diâmetro de 20 cm tem em média um valor de 1.000.000,00 Mt/m<sup>3</sup> enquanto que toros com diâmetros de 40 cm este valor aumenta para cerca de 1.500.000,00 Mt/m<sup>3</sup>. Eis a razão de encorajar a processar toros de grandes diâmetros na serra.

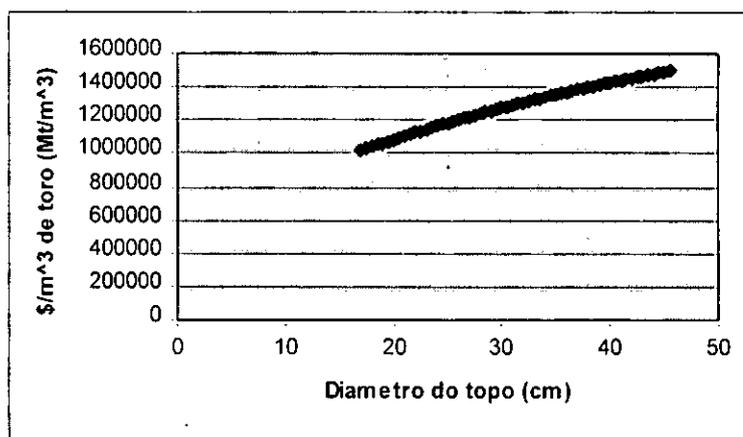


Figura 9- Relação do diâmetro com valor por metro cúbico de toros para toda amostra.

#### 4.3.1.3. Relação do diâmetro com rendimento da 1ª Classe de qualidade

No estudo não foi observado nenhuma relação, visto que o valor de coeficiente de determinação obtido da regressão é muito próximo de zero (0.06) e os coeficientes da equação obtida não são significativos. Pelo que parece a variação do diâmetro do toro não afecta o rendimento de madeira serrada de 1ª classe de qualidade nas condições de trabalho da serra portátil Lucas Mill em Inhamacari. Para tal é de peculiar importância que se tome em conta uma nova forma de classificação de madeira serrada. As práticas justas irão sobremaneira beneficiar aos toros de maior diâmetro que são os que tem melhor qualidade de madeira serrada. Na serração deve-se evitar classificar a madeira apenas em função do grau de processamento, mas também deve-se incluir outras características como por exemplo os nós. Mas no entanto é preciso fazer um estudo para o estabelecimento de uma nova norma de classificação.

#### 4.3.1.4. Relação do diâmetro com valor por metro cúbico de madeira serrada

Os resultados do estudo mostraram que não existe estatisticamente uma tendência aceitável no valor por metro cúbico de madeira serrada com aumento do diâmetro do toro, uma vez que os coeficientes de equação não são significativos. Não obstante existe uma ligeira tendência de aumento do valor por metro cúbico de madeira serrada com aumento dos diâmetros dos toros. Por exemplo para um toro de 17 cm de diâmetro possui um valor de 2.255.579,00 Mt/m<sup>3</sup>, enquanto que para toro de 45.5 cm de diâmetro possui um valor de 2.360.545,00 Mt/m<sup>3</sup> ( anexo 5).

Estudo realizado por Egas (1998) em algumas serrações em Cuba, mostram uma diminuição do valor por metro cúbico de madeira serrada com aumento do diâmetro dos toros, devido ao uso de procedimentos inadequados na classificação de madeira serrada. Este estudo mostra uma relação diferente daquela que foi encontrada por Egas (1998), mas os resultados se assemelham ao estudo de Plank (1985), onde houve um ligeiro aumento do valor por metro cúbico de madeira serrada com o aumento do diâmetro. É de supor que com aplicação de normas rigorosas de classificação de madeira serrada e preços ajustados as dimensões das peças iria permitir um maior incremento do valor por metro cúbico de madeira serrada com o diâmetro. O comportamento não esperado do valor por metro cúbico de madeira serrada deve-se igualmente a aplicação de uma tabela de preços que em alguns casos penaliza as peças das melhores classes de comprimento e de maiores dimensões. As figuras do anexo 8, construídas com base nas tabelas dos anexos 6 e 7 mostra que em vários casos peças com classes de comprimento maior são comercializadas a baixos preços comparativamente a peças de menores classes de comprimento e que peças com larguras maiores são comercializadas a preços inferiores a peças de maiores larguras. Pode-se notar a partir do gráfico 1 do anexo 8 que os barrotes com menores larguras possuem maiores preços de comercialização que as de dimensões maiores e por outro lado os barrotes com comprimento de 3 m possuem melhores preços que os de 3.5 m e 4 m de comprimento. Este facto é também evidente nos gráficos 2 e 3 do mesmo anexo referente a tábuas. Para as ripas verifica-se que as de comprimento de 3 m possuem melhores preços que as de 3.5 e 4 m de comprimento. É portanto urgente rever a tabela de preços aplicada na serração de Inhamacari, de modo a que os preços estejam em função do comprimento e de largura de madeira, facto que por seu turno irá permitir uma melhor relação do valor por metro cúbico de madeira serrada em relação ao diâmetro dos toros.

#### **4.3.2. Relação dos empenamentos dos toros com alguns indicadores de eficiência de conversão**

De acordo com Cahill e Cegelka (1989), os indicadores de eficiência de conversão em volume são influenciados negativamente por defeitos. Os defeitos particularmente o empenamento influem significativamente na produção de madeira serrada nas serrações diminuindo o rendimento volumétrico mesmo para toros de diâmetros grandes e com bom tipo de serra e outros factores favoráveis. Se a matéria prima (toros) tiver muitos defeitos o rendimento volumétrico diminui significativamente como foi mencionado na epígrafe 2.3. Para analisar esta situação foi elaborada a tabela 7 com diferentes classes diamétricas.

*Tabela 7- Influência dos defeitos nos indicadores de eficiência de conversão na serração de Inhamacari.*

C.D.(cm)	Nr toro	P.D	R (cm)	RV (%)
24 - 26	1	S.D		50.7
	4	S.D		49
	6	S.D		48.7
	8	S.D		45
	13	C.D	3.5	47.2
	15	S.D		52
	20	C.D	5.5	50.9
	23	S.D		43.4
36	S.D		55.1	
26 - 28	2	C.D	2	51.9
	12	C.D	7	44.3
	18	S.D		63.6
	19	C.D	9	50.2
	29	S.D		54.9
	34	S.D		46
30 - 32	7	C.D	11	52.6
	22	S.D		50
	25	S.D		42.8
	30	S.D		55.4
	31	C.D	8	42.5
	38	S.D		66.5
32 - 34	16	C.D	9	60.5
	17	S.D		64
	27	S.D		73.5
34 - 36	28	S.D		39.5
	37	C.D	5	52.3

Onde:

*C.D* – classe diamétrica; *S.D* = Sem defeitos; *P.D* - presença de defeitos; *C.D* – Com defeitos; *R* – desvio em relação ao eixo central em centímetro; *Rv* – rendimento volumétrico em percentagem.

Os dados apresentados na tabela 7 mostram que o empenamento dos toros não afectou o rendimento volumétricos. Como pode-se observar da tabela na classe diamétrica de 24 a 26 cm existem dois toros com defeito, o toro número 13 e o toro número 20. O toro número 13 possui um rendimento volumétrico de 47.2 % e o toro número 20 possui rendimento de 50.9 %, mas o empenamento ou seja o desvio em relação ao eixo central para o toro número 20 é maior (5.5 cm) que a do toro número 13 que tem um desvio de 3.5 cm. Estes rendimentos chegam a ser superiores a de alguns toros sem defeitos como caso dos toros números 8, 23 e outros de acordo com a tabela acima. Na classe diamétrica de 26 – 28 cm também acontece como na classe diamétrica 24 – 26 cm, ou seja os toros números 2, 12 e 19 possuem defeitos mas que os seus rendimentos volumétricos não são inferiores a de alguns toros sem defeitos, como foi explicado na classe diamétrica anterior. Olhando para a tabela pode-se notar que as classes seguintes também apresentam o mesmo comportamento. Na classe diamétrica de 30 – 32 cm o toro número 7 possui defeito mas contudo o seu respectivo rendimento 52,6 % é maior que alguns toros sem defeito como por exemplo os toros números 22 e 25 que tem rendimentos de 50 e 42,8 % respectivamente. Este aspecto é válido para as classes diamétricas de 32 – 34 cm e de 34 - 36 cm. Este facto vem a discordar aparentemente com estudos feitos sobre defeitos na produção de madeira serrada por Cahill & Cegelka (1989) que denota um decréscimo no rendimento volumétrico com aumento da percentagem de defeitos.

Para uma análise mais profunda efectuou-se a análise de tendência e para melhor compreender este facto foram construídos os gráficos da figura 11 a partir do ajuste linear. Num caso para toros com defeitos (fig 11A) e noutra para toros sem defeitos (fig 11B).

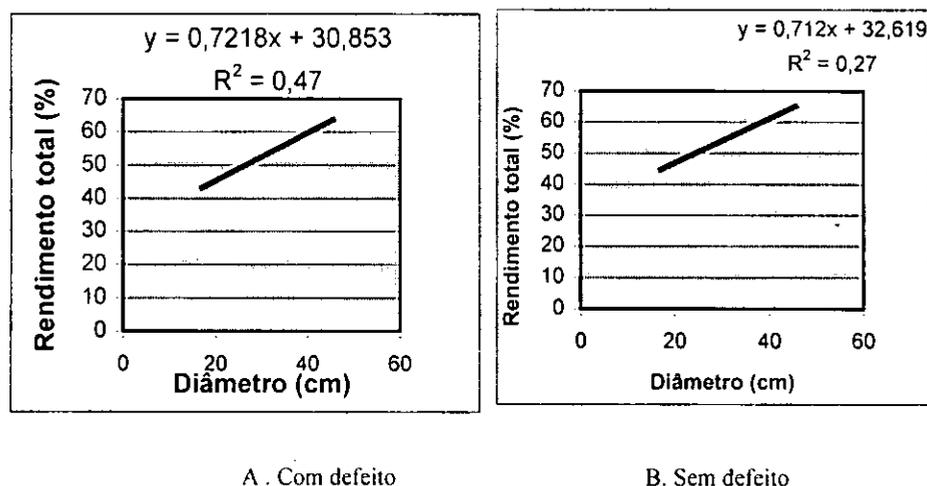


Figura 10- Tendência de crescimento do rendimento volumétrico total com aumento do diâmetro dos toros.

Na figura 11 A o valor da constante "a" é de 0,7218 e o da constante "b" 30,853 com coeficiente de determinação igual a 0,47. O valor de "a" indica a inclinação da recta e o valor de "b" indica a intersecção com o eixo Y. Por sua vez na figura 11 B os valores das constantes a e b são de 0.712 e 32.619 respectivamente, com um coeficiente de determinação de 0.27.

A análise destes dois gráficos direccionou-se no seguinte:

- Valor de inclinação "a". Apesar de serem valores muito próximos é maior em 11 A que em 11 B : A curva 11 A está mais inclinada que a 11 B. Este facto mostra que os toros de pequeno diâmetro com defeitos são mais afectados negativamente no rendimento volumétrico do que toros de grandes diâmetros.
- Constante "b". Na equação do gráfico 11 B esta constante é relativamente maior que no caso 11 A. Como já foi acima mencionado, a constante "b" indica o intercepto e é lógico que a curva 11 B corte o eixo Y mais acima do que a curva 11 A, pois supõe-se que o rendimento de toros sem defeito seja em média maior que os toros com defeito.

Em resumo, ainda que não com muita expressão a análise mostra que em toros empenados o rendimento volumétrico é em média inferior que em toros sem

empenamento (o que é explicado até certo ponto pelo coeficiente b). Por outro lado, o empenamento tem influenciado negativamente os toros com menor diâmetro em termos de rendimento (valor de "a"), facto que evidentemente reforça as constatações de Cahill e Cegelka (1989).

Uma das formas de incrementar o rendimento volumétrico na serra Lucas Mill é processar toros com diâmetros relativamente maiores a fim de reduzir a incidência dos defeitos e obter maiores rendimentos volumétricos por unidade de toro. Os toros com diâmetros pequenos poderão ser utilizados para outros fins, como por exemplo madeira de uso directo. No entanto é necessário considerar a idade financeira óptima de 21 à 23 anos (Falcão, 2000).

## **5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

### **5.1. Conclusões**

No fim deste estudo conclui que:

1. O rendimento volumétrico médio obtido da serra Lucas Mill nos intervalos de diâmetro de 17-45.5 cm variaram de 37.4 – 73.5%.
2. O rendimento volumétrico médio de Lucas Mill com diâmetros compreendidos entre 21-24 cm foi de 48.7%, este valor é ligeiramente inferior ao obtido por Bunster nas nos mesmos intervalos de diâmetros e esquemas de corte (50.05%).
3. O valor médio por metro cúbico de madeira serrada no estudo foi de 2.363.808,00 Mt. Este valor é ligeiramente inferior ao aplicado na serração para madeira de 1ª classe de qualidade, o que confirma que a serra produz grande percentagem de madeira de 1ª classe.
4. O valor médio por metro cúbico de toros no estudo é mais alto (1.222.810,00 Mt) que o custo de matéria prima na serração que é de 300.000,00 Mt. Apesar da grande diferença entre ambos valores não se pode concluir definitivamente que a serra é rentável pois deve-se analisar a influencia de outros factores nos custos globais da serração como por exemplo (força de trabalho, depreciação das máquinas, combustíveis entre outros).
5. Existe uma tendência de aumento do rendimento volumétrico com o aumento dos diâmetros dos toros, assim como existe um certo aumento no valor por metro cúbico de toros com o diâmetro tendo-se verificado apenas uma ligeira relação do valor por metro cúbico de madeira serrada com o diâmetro dos toros. Por outro lado o estudo não mostrou uma relação clara do diâmetro com o rendimento de

madeira de 1ª classe de qualidade; estes factos leva a necessidade de rever as normas de classificação e a tabela de preços aplicados na serração.

6. A influencia dos defeitos sobre o rendimento volumétrico neste estudo não trouxe resultados conclusivos, portanto é importante que se faça outros estudos directamente relacionados com a influência dos defeitos dos toros no rendimento volumétrico na serra em causa, aumentando o tamanho da amostra.

## **5.2. Recomendações**

A partir dos resultados obtidos neste estudo recomenda-se:

1. O estudo de sobredimensionamento necessário dado que as peças obtidos da serra Lucas Mill, tem muitas flutuações ao longo da largura e espessura.
2. Que se faça um controlo da produtividade da serra para uma posterior avaliação dos custos da serra.
3. Que se inclua a qualidade de madeira (comercializável) como critério de classificação e melhoramento das qualidades das peças porque no futuro poderão existir outras empresas a operarem na região o que provocará concorrência dentro do mercado nacional.
4. Que se faça uma revisão da tabela de preços, com vista a racionalizar os volumes que são perdidos por não se considerar as dimensões de larguras e de espessuras das peças no ajustamento dos preços e que tomem em consideração os preços da madeira serrada de 2ª classe por metro cúbico obtidos neste estudo como ponto de partida para a revisão da tabela de preços.
5. Que se evite seleccionar toros com empenamentos excessivos uma vez que o estudo vaticina que toros com maiores empenamentos poderão afectar os indicadores de eficiência de conversão.
6. Que se continue a utilizar o esquema de corte deste trabalho quando se pretende maximizar a produção de barrotes, visto que dá bons resultados.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

1. **Bunster, J. H. (1985).** Estudo de rendimento volumétrico na serração de Messica. Nota técnica nº 3. Universidade Eduardo Mondlane.
2. **Bunster, J.H. (1991).** Estudo de rendimento volumétrico na serração de Messica. FAO/DEF.8p.
3. **Cahill & Cegelka (1989).** Effects of log Defects on Lumber Recovery. United States Department of Agriculture, 10pp.

4. **Casado, M. M. (1997).** Tecnologia de las industrias forestales. Tomo I.Serie forestal N°26. Universidad de Valladolid. Escuela Técnica Superior de Ingenierias Agrarias. Madrid. 191pp.
5. **Chamba ,E (1994).** Inventário Florestal das plantações de Inhamacari, UEM/DEF.
6. **DEF/ AJU's, (1999).** Inventário Florestal dos Conflitos e Usos de Terra na Floresta de Inhamacari. UEM. Machipanda,40pp.
7. **DNFFB (1999).** Política e Estratégia de Desenvolvimento de Florestas e Fauna Bravia, MADER, Maputo , 19pp.
8. **Egas, A. F. (1998).** Consideraciones para el incremento de la eficiencia de la conversion de la Madera en rolo de Pinus caribaea var. Caribaea en sierras de banda, Unversidad de Pinar del Rio, Pinar del Rio. 116pp.
9. **Egas, A.F. (2000 a).** Noções sobre a produção de Madeira Serrada. UEM. Maputo. 95pp.
10. **Egas (2000 b).** Impacto Sócio - económico de indústria Florestal nas comunidades locais.Projecto de Maneio Comunitário de Recursos Naturais financiado pelo projecto GCP/MOZ/056/NET da FAO.
11. **Eureka ( 2001).** Inquérito á indústria Madereira, MADER, Maputo
12. **Falcão, M. (1994).** Aspectos sobre produção de Madeira serrada na Beira. Universidade Eduardo Mondlane. 58pp.
13. **Falcão, M. (2000).** Estudo de viabilidade Financeira da serra móvel para o centro florestal de machipanda. UEM/DEF.16pp.
14. **FAO. (1989).** Cuidado y mantenimiento de sierras. Estudios FAO Montes No 58, Roma. 117pp.
15. **Kilkki, R. (1992).** Reduction of wood waste by small-scale log production and conversion in tropical high forest. FAO. Roma.33pp.
16. **Neves, H. D. Santos. (1997).** Propriedades básicas da madeira de Pinus patula Schied & Deppe de Rotanda e sua aptidão para mercenaria.UEM/DEF. 41pp.
17. **Peña, V. Santiago & Peris, J. J. Francisco. (1996).** Tecnologia de la Madera. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 191pp.

18. **Plank, M. E. (1985).** Lumber recovery from ponderosa pine in the Black Hills, south Dakota. USDA Forest Service Research Paper PNW – 328. Pacific North west Forest and Range Experiment Station. Portland, Ore. 14pp.
19. **Plank, M. E. (1982).** Lumber recovery from ponderosa pine in western Montana. USDA Forest Service Research Paper PNW-297. Pacific North west Forest an Range Experiment Station. Portland, Ore. 24pp.
20. **Takidir, M e Bunster, J.H. (1994).** Classificação de Tensões admissíveis de madeira serrada de Pinho (Pinus patula Schied & DEPPE) proveniente de Penhalonga- Manica, UEM.
21. **Sánchez, E.Z. (1986).** Manual de la Industria Maderera. Universidad Autonomia Chapingo. México. 389pp.
22. **Williston, Ed.M. (1976)** Lumber Manufacturing: The Design and Operation of Sawmills and Planer Mills.
23. **Willistons (1979).** Lumber manufacturing. The design and operation of Sawmlls and planer mills. Miller Freeman Publications inc.
24. **Willits, S. & Fahey, T. D. (1988).** Lumber Recovery of Douglas- Fir from The Coast and Cascade Ranges of Oregon and Washington.
25. **Willits, S e T. D. Fahey (1991).** Sugar Pine Utilization: A 30 – Year transition. USDA Forest Service Research Paper PNW – RP – 438. Pacific Northwest Research Station. Portland, Ore. 21 pp.
26. **Wodfin,R.O. (1978).** Ponderosa Pine Lumber Recovery. Young Growth in Northern California.13pp.
27. **WORMALD, T.J. (1975).**Tropical Forestry Papers n°7, Pinus patula. Department of Forestry Commonwealth Forestry institute. University of Oxford. England. 172pp.
28. WWW.fa.Utl.pt/materiais/madeiras/inventariação/trab/contraplacadosdesenrolado s- pinho.htm.
38. www.stcp.com.br/arquivos PDF/10-11-12.PDF.
39. www.madeirasdobrasil.eng.br/defeitos.html.
40. www.Lucasmill.com.au

Anexo-1 Ficha usada para recolha de dados no campo

Nr. Toro	1	Dados do toro				
		Diâmetros (cm)				
Db1	Db2	Dc1	Dc2	Df1	Df2	Cl (m)
						R (cm)

Dados da madeira serrada

Nr-peça	Dims	Gp	Espessuras (mm)						Larguras (cm)			Cp (m)		
			E1	E2	E3	E4	E5	E6	L1	L2	L3			
1														
2														
3														
n														

Legenda:

- Db1 e Db2- Diâmetros cruzados da base (cm)
- Df1 e Df2- Diâmetros cruzados do topo (cm)
- Dc1 e Dc2- Diâmetros cruzados do centro (cm)
- Cl-Comprimento do toro (m)
- Cp- Comprimento da peça (m)
- Gp-Refere-se a classificação das peças em 1ª e 2ª de acordo com as normas de qualidade.
- E-espessura das peça
- Dims-Dimensional (barrotes-B, tábuas-T, ripas-R)
- R- Desvio em relação ao eixo central (cm).

Anexo 2 - Caracterização dimensional dos toros objecto de estudo.

Diâmetros (cm)

Toro nr	DBm	DCm	DTm	C(m)	Vtoro(m <sup>3</sup> )
1	28	27,5	24	5,1	0,2927
2	31,5	28	26,5	5,12	0,3237
3	34	33	31	5,11	0,432
4	27,5	25,5	24,5	5,1	0,264
5	25,5	25	23	5,05	0,243
6	30	28,5	25	5,09	0,31807
7	40	33	31,5	5,13	0,46657
8	27	27	24,5	5,14	0,28562
9	48,5	46,5	44,5	5,11	0,8683
10	21,5	21	18	5,11	0,17058
11	22,5	21,5	20	5,1	0,18393
12	35	31	27,5	5,12	0,3904
13	28,5	25,5	24	5,15	0,26892
14	30	28,5	28	5,1	0,32931
15	28	24	24	5,12	0,24556
16	37,5	34,5	33	5,13	0,48725
17	38	33,5	33	5,15	0,47336
18	33	28,5	27,5	5,09	0,33941
19	33,5	29	26	5,13	0,34664
20	28,5	26	25	5,08	0,27537
21	25	22,5	21	5,09	0,20594
22	33	31,5	30,5	5,12	0,401325
23	30	26,5	24	5,17	0,289979
24	33	28,5	29	5,08	0,344378
25	31	30,5	30	5,08	0,371176
26	53	49,5	45,5	5,1	0,980008
27	34	33	32,5	5,15	0,442775
28	39	38,5	35	5,08	0,576845
29	29,5	28	26,5	5,08	0,313092
30	35	34	31	5,09	0,453723
31	36	34	31	5,06	0,455751
32	19,5	18,5	17	5,05	0,134733
33	26	25,5	23	5,09	0,253578
34	30,5	29	26,5	5,07	0,331589
35	23	22,5	21,5	5,13	0,20254
36	29,5	26	25	5,09	0,279779
37	40	34,5	34	5,15	0,506731
38	37	32	30	5,18	0,431573
39	29	27,5	28	5,18	0,315289
40	23	21,5	20	5,2	0,189087
Max	53	49,5	45,5	5,2	0,980008
Min	19,5	18,5	17	5,05	0,134733
Med	31,821429	29,488095	27,714286	5,112381	0,371412429
CV (%)	23,8	23,53	23,81	0,74	51,03
Total					14,484581

Anexo 3 - Volumes de madeira serrada (m<sup>3</sup>)

Índice	VR1a	VR2a	VR3a	VR4a	VR5a	VR6a	VR7a	VR8a	VR9a	VR10a	VR11a	VR12a	VR13a	VR14a	VR15a	VR16a	VR17a	VR18a	VR19a	VR20a	VR21a	VR22a	VR23a	VR24a	VR25a	VR26a	VR27a	VR28a	VR29a	VR30a	VR31a	VR32a	VR33a	VR34a	VR35a	VR36a	VR37a	VR38a	VR39a	VR40a
1	0,10992	0,02037	0	0,01817	0	0	0,13028	0,01817	0	0,14845	0,10992	0,03854																												
2	0,12593	0,02101	0	0,02093	0	0	0,14693	0,02093	0	0,16786	0,12593	0,04194																												
3	0,17895	0	0,02966	0,02815	0	0	0,17895	0,02781	0	0,23676	0,2086	0,02815																												
4	0,0836	0	0,0217	0,0238	0	0	0,0836	0,0456	0	0,105	0,0238	0,0238																												
5	0,1024	0	0	0	0	0	0,1024	0	0	0,1024	0,1024	0																												
6	0,12184	0,0135	0,04654	0,01955	0	0	0,13538	0,01955	0	0,15493	0,12184	0,03309																												
7	0,17557	0,00841	0,01947	0,0249	0	0	0,18398	0,06144	0	0,24542	0,2211	0,0233																												
8	0,08419	0	0,01947	0,0249	0	0	0,08419	0,04434	0	0,12853	0,10366	0,02487																												
9	0,49982	0,02866	0,02451	0,03103	0	0	0,58388	0,0554	0	0,58388	0,52433	0,05969																												
10	0,10115	0,01473	0,01612	0	0,00721	0	0,05432	0,01612	0,0074	0,07784	0,06348	0,014417																												
11	0,05482	0	0	0,01395	0	0	0,05482	0,01395	0	0,06877	0,05482	0,01395																												
12	0,08674	0,02665	0,02184	0,03786	0	0	0,11339	0,0597	0	0,17309	0,10858	0,06451																												
13	0,07224	0,00765	0,02253	0,02454	0	0	0,0799	0,04707	0	0,12697	0,09477	0,02119																												
14	0,12354	0,02532	0	0,02937	0	0	0,14887	0,02937	0	0,17824	0,12354	0,05469																												
15	0,08181	0,007	0,05039	0,01861	0	0	0,08881	0,039	0	0,12781	0,10219	0,02561																												
16	0,22939	0	0,033	0,01234	0	0,00641	0,22939	0,04539	0,00641	0,28119	0,26245	0,01875																												
17	0,23185	0	0,02817	0,02021	0	0,02096	0,231846	0,04838	0,02096	0,301186	0,26001	0,04117																												
18	0,17625	0,01018	0	0,01363	0	0,01585	0,18643	0,01363	0,01585	0,21591	0,17625	0,03966																												
19	0,137048	0	0,020967	0,008997	0	0,006934	0,137048	0,029964	0,006934	0,173946	0,158015	0,015931																												
20	0,06874	0,03268	0,01928	0,01954	0	0	0,10142	0,03883	0	0,14025	0,08802	0,05222																												
21	0,065559	0,01301	0	0,03383	0	0,00685	0,0786	0,03383	0,00685	0,11928	0,06559	0,05369																												
22	0,178423	0	0,013638	0	0	0,008525	0,178423	0,013638	0,008525	0,200586	0,192061	0,008525																												
23	0,09334	0	0	0,01697	0	0,01555	0,093344	0,016973	0,015547	0,125864	0,093344	0,015547																												
24	0,085355	0	0,042193	0,017188	0,020144	0	0,085355	0,059381	0,020144	0,16488	0,147692	0,017188																												
25	0,08799	0,014191	0,021462	0,029542	0	0,005831	0,102181	0,051005	0,005831	0,159017	0,109453	0,049564																												
26	0,436123	0,026409	0,060108	0,045303	0,016015	0,008929	0,462532	0,105611	0,024945	0,593088	0,512247	0,080842																												
27	0,255206	0,013871	0,028007	0,019414	0	0,009131	0,269077	0,047421	0,009131	0,325629	0,283213	0,042416																												
28	0,183537	0	0,020583	0,027867	0	0	0,183537	0,04445	0	0,227987	0,20412	0,023867																												
29	0,108805	0	0,044392	0,018679	0	0	0,108805	0,063072	0	0,171877	0,153197	0,018679																												
30	0,175824	0	0,050267	0,017785	0	0,007635	0,175824	0,068052	0,007635	0,251511	0,226091	0,02542																												
31	0,144687	0	0,018704	0,030311	0	0	0,144687	0,049216	0	0,193903	0,163391	0,030311																												
32	0,030184	0	0,018703	0,01132	0	0	0,030184	0,03002	0	0,060204	0,048887	0,01132																												
33	0,081342	0	0,040182	0,010727	0,007308	0,004183	0,081342	0,050909	0,011491	0,143742	0,128832	0,01491																												
34	0,069402	0	0,057528	0,006953	0,018603	0	0,069402	0,064481	0,018603	0,152486	0,145534	0,006953																												
35	0,068681	0	0,021825	0,009164	0	0,007386	0,068681	0,030989	0,007386	0,107256	0,090507	0,01675																												
36	0,097906	0,013249	0,0270219	0	0	0,007157	0,11155	0,027029	0,007157	0,145341	0,133652	0,020406																												
37	0,145451	0,026035	0,069356	0,016823	0,00733	0	0,171486	0,08617	0,00733	0,264986	0,222137	0,042858																												
38	0,166928	0	0,080772	0,039161	0	0	0,166928	0,119934	0	0,286862	0,2477	0,039161																												
39	0,134887	0	0,010568	0,014573	0,0072	0	0,134887	0,025141	0,0072	0,167228	0,152656	0,014579																												
40	0,070771	0	0	0	0	0	0,070771	0	0	0,070771	0,070771	0																												
Mínimo	0,01015	0	0	0	0	0	0,030184	0	0	0,060204	0,048887	0																												
Máximo	0,49982	0,03268	0,080772	0,045403	0,020144	0,02096	0,52845	0,130034	0,024945	0,593088	0,512247	0,080842																												
Médio	0,1338	0,08052	0,0234832	0,0183614	0,002149	0,0052883	0,1446909	0,0422992	0,0053882	0,1923783	0,163674	0,0294916																												

Onde:  
 VB1a, VT1a, VR1a - Volumes (m<sup>3</sup>) de Barrotes, Tábuas, Ripas de primeira classe de qualidade respectivamente.  
 VB2a, VT2a, VR2a - Volumes (m<sup>3</sup>) de Barrotes, Tábuas, Ripas de segunda classe de qualidade respectivamente.  
 VB, VT, VR - Volumes (m<sup>3</sup>) totais de Barrotes, Tábuas e Ripas respectivamente.  
 Vol.Mz (m<sup>3</sup>) - Volume de madeira serrada  
 V1a, V2a - Volumes (m<sup>3</sup>) de primeira e segunda classes de qualidades.

Anexo 4 Resultados dos rendimentos (%) da Madeira serrada e dos desperdícios.

Toro nr	RB	RT	RR	R1a	R2a	Rtot	%D
1	87,8	12,2	0	74	26	50,7	49,3
2	87,5	12,5	0	75	25	51,85	48,15
3	75,6	24,4	0	88,1	11,9	54,7	45,3
4	64,7	35,3	0	81,5	18,5	49	51
5	100	0	0	100	0	42,1	57,9
6	87,4	12,6	0	78,6	21,4	48,7	51,3
7	75	25	0	90,5	9,5	52,6	47,4
8	65,5	34,5	0	80,7	19,3	45	55
9	90,5	9,5	0	89,8	10,2	67,3	32,7
10	70	20,8	9,2	81,7	18,3	45,5	54,5
11	79,7	20,3	0	79,7	20,3	37,4	62,6
12	65,5	34,5	0	62,7	37,3	44,3	55,7
13	62,9	37,1	0	74,6	25,4	47,2	52,8
14	83,5	16,5	0	69,3	30,7	54,1	45,9
15	69,5	30,5	0	80	20	52	48
16	82,4	15,4	2,2	93,6	6,4	60,5	39,5
17	77	16	7	86,3	13,7	64	36
18	86,3	6,3	7,3	81,6	18,4	63,6	36,4
19	78,8	17,2	4	90,8	9,2	50,2	49,8
20	72,3	27,7	0	62,8	37,2	50,9	49,1
21	65,9	28,4	5,7	55	45	57,9	42,1
22	89	6,8	4,3	96	4	50	50
23	74,1	13,5	12,4	74,1	25,9	43,4	56,6
24	51,8	36	12,2	89,6	10,4	47,9	52,1
25	64,3	32,1	3,6	68,8	31,2	42,8	57,2
26	77	18	5	87,7	12,3	59,6	40,4
27	82,6	14,6	2,8	87	13	73,5	26,5
28	80,5	19,5	0	89,5	10,5	39,5	60,5
29	63,3	36,7	0	89,1	10,9	54,9	45,1
30	69,9	27,1	3	89,9	10,1	55,4	44,6
31	74,6	25,4	0	84,3	15,7	42,5	57,5
32	50,1	49,9	0	81,2	18,8	44,7	55,3
33	56,6	35,4	8	89,6	10,4	56,7	43,3
34	45,5	42,3	12,2	95,4	4,6	46	54
35	64	28,9	7,1	84,4	15,6	53	47
36	72,2	23,2	4,6	86,8	13,2	55,1	44,9
37	64,7	32,5	2,8	83,8	16,2	52,3	47,7
38	58,2	41,8	0	86,3	13,7	66,5	33,5
39	80,7	15	4,3	91,3	8,7	53	47
40	100	0	0	100	0	37,4	62,6
Mínimo	45,5	0	0	55	0	37,4	26,5
Máximo	100	49,9	12,4	100	45	73,5	62,6
Medio	73,6725	23,385	2,9425	83,2775	16,7225	51,59375	48,40625

Onde:

RB, RT, RR- Rendimento de barroses, Tábuas e ripas respectivamente

R1a, R2a- Rendimento de primeira e segunda classe de qualidade

Rtot- Rendimento total

% D - percentagem de desperdícios.

Anexo- 5 Resultados dos indicadores de eficiência de conversão em valor

Nr toro	DT (cm)	Vitro (m <sup>3</sup> )	vol ms (m <sup>3</sup> )	\$/m <sup>3</sup> ms (Mt/m <sup>3</sup> )	\$/m <sup>3</sup> toro (Mt/m <sup>3</sup> )
1	24	0,2927	0,148458709	2266363,046	1149509,161
2	26,5	0,3237	0,167864434	2275146,16	1179845,913
3	31	0,432	0,236763765	2393003,403	1311520,89
4	24,5	0,264	0,129130842	2481517,656	1213791,123
5	23	0,243	0,10239527	2500006,584	1053449,276
6	25	0,31807	0,154924389	2307798,276	1124071,242
7	31,5	0,46657	0,245419192	2414504,871	1270046,081
8	24,5	0,28562	0,128526534	2336048,902	1051205,648
9	44,5	0,8683	0,584017933	2406552,446	1618645,568
10	18	0,17058	0,077648578	2326576,226	1063230,957
11	20	0,18393	0,068774185	2479720,597	927202,7107
12	27,5	0,3904	0,173092136	2056340,762	911721,6749
13	24	0,26892	0,126968767	2088534,671	986089,3894
14	28	0,32931	0,178234656	2223835,688	1203623,801
15	24	0,24556	0,127805098	2230558,58	1160924,17
16	33	0,48725	0,29463941	2499440,796	1511406,468
17	33	0,47336	0,301184174	2451199,474	1559620,717
18	27,5	0,33941	0,215913895	2412987,537	1535010,115
19	26	0,34664	0,173945914	2501470,171	1255252,454
20	25	0,27537	0,140245657	1981922,208	1102568,023
21	21	0,20594	0,119284013	2264448,044	1311607,389
22	30,5	0,401325	0,200585758	2507080,549	1253062,31
23	24	0,289979	0,125864203	2507105,27	1088197,295
24	29	0,344378	0,164880426	2406182,734	1152023,301
25	30	0,371176	0,15901668	2269336,851	972215,4093
26	45,5	0,980008	0,583949771	2360545,256	1406560,347
27	32,5	0,442775	0,325628539	2412674,287	1774347,353
28	35	0,576845	0,227986181	2363911,903	934287,0992
29	26,5	0,313092	0,17187647	2402194,934	1318716,985
30	31	0,453723	0,251510485	2441422,748	1353341,862
31	31	0,455751	0,193902875	2345278,34	997817,8348
32	17	0,134733	0,060207089	2255579,659	1007932,018
33	23	0,253578	0,143741851	2407835,524	1364893,914
34	26,5	0,331589	0,152486939	2467066,455	1134523,635
35	21,5	0,20254	0,107257033	2503244,553	1325617,232
36	25	0,279779	0,154058357	2430348,653	1338251,785
37	34	0,506731	0,264995347	2275845,904	1190153,791
38	30	0,431573	0,286861225	2377136,912	1580052,208
39	28	0,315289	0,167228463	2421578,425	1284395,527
40	20	0,189087	0,070770948	2499998,179	935692,9409
média	27,7	0,36211453	0,192701155	2363808,581	1222810,64
máximo	45,5	0,980008	0,584017933	2507105,27	1774347,353
mínimo	17	0,134733	0,060207089	1981922,208	911721,6749

**Anexo 6 - Preços aplicados a madeira serrada na serração  
de Inhamacari**

**Madeira de 1a qualidade (Mt/m<sup>3</sup>)**

Produto	Preço/m <sup>3</sup> (Mt/m <sup>3</sup> )
Barrote	2.500.000,00
Tábua	
Ripa	

**Madeira de 2a qualidade (Mt/unidade)**

Produto	Grupo I	Grupo II	Grupo IIIA	Grupo IIIB
Barrote	20.000,00	15.000,00	12.500,00	12.500,00
Tábua	30.000,00	25.000,00	20.000,00	20.000,00
Ripa	20.000,00	15.000,00	12.500,00	12.500,00

Barrotes de largura de 5 cm com comprimento igual  
ou inferior a 4 m custam \_\_\_ 10.000,00 Mt/m<sup>3</sup>

**Classificação dos grupos**

Grupo	Grupo I	Grupo II	Grupo III A	Grupo III B
C (m)	5	4	3	3,5

Anexo 7- Preços de madeira de 2a qualidade convertidos (Mt/m<sup>3</sup>), de acordo com a tabela de preços do CEFLOMA.

**Barrotes do Grupo I**

Dimensões das Peças

E (mm)	L (cm)	C (m)	E (mm)	L (cm)	C (m)	E (mm)	L (cm)	C (m)
50	5	5	50	10	5	50	15	5
1.600.000,00 (Mt/m <sup>3</sup> )			800.000,00 (Mt/m <sup>3</sup> )			533.333,00 (Mt/m <sup>3</sup> )		

**Barrotes do Grupo II**

Dimensões das Peças

E (mm)	L (cm)	C (m)	E (mm)	L (cm)	C (m)	E (mm)	L (cm)	C (m)
50	5	4	50	10	4	50	15	4
1.000.000,00 (Mt/m <sup>3</sup> )			750.000,00 (Mt/m <sup>3</sup> )			500.000,00 (Mt/m <sup>3</sup> )		

**Barrotes do Grupo IIIA**

Dimensões das Peças

E (mm)	L (cm)	C (m)	E (mm)	L (cm)	C (m)	E (mm)	L (cm)	C (m)
50	5	3	50	10	3	50	15	3
1.333.333,00 (Mt/m <sup>3</sup> )			833.333,00 (Mt/m <sup>3</sup> )			555.555,00 (Mt/m <sup>3</sup> )		

**Barrotes do Grupo IIIB**

Dimensões das Peças

E (mm)	L (cm)	C (m)	E (mm)	L (cm)	C (m)	E (mm)	L (cm)	C (m)
50	5	3,5	50	10	3,5	50	15	3,5
1.333.333,00 (Mt/m <sup>3</sup> )			833.333,00 (Mt/m <sup>3</sup> )			555.555,00 (Mt/m <sup>3</sup> )		

**Tábuas do Grupo I**

Dimensões das Peças

E (mm)	L (cm)	C (m)	E (mm)	L (cm)	C (m)	E (mm)	L (cm)	C (m)
25	10	5	25	15	5	25	20	5
2.400.000,00 (Mt/m <sup>3</sup> )			1.600.000,00 (Mt/m <sup>3</sup> )			1.200.000,00 (Mt/m <sup>3</sup> )		

**Tábuas do Grupo II**

Dimensões das Peças

E (mm)	L (cm)	C (m)	E (mm)	L (cm)	C (m)	E (mm)	L (cm)	C (m)
25	10	4	25	15	4	25	20	4
2.500.000,00 (Mt/m <sup>3</sup> )			1.666.666,00 (Mt/m <sup>3</sup> )			1.250.000,00 (Mt/m <sup>3</sup> )		

**Tábuas do Grupo IIIA**

Dimensões das Peças

E (mm)	L (cm)	C (m)	E (mm)	L (cm)	C (m)	E (mm)	L (cm)	C (m)
25	10	3	25	15	3	25	20	3
2.666.666,00 (Mt/m <sup>3</sup> )			1.777.777,00 (Mt/m <sup>3</sup> )			1.333.333,00 (Mt/m <sup>3</sup> )		

**Tábuas do Grupo IIIB**

Dimensões das Peças

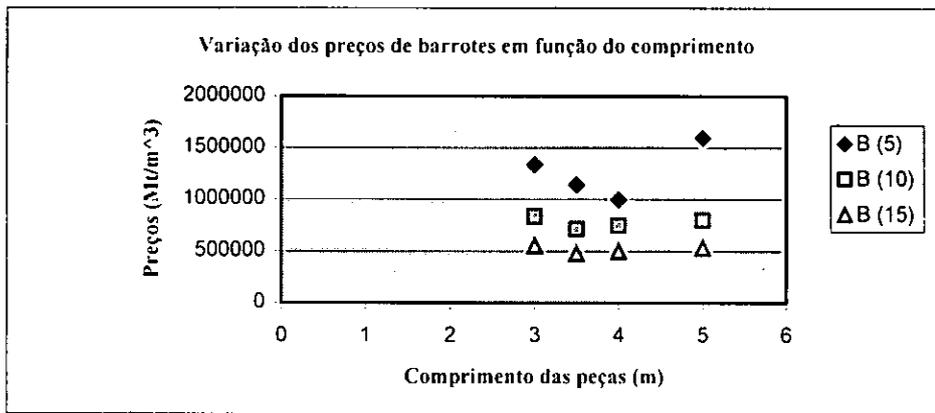
E (mm)	L (cm)	C (m)	E (mm)	L (cm)	C (m)	E (mm)	L (cm)	C (m)
25	10	3,5	25	15	3,5	25	20	3,5
2.285.714,00 (Mt/m <sup>3</sup> )			1.523.809,00 (Mt/m <sup>3</sup> )			1.142.857,00 (Mt/m <sup>3</sup> )		

**Ripas**

Dimensões das Peças

Grupo I			Grupo II			Grupo IIIA		
E (mm)	L (cm)	C (m)	E (mm)	L (cm)	C (m)	E (mm)	L (cm)	C (m)
30	5	5	30	5	4	25	20	3,5
2.666.666,00 (Mt/m <sup>3</sup> )			1.666.666,00 (Mt/m <sup>3</sup> )			2.222.222,00 (Mt/m <sup>3</sup> )		
Grupo IIIB								
E (mm)	L (cm)	C (m)						
30	5	3,5						
1.904.761,00 (Mt/m <sup>3</sup> )								

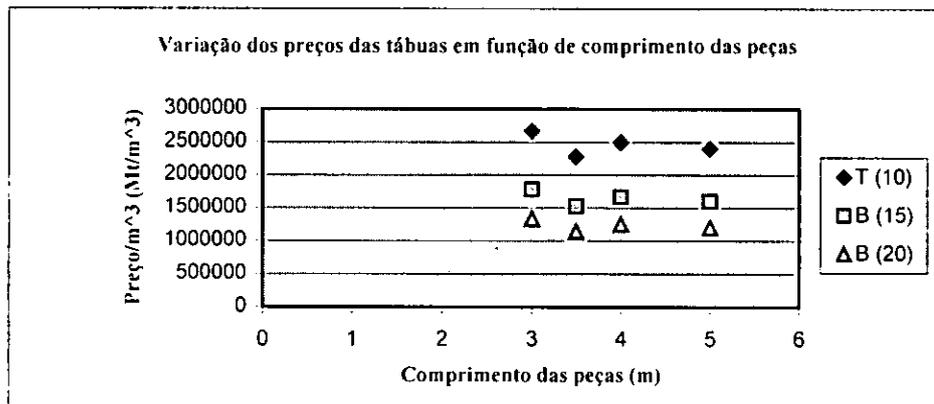
Anexo 8- Variação do preço dos produtos em função de comprimento



graf 1

Onde:

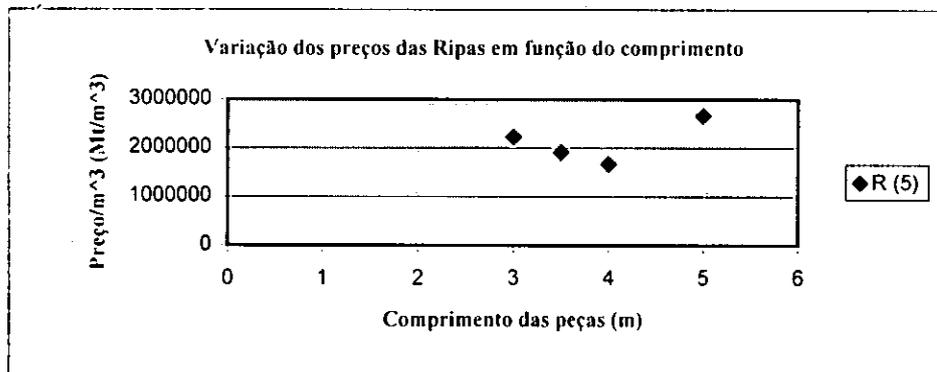
B (5), B (10), B (15)- referem-se aos barrotes de 5, 10 e 15 cm de largura.



graf 2

Onde:

T(10), T(15), T(20)- referem-se as Tábuas de 10, 15 e 20 cm de largura.



Onde:

R (5) - refere-seas ripas de 5 cm de largura