**VALORIZAÇÃO DA MADEIRA DO HÍBRIDO *EUCALYPTUS GRANDIS* X
EUCALYPTUS UROPHYLLA ATRAVÉS DA PRODUÇÃO CONJUNTA DE
MADEIRA SERRADA EM PEQUENAS DIMENSÕES, CELULOSE E LENHA**

ALEXANDRE MONTEIRO DE CARVALHO

Engenheiro Florestal

Orientador: Prof. Dr. **MARCIO AUGUSTO RABELO NAHUZ**

Dissertação apresentada à Escola Superior de
Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade
de São Paulo, para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de Concentração:
Ciência e Tecnologia de Madeiras.

PIRACICABA

Estado de São Paulo - Brasil

Julho - 2000

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - Campus "Luiz de Queiroz"/USP

Carvalho, Alexandre Monteiro

Valorização da madeira do híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*
através da produção conjunta de madeira serrada em pequenas dimensões, celulose e
lenha / Alexandre Monteiro de Carvalho. -- Piracicaba, 2000.
129 p. : il.

Dissertação (mestrado) -- Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2000.
Bibliografia.

1. Celulose de eucalipto 2. Eucalipto híbrido 3. Lenha 4. Madeira serrada de
eucalipto 5. Tecnologia da madeira 6. Valorização I. Título

CDD 674.142

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Marcio Augusto Rabelo Nahuz, pelo aprendizado, pela paciência, por sempre encontrar um tempo, inclusive nos fins de semana trabalhados em correções e revisões, pela atenção e amizade.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP, pela bolsa concedida e financiamento do projeto.

À Champion Papel e Celulose Ltda., Eng. Eduardo Campinhos, Eng^a. Ingrid Nielsen, e aos técnicos que auxiliaram nas atividades de campo e coleta de material.

Aos professores da ESALQ e pesquisadores do IPT, pelo aprendizado, auxílio e ajuda em todas as fases do trabalho.

À Anna Maria, minha mãe, pela palavra amiga, pelo apoio que sempre posso contar, pela segurança, por sempre entender que minha ausência me fazia crescer, por sempre me incentivar, enfim, por tudo que fez e faz por mim até hoje...

Ao meu irmão Ricardo (Quick), pela ajuda nas medições das árvores, pela chuva que tomamos alguns dias, pela amizade e carinho que a distância nunca apagou.

A Antonio, meu pai, pelos anos de esforço e sacrifícios para que eu sempre tivesse o melhor ensino, e assim chegar até aqui e poder continuar.

Aos novos amigos feitos no mestrado, aos velhos amigos cuja amizade se fez mais forte, e a aqueles dos quais tive que me afastar pela distância, todos são muito importantes!

E finalmente,.....a Andrea Dedis Vanini, minha esposa, por todos os momentos vividos, pelo amor, pelo apoio e incentivo, pelas aflições que logo passavam e pelas muitas alegrias que vivemos e viveremos juntos.

Muito Obrigado!

SUMÁRIO

Página

RESUMO	iv
SUMMARY	vi
1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVOS	4
3 REVISÃO DA LITERATURA	5
3.1 O HÍBRIDO <i>EUCALYPTUS GRANDIS</i> X <i>EUCALYPTUS UROPHYLLA</i>	5
3.2 O USO MÚLTIPLO DA MADEIRA DAS FLORESTAS IMPLANTADAS	6
3.2.1 <i>Experiências em outros países</i>	10
3.3 A UTILIZAÇÃO DO EUCALIPTO EM TRÊS IMPORTANTES SEGMENTOS DE MERCADO	11
3.3.1 <i>Matéria-prima para a indústria de madeira serrada</i>	11
3.3.1.1 <i>Rendimento e qualidade quanto a defeitos</i>	15
3.3.1.2 <i>Classificação e normalização da madeira serrada de eucalipto</i>	18
3.3.1.3 <i>O mercado da madeira serrada de eucalipto</i>	19
3.3.2 <i>Matéria-prima da indústria de celulose e papel</i>	22
3.3.3 <i>Fonte de energia</i>	24
4 MATERIAL E MÉTODOS	27
4.1 MATERIAL	27
4.2 MÉTODOS	28
4.2.1 <i>Demarcação da parcela e mapeamento das árvores</i>	30
4.2.2 <i>Inventário</i>	31
4.2.3 <i>Classificação da madeira no campo</i>	34

4.2.3.1 Parâmetros	34
4.2.3.2 Demarcação	35
4.2.3.3 Determinação do volume de madeira de cada porção	36
4.2.4 Amostragem da matéria-prima para os ensaios	39
4.2.5 Ensaios da Porção I (madeira serrada - "Clear Blocks")	41
4.2.5.1 Desdobro, rendimento em madeira serrada (tábuas) e defeitos	42
4.2.5.2 Avaliação do rendimento em "Clear Blocks"	47
4.2.6 Ensaios da Porção II (celulose)	50
4.2.7 Ensaios da Porção III (lenha para energia)	53
4.2.8 Avaliação de Resultados	54
4.2.9 Pesquisa de Mercado	54
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	57
5.1 INVENTÁRIO E CLASSIFICAÇÃO DA MADEIRA	57
5.2 PORÇÃO I	59
5.2.1 Rendimento e defeitos verificados nas tábuas	60
5.2.2 Rendimento em "Clear Blocks"	65
5.3 PORÇÃO II	68
5.3.1 Densidade Básica	68
5.3.2 Composição química da madeira	70
5.3.3 Análise de dimensões das fibras	71
5.3.4 Cozimentos	73
5.4 PORÇÃO III	75
5.4.1 Poder calorífico	75

5.5 AGRUPAMENTO DAS PORCENTAGENS DO VOLUME DE MADEIRA DE CADA PORÇÃO	76
5.6 PESQUISA DE MERCADO	77
5.7 EXPLORAÇÃO PADRÃO PARA CELULOSE X USO MÚLTIPLO (Madeira serrada, "clear blocks", celulose e lenha)	93
6 CONCLUSÕES	103
ANEXO A	106
ANEXO B	108
ANEXO C	110
ANEXO D	114
ANEXO E	118
ANEXO F	121
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	123

**VALORIZAÇÃO DA MADEIRA DO HÍBRIDO *EUCALYPTUS GRANDIS* X
EUCALYPTUS UROPHYLLA ATRAVÉS DA PRODUÇÃO CONJUNTA DE
MADEIRA SERRADA EM PEQUENAS DIMENSÕES, CELULOSE E LENHA**

Autor: ALEXANDRE MONTEIRO DE CARVALHO

Orientador: Prof. Dr. MARCIO AUGUSTO RABELO NAHUZ

RESUMO

Um plantio do híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* estabelecido próximo a Mogi-Guaçu/SP, com idade de 7 anos e manejado para atender à indústria de celulose e papel, foi explorado de forma diferenciada através do uso da madeira para múltiplos fins. Foi demarcada aleatoriamente dentro de um plantio comercial, uma parcela de 1 hectare, sendo esta rigorosamente inventariada e classificada em três porções de uso (Porção I - madeira serrada em tábuas e "clear blocks", Porção II - celulose e Porção III - lenha). Os parâmetros para classificação da madeira no campo foram definidos segundo as condições dos locais de ensaio. Além da análise do rendimento e qualidade dos produtos, foi realizada uma pesquisa junto a produtores e pesquisadores que atuam no mercado de produtos de madeira serrada proveniente de reflorestamentos. Esta pesquisa procurou identificar especificações e preços atualizados da madeira serrada, mais especificamente dos chamados "clear blocks", peças de pequenas dimensões e alta qualidade destinadas à exportação, além de informações sobre o mercado de tábuas e de lenha para energia. Sendo a Porção I - madeira serrada, a de maior valor agregado, foi dada ênfase a este material ao longo do estudo. Na metodologia empregada foram produzidos em escala piloto: a madeira serrada em tábuas e os "clear blocks", a polpa de celulose, e o material de lenha; os rendimentos foram analisados conjuntamente, discutindo-se os resultados em relação à exploração padrão da madeira para a indústria de celulose. Nas análises de produção de celulose, o material estudado comprovou sua alta qualidade e rendimento, sendo alcançados valores em torno de 54% de rendimento em polpa não branqueada. Na obtenção de madeira serrada, o rendimento foi de 39,71% na condição seca, e de 29,98% na confecção dos "clear blocks". A produção conjunta de

celulose, lenha, tábuas e "clear blocks" foi comparada à produção padrão de celulose em uma simulação de mercado onde foram cruzados os dados obtidos nos ensaios, e as informações levantadas na pesquisa. Os resultados indicaram a diversificação de produtos como importante alternativa para períodos em que o preço da celulose estiver baixo. O crescimento constatado da comercialização do eucalipto como madeira serrada a médio prazo, indicou o grande potencial das iniciativas de manejo e processamento da madeira de eucalipto em sistemas de uso múltiplo.

**THE VALUATION OF THE *EUCALYPTUS GRANDIS* X *EUCALYPTUS UROPHYLLA*
HYBRID WOOD THROUGH THE PRODUCTION OF SMALL DIMENSION
SAWNWOOD, PULPWOOD AND FUELWOOD**

Author: ALEXANDRE MONTEIRO DE CARVALHO

Advisor: MARCIO AUGUSTO RABELO NAHUZ, PhD

SUMMARY

A 7-year plantation of *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* hybrid established in the vicinity of Mogi Guaçu/SP and managed to supply raw material to the pulp and paper industry was harvested in a differentiated way to produce wood for multiple purposes. A one-hectare sample plot was randomly selected within a commercial plantation, which was thoroughly inventoried and the wood graded into three fractions for different uses (Fraction I - boards and "clear blocks" sawnwood; Fraction II - pulpwood and Fraction III - fuelwood). Parameters for field grading of the wood were defined according to the conditions required at the testing sites. In addition to yield analysis and product quality, a research was conducted among producers and researchers active in the market of plantation sawnwood products. This research aimed at identifying specifications and prices of sawnwood, especially the so-called "clear blocks", small dimension sawnwood free of defects, produced for the export market. The study placed special emphasis on Fraction I - sawnwood - since potentially, it carries most added value. On a pilot scale, the study produced boards and "clear blocks" sawnwood, woodpulp or cellulose, and fuelwood. The combined yields of these products were analysed in comparison with the results obtained in a standard operation aimed solely at the production of pulpwood. The analyses of the pulp production material showed high quality and yield results, yielding about 54% of unbleached pulp. The sawnwood production yielded 39,71% of dried sawnwood and 29,98% of 'clear blocks'. The combined production of cellulose, fuelwood, sawn boards and "clear blocks" was compared to the standard production of pulp in a simulated market operation, by using the data obtained in the tests and that supplied by the sawnwood producers. The results

favour the diversification of products as an important alternative in situations where the pulp market price is low. The predictable growth of the market for eucalyptus sawnwood indicates a great potential for initiatives in the management and processing of wood produced in multiple use systems.

1 INTRODUÇÃO

A área de tecnologia da madeira e as atividades relacionadas à produção florestal, vem há alguns anos, buscando um equilíbrio que otimize os benefícios extraídos da matéria-prima madeira e seus derivados.

O levantamento de informações que possibilitem o aprimoramento técnico, e o desenvolvimento de novas tecnologias que reduzam custos e utilizem de melhor forma os plantios comerciais das espécies madeireiras, devem ser práticas contínuas, incentivadas por empresas e instituições de pesquisa.

O papel do Brasil no cenário mundial como produtor madeireiro e pólo de pesquisa florestal vem sendo concretizado há alguns anos. Hoje, devido à celulose de alta qualidade colocada no mercado internacional, às exportações de papel e de madeira como matéria-prima para outras indústrias, nosso país atinge respeitável colocação frente a outros produtores e consumidores de madeira na escala mundial.

Com a grande ascensão na década passada da indústria de celulose, as áreas de reflorestamento atingiram enormes proporções. Somente com o eucalipto, o Brasil possui cerca de 3.600.000 hectares reflorestados (ANFPC, 1993; Prado, 1995; SBS, 1990). Atualmente, as indústrias consumidoras de madeira para celulose estão fomentando discussões e iniciativas no sentido de valorizar ainda mais a madeira produzida. Muitas destas empresas consomem madeira oriunda de fornecedores terceiros: proprietários de reflorestamentos de menor porte ou produtores que fazem parte de programas de fomento, e que buscam da mesma forma, alternativas para incrementar o valor agregado à madeira na sua exploração, venda e utilização final.

Projetos pioneiros no sentido da diversificação do uso final da madeira estão sendo desenvolvidos em empresas como a Aracruz Celulose S.A. no estado do Espírito Santo e Bahia, e a Companhia Agrícola e Florestal Santa Bárbara-CAF em Minas Gerais. Essas práticas se devem ao fato de que, muitas vezes, as condições econômico-financeiras

prevalentes na época da intervenção na floresta forçam a busca de mercados intermediários e usos alternativos para a madeira (Nahuz, 1995).

Recentes estudos envolvem a busca de mercados diferenciados para a madeira produzida pelas florestas; Shield (1995) comenta que na conversão da floresta, de geradora de fibra para supridora de madeira sólida, a tecnologia aplicável faculta a utilização de material de pequenas dimensões, oriundo de toras finas, para a manufatura de uma ampla gama de produtos, tais como: molduras; tábuas para assoalhos, tacos e mosaicos; painéis e componentes para móveis; lambris; painéis para paredes; painéis laminados. Em condições padrão de processamento para indústria de fibras, as porções de menor diâmetro da madeira são muitas vezes deixadas no campo, e utilizadas apenas como material de decomposição e gerador de matéria orgânica para plantios futuros.

Em países como Canadá e Estados Unidos, tidos como grande consumidores da madeira na construção civil, indústrias de celulose e papel, moveleira e outras, o uso da floresta com máximo aproveitamento é uma prática comum em várias empresas; não só pelo alto grau de desenvolvimento tecnológico, mas também pelo maior custo das operações florestais (devido ao clima adverso e baixa produtividade). Fábricas de celulose de porte significativo, baseiam sua fonte de matéria-prima em resíduos de grandes serrarias, os cavacos para produção da polpa são oriundos das costaneiras das toras e a formação de resíduos é mínima.

A idéia do uso múltiplo da madeira de reflorestamento corresponde a atuação em conjunto de diversas áreas da tecnologia da madeira, interligadas por meio da matéria-prima, ou seja, a partir de uma mesma fonte de material, vários tipos de materiais são produzidos, otimizando os ganhos finais com a sua colocação estratégica no mercado.

Os trabalhos de pesquisa que envolvem o termo uso múltiplo da madeira ainda são poucos, e estão sendo baseados na diversificação do uso da madeira produzida inicialmente como matéria-prima para a indústria de celulose; esta por sua vez, já utiliza com frequência de parte da madeira como fonte de energia para suas caldeiras de geração de vapor, e consequente transformação em energia elétrica ou mecânica. Já a produção de

madeira serrada em conjunto com as áreas de celulose e energia foi pouco estudada até então.

Com o escasseamento da madeira de florestas nativas como matéria-prima para madeira serrada, e também pelo aumento das pressões de ordem ambiental, a necessidade da busca de alternativas para suprir a demanda da indústria de serraria tornou-se cada vez mais importante; de acordo com Luz *et al.* (1993), a opção mais viável para substituição do uso das folhosas nativas é o eucalipto. Excelentes condições edafoclimáticas para o desenvolvimento dos povoamentos, elevadas produtividades em amplas áreas reflorestadas, pleno domínio da tecnologia de produção de sua madeira e a certeza de gerar grandes volumes, que atendem a várias utilizações, conferem aos povoamentos de eucalipto posição ímpar no setor (Lima, 1996).

Miranda (1998) destaca que a partir do final da década de 80, a crise nos setores de celulose e papel e siderurgia, causada pela acentuada queda nos preços internacionais desses produtos, contribuiu para que as empresas com grandes extensões de área plantada procurassem outras alternativas para o uso da madeira de eucalipto, impulsionando assim, sua utilização como madeira serrada.

A madeira oriunda dos reflorestamentos de eucalipto vem portanto, cada vez mais, atendendo a demanda de madeira dos mercados da construção civil e da indústria moveleira. Os inúmeros plantios destinados à celulose possuem hoje novas perspectivas de utilização, apesar da maioria destes não ter passado por técnicas de manejo e melhoramento florestal próprias à produção de madeira serrada, como as desramas e a seleção de material genético de melhor comportamento em serraria.

Trabalhar com diâmetros menores, em torno de 20 cm e ciclos de rápido crescimento, em torno de 10 anos, são desafios a serem perseguidos por pesquisadores e produtores. Serrarias do sul do Brasil, trabalhando com espécies de *Pinus*, vem conseguindo sucesso na confecção de peças de madeira serrada em dimensões reduzidas, como por exemplo 20, 30 ou 40 cm de comprimento, por 5 a 10 cm de largura e espessuras em torno de 3 cm. Este produto destina-se principalmente ao mercado de exportação e vem sendo chamado de "clear blocks".

Não existe uma norma técnica que defina o "clear block", porém está concretizado no mercado o conceito que o termo refere-se a peças de madeira serrada de pequenas dimensões, mínimos (ou 0%) defeitos, destinadas principalmente à exportação. Os "clear blocks" são utilizados na confecção de molduras, esquadrias, revestimentos, lambris, e como matéria-prima de prateleiras e móveis tipo "faça você mesmo", em que o produto é vendido pré-moldado para que o consumidor utilize da forma que desejar.

Aliando-se produtos como os "clear blocks" com o conceito do uso múltiplo da madeira podem surgir iniciativas bastante interessantes economicamente, que não só representem um maior ganho final, mas também estratégias comerciais mais flexíveis, com maior número de possibilidades de colocação da madeira no mercado frente às flutuações no preço especificado para o produto principal, como por exemplo a celulose.

2 OBJETIVOS

Os objetivos principais do trabalho foram:

- avaliar a produção conjunta de madeira serrada em pequenas dimensões ("clear blocks"), celulose e madeira para fins energéticos (lenha), tendo como matéria-prima um plantio comercial do híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*;

- testar a hipótese da valorização da madeira, ou seja, de que 1 m³ gere maior lucro final, através da diversificação de produtos, em relação à exploração pretendida inicialmente para o plantio (produção de madeira para celulose e resíduos - ponteiros, galhos e folhagem - deixados no campo).

Como segundo objetivo buscou-se verificar o rendimento e qualidade da madeira serrada na forma de tábuas, para comparação entre o valor agregado à matéria-prima nesta forma intermediária e como "clear blocks".

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 O híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*

O *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden ocorre nas regiões costeiras da Austrália em Newcastle, ao norte de Nova Gales do Sul, no sudeste de Queensland em pequenas áreas próximas a Mackay e no planalto de Atherton. Suas áreas de ocorrência principais estão situadas entre 26° e 32° de latitude Sul, na região central de Queensland a 20° S e ao norte de Queensland a 17° S (Boland *et al.*, 1992).

As altitudes onde ocorre o *Eucalyptus grandis* variam entre 0 e 500 m em Nova Gales do Sul, e entre 800 e 1.000 m no planalto de Atherton. O clima é predominantemente subtropical na região Norte, e temperado no limite Sul da ocorrência natural. Nas regiões costeiras não ocorrem geadas, o regime de chuvas é estacional de verão, com precipitação anual total de 1.000 a 1.700 mm (Nielsen, 1998).

O *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake é uma espécie nativa da Indonésia e de outras ilhas ao norte do Continente Australiano, Papua Nova Guiné, Filipinas, Timor. Ocorre principalmente entre 7° e 10° de latitude Sul e 122° a 127° de longitude Leste. É encontrado com maior frequência em altitudes por volta de 500 m, podendo ocorrer em locais de até 3.000 m. O clima destes locais é tropical a subtropical úmido. A temperatura anual varia de 10°C a 29°C entre os meses mais frio e mais quente. As geadas aparecem apenas nas áreas mais altas, e a precipitação anual é de 1.000 a 1.500 mm (Boland *et al.*, 1992).

Tanto as espécies *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla* como o híbrido resultante de seu cruzamento adquiriram grande importância na indústria nacional de celulose e papel. Martins & Ikemori (1987) estudando vários cruzamentos entre espécies de eucalipto, destacam que o *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* foi o híbrido que mais se destacou, devido suas características desejáveis para a produção de celulose, sua

boa produtividade e adaptação ecológica às condições do local (estado do Espírito Santo), mostrando inclusive resistência ao cancro.

A hibridação utilizada como técnica de desenvolvimento de novos materiais genéticos traz a vantagem de gerar indivíduos parcial ou inteiramente diferentes. Isto possibilita que através de programas de clonagem, se obtenham plantios a partir de árvores testadas tecnologicamente e cujas características se adaptem ao local de cultivo e ao processo industrial. Programas de melhoramento florestal que utilizaram a hibridação foram bastante aplicados em empresas do setor como a Aracruz Celulose S.A., do Espírito Santo, e a Champion Papel e Celulose S.A., de São Paulo, que dispõem hoje de milhares de hectares plantados com indivíduos clonados de híbridos. Nestes plantios, destaca-se o *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, de alta produtividade no campo, e de excelentes características de qualidade da fibra (Brigatti *et al.*, 1980; Ikemori & Campinhos Jr., 1983; Bertolucci *et al.*, 1993).

A utilização do *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* como madeira serrada ainda não apresenta dados substanciais na literatura. Alguns trabalhos vem sendo desenvolvidos em razão da grande disponibilidade de plantios deste material, principalmente na região Sudeste. Leme (1999) informa que os clones de densidade básica mais elevada, acima de 0,500g/cm³, tem desempenho superior aos demais na serraria da Aracruz Produtos de Madeira S.A. inaugurada em março de 1999. Nielsen (1998) trabalhou com o *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* na produção de vigas laminadas coladas, com função estrutural e uso na construção civil.

3.2 O uso múltiplo da madeira das florestas implantadas

O termo uso múltiplo da madeira deve ser diferenciado do uso múltiplo da floresta; este segundo vem sendo utilizado para inúmeras situações em que uma área com cobertura florestal, implantada ou não, independentemente das espécies presentes, apresenta mais de uma atividade fim: produção de lenha para energia e conservação do solo, produção de castanhas para comercialização e extração de madeira para serraria, proteção

da fauna local e atividades de educação ambiental. Já o uso múltiplo da madeira possui enfoque tecnológico, de processamento da matéria-prima madeira por indústrias de diferentes segmentos, que otimizam a utilização do material produzido no campo.

Também o uso múltiplo da madeira de reflorestamento envolve enfoques diferenciados; um, compreende tecnologias de processamento de produtos diversificados para plantios já implantados, e que na maioria das vezes objetivavam inicialmente atender unicamente a indústria de fibras. Outro enfoque é o de incrementar tecnologicamente o manejo das florestas, desde a sua implantação até o corte final, envolvendo sucessivos desbastes, com diferentes usos para a madeira. Este tipo de manejo para o eucalipto se restringe até hoje a ações isoladas e a poucos hectares, ou seja, muito pouco se conhece da dinâmica de crescimento e sobre o rendimento destas florestas. Por sua vez, Obino & Menezes (1995) comentam que a realidade atual mostra que o interesse por esta madeira, explorada e utilizada de forma diversificada e racional, existe e aumenta dia a dia.

No Brasil, timidamente, estão se desenvolvendo iniciativas de aliar a produção de celulose à indústrias de outros setores. As primeiras atividades colocadas em prática neste sentido utilizaram a madeira de *Pinus*, comercialmente ainda com melhor aceitação no mercado de madeira serrada, e de grande utilização na indústria de celulose de fibra longa. Com as espécies do gênero *Eucalyptus*, os estudos estão surgindo ano a ano em maior escala, tendo em vista os indicativos da garantia de benefícios: “o preço de mercado da madeira para serraria pode chegar a ser 4 vezes superior ao preço da madeira para celulose de fibra” (Santos, 1994).

Couto (1995) comenta que em um sistema de uso múltiplo, podemos priorizar a produção de madeira para celulose, carvão e painéis e os demais produtos de serraria seriam secundários; este processo valoriza a matéria-prima produzida, utilizando de diferentes mercados para colocação dos produtos finais. Pode-se ainda, otimizar a produção dos dois tipos de madeira, processo (celulose ou chapas de fibras) e serraria, visando através de um manejo adequado, aliar duas áreas diferentes com interesse comum na madeira do eucalipto.

No mesmo trabalho, Couto (1995) destaca que o manejo de florestas implantadas de eucalipto no Brasil ainda necessita de muitos estudos, visando definir as alternativas de intervenção para cada situação. O manejo em povoamentos implantados com mudas clonadas é, por exemplo, diferente daquele implantado via sementes, face as variações internas de cada povoamento. Os estudos de usos múltiplos de florestas implantadas por clonagem ainda são escassos.

Em estudo desenvolvido pelo SENAI/CETEMO (1998) a equipe técnica comenta que, na atualidade, a busca do uso múltiplo das florestas de eucalipto e da melhor remuneração para a madeira tem incentivado o estabelecimento de novas estratégias por parte das empresas, visando ofertar madeira serrada dessa espécie.

Ponce (1995), estudando o uso da madeira de eucalipto para diferentes fins, cita que, para certos usos, tais como madeira para construção, embalagens e paletes, as florestas atuais, em princípio, podem ser usadas desde que fatores econômicos tais como localização, produtividade, demanda e outros, sejam favoráveis. A possibilidade de uso das florestas atualmente existentes para produção de madeira serrada depende da análise de cada situação, são fatores importantes a espécie, a procedência, a história do talhão, seu desenvolvimento e as características tecnológicas e de processamento da madeira.

Luz *et al.* (1993) observam que o uso da madeira de eucalipto para produtos diversificados, destacando-se a indústria de móveis, marcenaria e construção civil, vem apresentando cada vez maior importância. Isto devido ao escasseamento e encarecimento das madeiras nativas para uso em serraria, e o aumento da disponibilidade de madeira de eucalipto de espécies que apresentam melhor qualidade, com boas produtividades; o que as viabiliza como alternativas valiosas e interessantes aos reflorestadores e consumidores. Estrategicamente, este tipo de utilização gera uma significativa valorização da madeira do eucalipto.

Lima (1996) cita que a multiplicidade de produtos possíveis de serem obtidos a partir do eucalipto permite ao proprietário do plantio direcionar suas atividades para a produção de madeira serrada, laminados, aglomerados, madeira para energia, fabricação

de celulose e papel e ainda, aproveitar os resíduos para a fabricação de chapas de fibras e geração de energia.

Costa (1996) destaca que na atualidade, a busca do uso múltiplo das florestas de eucalipto, e da melhor remuneração para a madeira, tem incentivado o aprimoramento de técnicas de produção de madeira serrada. O autor descreve ainda as razões pelas quais o eucalipto se apresenta como uma espécie com múltiplo uso: idade de corte reduzida; custo competitivo da madeira; segurança de abastecimento com matéria-prima homogênea; alta produtividade das florestas.

A madeira de uma mesma árvore pode gerar diferentes produtos, e estes, por sua vez, têm diferentes valores de mercado, apresentando também, variações em relação à demanda ao longo dos anos (Leite, 1994).

Baena (1982) destaca que o rápido crescimento apresentado pelo eucalipto nas condições brasileiras, o número considerado de defeitos, e a falta de informações concretas baseadas em evidências científicas, têm sido fatores altamente limitantes para que a indústria moveleira venha também beneficiar-se desta matéria-prima, que está hoje disponível. Através do desenvolvimento de técnicas de utilização de toras de menor diâmetro e da madeira em menor idade, o suprimento da demanda da indústria da madeira serrada pode ser completado pelos plantios de eucalipto hoje existentes, em conjunto com a exploração para os fins originais, possivelmente, celulose ou carvão.

A produção de multi-produtos a partir de povoamentos de eucalipto têm encontrado alguma resistência do ponto de vista tecnológico e cultural. Do ponto de vista cultural, sua madeira é considerada de qualidade inferior e não tem sido utilizada para fins mais nobres, como a fabricação de móveis. Quanto às restrições tecnológicas, existem problemas de tensões de crescimento que provocam rachaduras e empenamentos durante o desdobro, e problemas de secagem, especialmente o colapso (Pereira, 1994).

Entretanto, através de uma seleção entre as espécies será possível identificar aquelas com características adequadas às diversas aplicações, de acordo com as necessidades de processamento e características de uso (Ponce, 1995).

3.2.1 Experiências em outros países

No hemisfério norte é prática corrente o uso múltiplo das florestas e da madeira, tanto fornecendo produtos diretos, como a madeira serrada, como no uso indireto, onde aproveitam-se benefícios do ambiente florestal, como incremento de flora e fauna, produção de água potável e local para atividades de coleta, caça e lazer, conforme exemplos relatados por Lima (1993).

Em países como Estados Unidos, Canadá, Nova Zelândia e Austrália, que como o Brasil possuem recursos florestais abundantes, principalmente oriundos de florestas implantadas, mais de 80% das habitações são construídas inteiramente com madeira e seus derivados, aliando em larga escala, processos como a da produção de celulose a outros fins como o da construção civil (Bañados & Oviedo, 1991).

Luz *et al.* (1993), citando Andrade (1961), comenta que outro mercado interessante para a madeira de reflorestamentos é o de postes para eletrificação e comunicação. Como exemplo, nos Estados Unidos, em todas as cidades predominam maciçamente os postes de madeira. Nos estados mais úmidos do Sul, como Flórida, os postes são tratados com preservativos, mas em regiões Centro e Oeste, simplesmente a madeira é utilizada ao natural, pois as condições climáticas e biológicas são favoráveis à maior durabilidade e economia em relação ao uso do concreto e do aço. Existindo esta alternativa de mercado, ela pode ser bastante interessante para indústrias de outras áreas, que possuam a madeira no campo, e eventualmente atravessem flutuações no preço de venda do seu produto principal.

No Chile, autores como Bañados & Oviedo (1991) e Cabaña (1993), demonstram resultados práticos, que estão desenvolvendo o mercado interno de madeira serrada de eucalipto para construção civil, principalmente casas - estrutura total ou parcial - pisos, forros, paredes internas, portas e janelas e outros acabamentos.

Com grandes investimentos na área florestal e ampla utilização da madeira para construção, postes, indústria moveleira e ainda celulose e papel, a África do Sul representa hoje um modelo no uso da madeira de eucalipto. Vários trabalhos como

Poyton (1981), Schonau (1991) e Malan & Hoon (1992) mostram experiências de sistemas de manejo do eucalipto para uso múltiplo. Estão sendo utilizados com sucesso, sistemas de desbastes sucessivos dos plantios visando a produção de madeira de alta qualidade para serraria ao final do ciclo. Estas técnicas de manejo geram menor competição entre as árvores, que atingem mais cedo, maiores níveis de densidade e produtividade.

Ramos (1973) descreve que na África do Sul, vem sendo obtida madeira de excelente qualidade, ao longo de todo o ano, para suprir o consumo de modernas serrarias; os defeitos inerentes ao eucalipto, de rachar e de empenar, aparecem nessa ou naquela prancha logo depois de saída da estufa, mas as peças que, depois de secas, não apresentarem estes defeitos, são consideradas estáveis e firmes para diversos usos, como construção e móveis. O autor comenta que, no Brasil, pesquisas tecnológicas com a utilização da madeira de eucalipto jovem de plantações artificiais, hoje destinadas à indústria de fibras, devem seguir o exemplo da África do Sul.

Eccher *et al.* (1989) publicaram trabalho relatando o múltiplo uso do eucalipto no Sul da Itália, sendo sua madeira utilizada como combustível e fonte de energia, empregada na produção de produtos à base de madeira serrada (construção civil, móveis), ainda citam as espécies de eucalipto como importantes no controle da erosão dos solos.

Martinez (1990 e 1991) destaca algumas espécies de eucalipto como o *Eucalyptus saligna* e o *Eucalyptus camaldulensis*, como destinadas a uso múltiplo (energia, construção, movelaria) na Costa Rica e em toda a América Central.

3.3 A utilização do eucalipto em três importantes segmentos de mercado

3.3.1 Matéria-prima para a indústria de madeira serrada

Em um futuro próximo, quer seja por pressões ambientais, pela elevação do custo da madeira das florestas naturais, ou ainda pelo aumento da consciência para a utilização de recursos florestais renováveis, poderão ocorrer dificuldades para o suprimento de

segmentos da indústria de madeira serrada. Uma das alternativas mais iminentes para suprir esta demanda é o desenvolvimento das técnicas de processamento e do mercado da madeira de eucalipto, complementando o consumo de madeira serrada oriunda de reflorestamentos, hoje representado prioritariamente por espécies de *Pinus* (Costa, 1996).

Miranda (1998) destaca que o aumento do consumo de madeira e o distanciamento das reservas naturais em relação aos centros consumidores, têm prejudicado e onerado o abastecimento da matéria-prima constituída por espécies tradicionais originárias, principalmente, da floresta amazônica.

No Quadro 1 (Abracave, 2000) visualiza-se o crescimento do consumo das florestas plantadas como produtos de madeira sólida, em relação a uma tendência de diminuição do consumo de florestas nativas no Brasil, a partir do ano de 1997. Quanto ao volume total de madeira consumida, as espécies nativas ainda representam a maioria da matéria-prima; contudo as perspectivas a longo prazo são de uma inversão deste quadro.

Quadro 1. Consumo de florestas nativas e plantadas como produtos de madeira sólida no Brasil.

Ramos (1993) comenta que, considerando as previsões de "déficit" da madeira de *Pinus*, a alternativa para atender à demanda crescente de madeira serrada para uso geral, será a utilização das espécies do gênero *Eucalyptus* de baixa densidade e rápido crescimento.

Menezes (1998) relata que as grandes indústrias de papel e celulose e siderurgia, começam aos poucos a investir em produtos sólidos de madeira de eucalipto; de uma maneira geral, todas elas já possuem profissionais envolvidos no desenvolvimento da diversificação do uso da madeira. O autor acredita que o ingresso destas empresas neste ramo de negócio irá impulsionar a produção, divulgação e uso da madeira de eucalipto na indústria brasileira, e expandir ainda mais a exportação deste gênero, agregando mais valor do que o produto celulose e/ou carvão.

No Brasil, a participação do eucalipto no mercado de madeira serrada ainda é pequena. Uma série de preconceitos são atribuídos a esta matéria-prima, provenientes da utilização incorreta e da falta do desenvolvimento de tecnologias que permitam otimizar as características do produto final. Ponce (1995) coloca que o eucalipto apresenta algumas características que realmente dificultam seu aproveitamento; essas dificuldades não são todavia, maiores do que as que apresentam a maioria das madeiras.

“O madeireiro brasileiro acostumado a trabalhar com toras de grande diâmetro, de madeiras nativas, nas serrarias tradicionais, ainda não se habituou à idéia de processar toras de 15 a 20 cm de diâmetro, das quais não se pode obter tábuas de grande largura. O processamento dessas toras exige equipamentos específicos para que seja alcançada uma produtividade adequada” (Ponce, 1995).

Zobel (1981) descreve alguns problemas e defeitos que podem ocorrer na utilização do eucalipto como madeira serrada, entre eles talvez o mais preocupante seja a existência das tensões de crescimento, que se apresentam mais prejudiciais em madeiras com grande quantidade de madeira juvenil. O autor comenta que para a madeira de folhosas (eucalipto), as diferenças nas propriedades da madeira normal e madeira juvenil são menores do que nas coníferas (*Pinus*), e que não são consideradas um problema significativo; toras jovens de *Eucalyptus grandis* com idade de 6 a 14 anos, tem apresentado consequências relativamente leves na madeira serrada, manifestadas principalmente em deformações e gretamentos devido a colapso nas faces das peças contendo a medula.

A madeira de eucalipto serrada vem também demonstrando bons resultados em aplicações da construção civil, Nahuz *et al.* (1998) ressaltam que o aumento da demanda de habitações para a população de baixa renda, especialmente nos grandes centros urbanos, pressionou a necessidade de se encontrar matérias primas de características uniformes, amplo suprimento e baixo custo. Tais características são tipicamente encontradas nas florestas plantadas, homogêneas e de rápido crescimento, tais como nas madeiras de eucalipto e pinus.

O eucalipto vem sendo utilizado na indústria de serraria em vários países desenvolvidos, como Austrália, Estados Unidos, Canadá, Nova Zelândia, entre outros. Nestes países, onde os recursos florestais são abundantes, principalmente as florestas plantadas ou manejadas, mais de 80% das habitações são construídas inteiramente com madeira e seus derivados. Entretanto, em nível mundial, as experiências em grande escala e bem sucedidas no uso de madeira serrada de reflorestamento de eucalipto têm seu maior desenvolvimento na África do Sul. Neste país, métodos de manejo de reflorestamentos com diversas espécies (especialmente, *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus cloeziana*) foram desenvolvidos e aperfeiçoados nos últimos 60 anos, obtendo resultados que permitiram o estabelecimento de um forte setor de serrarias e indústrias moveleiras, além do amplo uso na forma de postes e estruturas (Luz *et al.*, 1993).

No Chile, segundo Mendonza (1995), existe uma tradição de aproximadamente um século no uso da madeira serrada do eucalipto. Neste país, espécies do gênero *Eucalyptus* foram inicialmente empregadas por empresas mineradoras de carvão como pilares na construção de túneis. Atualmente, o eucalipto vem sendo utilizado na construção de ferrovias e residências. Nos últimos 20 anos, com o aumento do mercado consumidor, a indústria relacionada com a conversão mecânica de toras de eucalipto tem ampliado seu uso, na fabricação de chapas decorativas faqueadas, embalagens, estruturas de revestimento, pisos, molduras, esquadrias, parquetes, entre outros. As plantações florestais de eucalipto do Chile representam cerca de 12% do total da cobertura florestal. Estes povoamentos superam 207 mil hectares, e são quase que totalmente formados pela espécie *Eucalyptus globulus*, com produtividade superior a 30 m³/ha/ano.

Waugh (1998) comenta que na Austrália, país onde as florestas são dominadas por aproximadamente 720 espécies de eucaliptos, algo em torno de 250 delas são utilizadas na confecção de produtos de madeira. Esta abundância fez com que a tecnologia de utilização desta madeira e da indústria consumidora se desenvolvesse e, conseqüentemente, o consumo das florestas naturais se acelerasse. Hoje, existem nesse país grandes programas de plantios de reflorestamentos de eucalipto.

Na Argentina, a introdução do eucalipto começou no século passado. A partir de 1940, tiveram início os planos de reflorestamento em todo o país. No entanto, o grande impulso no setor ocorreu na década de 70, por intermédio dos sistemas de fomento instalados em todo o território argentino. Em princípio, o objetivo desses povoamentos era fornecer matéria-prima para produção de celulose, mas com o tempo sua madeira começou a ser destinada a outras aplicações, como: construções rurais, residências, móveis, embalagens, postes, laminados, carrocerias, paletes, tábuas, chapas e estruturas para piso, molduras, parquetes, vigas, entre outros. Atualmente, a produção de madeira serrada tem se equiparado à destinada à produção de celulose. As espécies inicialmente introduzidas sofreram um processo de melhoramento genético, com o objetivo de superar suas deficiências tecnológicas. Algumas espécies utilizadas na Argentina, para fins mais nobres, tiveram seus nomes substituídos por outros nomes incomuns como "pino saligna" e "cedro pomeano", artifício empregado como forma de vencer a má fama que o eucalipto tem no mercado (Acosta, 1995).

3.3.1.1 Rendimento e qualidade quanto a defeitos

O rendimento da madeira processada em serraria é afetado pela interação entre diversos fatores, sendo os mais importantes: o diâmetro, o comprimento, a conicidade e qualidade das toras, a espessura do corte, o número alternativo de produtos, as decisões pessoais, os tipos e as condições de funcionamento e de manutenção dos equipamentos, além dos métodos de processamento (Steele, 1984). Portanto, a combinação dessa série de fatores irá resultar no sucesso ou fracasso do processamento de uma espécie em serraria.

Mello (1978) cita que o rendimento obtido para madeira de coníferas está entre 55 e 65%, enquanto que as folhosas apresentam rendimento inferior devido à menor retidão do tronco, 45 a 55%.

No eucalipto, a manifestação de tensões internas de crescimento prejudica sobremaneira o rendimento, através da tendência ao rachamento das toras antes e durante a operação de desdobro. Estudos revelaram que a intensidade destas tensões está correlacionada ao crescimento em diâmetro da árvore (Garcia, 1995).

Segundo Kubler (1987) as tensões de crescimento são forças encontradas em fustes de árvores ainda vivas, as quais podem ser orientadas longitudinalmente, tangencialmente e radialmente. Estas forças não devem ser confundidas com as tensões resultantes do peso da copa da árvore, ou da tensão da seiva, ou mesmo as resultantes da madeira de reação e das tensões de secagem.

As tensões de crescimento são a principal fonte de defeitos resultantes nas tábuas da madeira de eucalipto e são responsáveis por grande parte da rejeição que esta matéria-prima ainda apresenta na indústria de madeira serrada no Brasil. De Villiers (1973) afirma que o principal fator responsável pelo baixo aproveitamento em madeira serrada oriunda de *Eucalyptus* spp de rápido crescimento, é a tendência ao rachamento das toras devido às altas tensões de crescimento existentes nas árvores.

Baena (1982) avaliou a produção de sarrafos de *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus grandis* com 9 e 7 anos, concluindo que o *E. grandis* apresentou maior proporção de perdas devido às rachaduras de topo, sugerindo que esta espécie apresenta maiores níveis de tensões de crescimento.

Chafe (1979) considera que após a ocorrência de rachaduras ocasionais de topo já no abate, a fase de desdobro é a que mais permite a manifestação das tensões de crescimento, pelo novo desequilíbrio criado, provocando defeitos como abaulamento, torções, empenamentos e rachaduras a partir da medula.

Durante a secagem das peças produzidas, mesmo sem a utilização de secadores artificiais, a madeira de eucalipto também passa por processos que levam à formação de

defeitos. Os problemas típicos que ocorrem no eucalipto durante a secagem são: empenamentos, rachaduras, encruamento, altas contrações e colapso (Hillis & Brown, 1978).

Os empenamentos podem ser classificados como encanoamento, arqueamento, encurvamento e torcimento, e caracterizam-se como qualquer distorção da peça de madeira em relação aos planos originais de suas superfícies, tendo sua ocorrência determinada não só pelas tensões da secagem, como também pela ação residual das tensões internas de crescimento, que se manifestam abaixo do ponto de saturação das fibras (Fernandes, 1982).

McMillen¹ citado por Galvão & Jankowsky (1985) define o defeito de encruamento como a condição de tensão e deformação permanente da madeira, na qual as fibras externas estão sob compressão e as internas sob tração, quando a madeira está uniformemente seca; o encruamento aparece quando a secagem é rápida e desuniforme.

Outro defeito comum em algumas espécies de eucalipto é o colapso. Diferentemente do que ocorre com as contrações lineares manifestadas nas direções tangencial, longitudinal e radial, que aparecem sempre abaixo do ponto de saturação das fibras, o colapso acontece durante a movimentação da água capilar, sendo ocasionado por forças geradas no interior das células, que as deformam e alteram a forma visível da madeira. Pode-se dizer de forma simplificada, que as células da madeira são "puxadas" conjuntamente, sob a ação das forças de capilaridade o que, portanto, resulta no colapso das células da madeira (Oliveira, 1981).

As tábuas onde ocorre o colapso demonstram ondulações nas superfícies, que podem apresentar-se bastante distorcidas, sugerindo um empenamento grave (Galvão & Jankowsky, 1985).

¹ McMILLEN, J.M. Stresses in wood during drying. Madison, Forest Products Laboratory, 1963. 52p.

3.3.1.2 Classificação e normalização da madeira serrada de eucalipto

A classificação e padronização da madeira serrada é uma das mais sérias atividades desenvolvidas por países que se apresentam como grandes consumidores deste material, onde a madeira serrada é inclusive reconhecida como material de engenharia e normalizada como tal (Zenid, 1996). Desde 1898, a National Hardwood Lumber Association - NHLA, dos Estados Unidos, foi formada com o objetivo de criar uma norma para medir e classificar a madeira de folhosas (hardwood).

Zenid (1996) publicou um resumo do que vem sendo feito em termos da classificação da madeira serrada do eucalipto no Brasil. A preocupação em se estabelecer uma norma se evidenciou a partir do início da década de 90, quando o eucalipto passou a ser definitivamente encarado como uma das alternativas mais promissoras para o abastecimento futuro das regiões sul e sudeste do país, e do mercado internacional de madeira serrada.

No trabalho, o autor destaca que a primeira iniciativa de se normalizar a madeira serrada produzida no Brasil, foi a criação na década de 40 das Especificações para a Classificação do Pinho Serrado, onde o Instituto Nacional do Pinho através do Decreto nº 30.325 criou normas para classificar a madeira do Pinho-do-Paraná (*Araucaria angustifolia*). Na década de 70, a madeira de folhosas, principalmente a Virola (*Virola* spp) e o Mogno (*Swietenia macrophylla*) passaram a comandar as exportações de madeira serrada; em função disso o antigo IBDF, atual IBAMA, adotou as Regras para Medição e Classificação de Madeiras Duras da NHLA, traduzidas e publicadas pelo IPT em 1972 e revisadas em 1986 (IPT, 1986).

Nesse meio tempo, o IBDF publicou em 1983, a Norma para Classificação de Madeira Serrada de Folhosas, que adotou as unidades do Sistema Internacional substituindo a “polegada”, “pé” e “board foot” da norma anterior; esta norma foi aprovada pela ABNT como NBR 9487-“Classificação de Madeira Serrada de Folhosas”.

Nos anos 80, uma comissão proposta pela ABPM - Associação Brasileira dos Produtores de Madeira, criou junto a ABNT as normas referentes a “Madeira Serrada de

Coníferas Provenientes de Reflorestamento para Uso Geral”, sendo elas: Terminologia (TB-397), Medição e quantificação de defeitos (NB-1381), Dimensões e lotes (PB-1560), Classificação (CB-205), e Inspeção e recebimento (EB-2169).

Em 1996 foi criado pelo conselho deliberativo da ABNT, o Comitê Brasileiro de Madeiras, sediado em Curitiba junto à sede da ABPM. Este Comitê vem trabalhando desde então na elaboração das normas para classificação da “Madeira Serrada de Eucalipto Proveniente de Florestas Plantadas”. O trabalho está em andamento e a proposta inicial segue os mesmos itens das normas elaboradas para as coníferas plantadas; em Zenid (1996) foi publicado um resumo destas normas, onde a madeira é classificada segundo as classes: extra, primeira, segunda e terceira; de acordo com a presença dos seguintes defeitos: furos de insetos, madeira ardida, podridão, arqueamento, encanoamento, encurvamento, encurvamento complexo, torcimento, colapso, bolsa goma/resina, esmoado, fendilhado, fissura de compressão, medula, nós e rachas.

Conforme informou Sobrinho (2000), a versão definitiva das normas foi terminada no final do ano de 1999, o texto foi formatado segundo as normas da ABNT e encaminhado para apreciação junto desta. Se aprovado em sua totalidade, a norma de classificação da madeira serrada de eucalipto deve ser publicada até o segundo semestre do ano 2000. Alguns trabalhos, Miranda (1998) e Del Menezzi (1999), já empregaram a proposta de classificação publicada em resumo por Zenid (1996) como norma mais recente até então elaborada.

3.3.1.3 O mercado da madeira serrada de eucalipto

A madeira de reflorestamento constitui apenas uma pequena parcela do volume total de madeira serrada comercializado hoje a nível mundial. Contudo, este mercado vem se adaptando ao uso da madeira das florestas plantadas. O número de espécies tropicais disponíveis a partir de plantações ainda é pequeno; a maior parte desta madeira provém das espécies: Teca (*Tectona grandis*), Albizia (*Albizia falcata*), Balsa (*Ochroma pyramidale*), Gmelina (*Gmelina arborea*), Seringueira (*Hevea brasiliensis*) e do

Eucalipto (*Eucalyptus* spp - várias espécies). O fator mais interessante relacionado com o uso dessas madeiras é que, com exceção da Teca, todas são utilizadas em peças de pequenas dimensões, para móveis e para todo tipo de artefato de madeira (Gresham, 1995).

No mesmo trabalho Gresham (1995) destaca que a fatia de mercado onde melhores e mais rápidos resultados podem ser alcançados é a de produtos de maior grau de processamento: móveis, pisos, revestimentos; onde diversos fatores favorecem o uso de madeira de reflorestamento. Estes produtos são menos seletivos quanto à espécie utilizada, ajustam-se perfeitamente ao uso de dimensões menores, e aceitam madeira laminada colada, tanto lateralmente como em emendas de topo ("finger joint"). Esta fatia do mercado consumidor apresenta grande potencial de colocação dos chamados "clear blocks", peças pequenas, de mínimos defeitos e grande homogeneidade, podendo ser produzidas por árvores de menores diâmetros (próximos a 20cm) e com idade inferior a 10 anos.

Para as espécies de eucalipto, Santos (1996) descreve os principais segmentos de mercado: móveis; embalagens; engenharia (construção civil); revendas madeireiras; indústria de transformação; divisórias e artefatos. Além destes, mercados menores como os de artigos escolares, artigos esportivos, brinquedos e utensílios domésticos, tem sido cada vez mais ocupados pela madeira de reflorestamentos. As principais madeiras substituídas por material oriundo de plantios são: cedrinho, peroba, angico e pinho.

Na indústria de móveis, a madeira de eucalipto já deixou de ser utilizada apenas como estrutura interna de sofás. A sua utilização já é bem aceita no mercado consumidor, porém ainda falta disponibilidade que apresente boa relação volume x qualidade. O *Eucalyptus grandis* se mostra um promissor substituto para o mogno, principalmente na indústria moveleira, os resultados têm sido excelentes, mas esbarram em problemas de oferta da madeira; hoje, a madeira de pinus ainda é a mais utilizada em termos de espécies para confecção de madeira serrada (Santos, 1996).

Santos (1996) ainda destaca como mercado promissor, o da construção civil, e cita o exemplo do Chile, onde a espécie *Eucalyptus globulus* está sendo amplamente utilizada

como molduras, rodapés, forros e lambris. No Brasil, embora ainda existam preconceitos quanto a utilização do eucalipto devido a problemas de empenamentos e dificuldades na secagem, algumas empresas pioneiras estão desenvolvendo tanto a tecnologia de processamento, quanto o mercado interno e de exportação de seus produtos; é o caso da Flosul no estado do Rio Grande do Sul, da Aracruz Produtos de Madeira S/A no sul da Bahia, da Companhia Agrícola e Florestal Santa Bárbara em Minas Gerais e da Klabin no Paraná.

O artigo *Aracruz inaugura fábrica...*(1999) mostra como as empresas de celulose, como a Aracruz Celulose S/A e a Klabin Celulose e Papel, investem atualmente na diversificação de produtos. O retorno do investimento em madeira serrada se mostra superior ao da produção de celulose. “De capital intensivo, a indústria de celulose exige investimentos de quatro dólares para gerar um dólar. Numa serraria moderna essa relação é bem menor, de 1,8 para 1. O que ambas têm de complementar é que o mercado de madeiras duras desfruta de ciclos favoráveis exatamente quando cai o mercado de celulose”.

Obino (1996) comenta que em recentes pesquisas, tem-se percebido as seguintes demandas, com grande ênfase no mercado internacional: setor moveleiro - painéis, molduras, componentes para móveis; e construção - pisos e assoalhos, decks, esquadrias, madeira estrutural e decorativa. Nestes setores a madeira produzida em florestas plantadas, incluindo o eucalipto, deve perseguir algumas características com relação à sua qualidade para obter sucesso na sua colocação no mercado. Estas características são: estabilidade após a secagem; homogeneidade quanto à cor e propriedades físico-mecânicas; aptidão para recebimento de acabamentos; boa adaptação às linhas de produtos compostos.

Em seu artigo, Tomaselli & Garcia (1998) citam os maiores projetos implantados no Brasil visando o mercado de madeira serrada de eucalipto, são eles: Aracruz, plantios no sul da Bahia; CAF, também com plantios na Bahia; e Flosul, com áreas de eucalipto no Rio Grande do Sul.

Quanto a comercialização no mercado externo, Silva *et al.* (1998) relatam os principais mecanismos de compra e venda de produtos em bolsas de mercadorias. O comércio internacional de produtos requer cada vez mais a padronização e homogeneidade do bem negociado. Um importante passo para a madeira serrada brasileira é seu enquadramento como commodity ("commodity"), que garantirá bons resultados no mercado mundial. Para isso, a madeira ou produto à base de madeira deve atender aos requisitos de uma commodity, isto é, representar produtos e serviços altamente padronizados, dentro de uma certa variedade ou classificação, que não possam ser diferenciados segundo a empresa produtora; isto facilita a comercialização e permite que os compradores adquiram o produto dos fornecedores que ofereçam melhores preços. Os produtores de madeira de eucalipto, que visam crescer no mercado externo, devem se preocupar em atender a estas exigências.

3.3.2 Matéria-prima da indústria de celulose e papel

Barrichelo *et al.* (1975) já relatavam que as espécie do gênero *Eucalyptus* adquiriam na década de 70 posição de destaque entre as principais matérias primas fornecedoras de fibras para a indústria de celulose e papel. Desta época para os tempos atuais esta posição se concretizou, inclusive dentro de nosso país, onde a adaptação silvicultural do eucalipto foi muito bem sucedida. Espécies como o *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus urophylla*, dentre outras, se tornaram a base da cultura florestal de fibra curta na indústria de celulose.

Dados recentes apresentados por Lobl (1999) confirmam a posição atual do eucalipto de principal fonte de matéria-prima da indústria de celulose no Brasil. De um total de 6.231.000 toneladas de polpa de celulose obtida por processo de polpação (químico) produzidas em 1998, 4.984.000 toneladas foram de fibra curta de eucalipto (80%), contra 1.247.000 toneladas de celulose de fibra longa de pinus (20%). Devido ao desenvolvimento de técnicas de manejo e a sucessivos programas de melhoramento genético, a produtividade média das florestas de eucalipto manejadas para celulose está

em torno de 47 st/ha/ano e o ciclo produtivo é de 7 anos, enquanto no Norte do Canadá, Suécia e Finlândia o ciclo de maturação de suas madeiras chega até 60 anos.

Busnardo (1981) cita que o *Eucalyptus urophylla* e seus híbridos (*E.urophylla* x *E.grandis*; *E.urophylla* x *E.tereticornis*; *E.urophylla* x *E.saligna*) constituem uma das principais fontes de matéria-prima para a indústria nacional de celulose, sendo seu desenvolvimento, em altura e diâmetro, excelente. Sua madeira é de densidade intermediária entre as de média densidade (*E. saligna* e *E. grandis*: em torno de 0,460g/cm³) e as de alta densidade (*E. citriodora* e *E. paniculata*: acima de 0,570g/cm³).

Foelkel *et al.* (1978) explicam que a maior vantagem do *Eucalyptus urophylla* e seus híbridos sobre as espécies de média densidade é requerer menores volumes de madeira por tonelada de celulose de qualidade similar, apresentando um consumo específico de cerca de 5,53 estéreos por tonelada de celulose, enquanto sua celulose apresenta resistências físico-mecânicas bastante razoáveis.

Estudando várias espécies de eucalipto para a produção de celulose, Gonzaga (1983) afirma que a característica determinante das espécies, que se correlaciona com a qualidade da polpa produzida, é a densidade. Como o gênero *Eucalyptus* apresenta uma ampla variação em termos da densidade da madeira, e um grande número de espécies (em torno de 600), algumas delas estão sendo enfoque de um maior número de estudos. Em seu trabalho, o autor utilizou 13 espécies que possuem faixas de densidade dentro de parâmetros satisfatórios (nem muito elevados, nem baixos), são elas: *E. saligna*, *E. urophylla*, *E. grandis*, *E. camaldulensis*, *E. microcorys*, *E. tereticornis*, *E. pilularis*, *E. cloeziana*, *E. propinqua*, *E. pellita*, *E. deanei*, *E. quadrangulata* e *E. andrewsi*.

Várias empresas do setor florestal voltadas para produção de celulose têm investido em pesquisas, visando a seleção de clones que apresentem as melhores características de densidade, teor de extrativos, porcentagem de casca, forma mais cilíndrica, maior produtividade no campo e maior rendimento em celulose. Soresini (1993) mostra os avanços da Aracruz Celulose S/A, que detém grande experiência na utilização do híbrido entre o *Eucalyptus grandis* e o *Eucalyptus urophylla* na produção de celulose. Segundo o autor, a empresa desenvolveu determinados clones, hoje implantados

no campo, que elevaram a produção de polpa de uma média inicial de 6 toneladas de celulose por hectare/ano a valores de até 18 toneladas por hectare/ano.

Lima (1996) descreve que a madeira de eucalipto é hoje a principal fonte de matéria-prima para produção de celulose no Brasil, sendo sua polpa classificada como de fibra curta (0,80 a 1,20mm de comprimento). O autor cita as espécies mais utilizadas atualmente: *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus urophylla*, *Eucalyptus saligna*, *Eucalyptus alba* e *Eucalyptus viminalis*, além dos híbridos entre elas. No mesmo trabalho, o autor cita estudo desenvolvido por Calori & Fier (1993) com o *Eucalyptus dunnii*, sendo comparado ao *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* pela densidade básica, que se mostrou em média superior - 0,493g/cm³, contra 0,401g/cm³ do *Eucalyptus grandis* e 0,450g/cm³ do *Eucalyptus saligna*; a espécie possui potencial para uso na região Sul pois apresenta resistência às geadas.

3.3.3 Fonte de energia

Segundo Garlipp (1982), as indústrias da área de siderurgia e celulose vinham adotando medidas de curto, médio e longo prazos, para substituírem o óleo combustível por outras matérias primas, entre elas, os derivados da biomassa florestal.

O mesmo autor concluiu que para a década de 80 os resíduos disponibilizados pelas florestas plantadas, principalmente de eucalipto, nas regiões de maior atuação dos segmentos de celulose e chapas de fibras, ofereciam um potencial de substituição ao óleo combustível da ordem de 45,8% ao ano.

Indústrias que produzem e consomem a madeira de eucalipto, podem obter significativas reduções de custo, se utilizarem parte do material produzido no campo como fonte de energia necessária a seus processos produtivos principais. Este é o caso de indústrias de celulose, chapas de fibra e serrarias. Moro (1994) comenta que os resíduos florestais do eucalipto vem sendo utilizados em larga escala por indústrias destes setores, consumido em fornalhas de caldeiras movidas a biomassa. A biomassa é composta de cascas, quebras e porções menos nobres das árvores como ponteiros e galhos.

Brito (1979) considera natural a intensificação do uso da madeira como fonte energética no Brasil, devido a sua vocação florestal e face às condições edafoclimáticas favoráveis. O país apresenta elevada produtividade das florestas plantadas, capacidade para desenvolvimento, manejo e utilização de florestas para fins energéticos, e renovabilidade da fonte. O reduzido teor de enxofre gerado no uso da biomassa, a coloca em vantagem em relação a outros tipos de combustíveis também sob o aspecto ambiental.

Berezovsky (1979) comenta sobre diferentes tipos de biomassa, definida esta como o conteúdo orgânico das plantas em geral e dos resíduos de qualquer espécie, destinados à produção de energia no Brasil. O autor classifica os diferentes tipos de biomassa em função da procedência do material: culturas agrícolas, resíduos agrícolas e florestais, resíduos animais, despejos urbanos, plantas não convencionais, e florestas plantadas, se destacando dentro deste último tipo a cultura do eucalipto.

Lima (1996) destaca que as florestas energéticas são hoje, no Brasil, uma realidade, principalmente como supridoras à indústria siderúrgica do Estado de Minas Gerais, a qual colocou o país no topo do conhecimento mundial em tecnologia florestal. Por outro lado, a implantação de maciços florestais com o gênero *Eucalyptus* vem sendo intensificada, visando principalmente, atender à legislação quanto à restrição de uso dos remanescentes de florestas nativas para produção de carvão vegetal.

Quanto a utilização dos resíduos de serraria na produção de energia, Zoellinger (1994) cita que aproximadamente 40% da madeira se transforma em resíduo até a obtenção do produto final. O autor destaca que aproximadamente 7,5kg de resíduos de madeira seca contém a mesma quantidade de energia de 4,5 litros de óleo combustível, e que a queima destes resíduos representa uma forma de otimizar o uso da matéria-prima.

Borges *et al.* (1993) estudaram a geração de energia de resíduos de espécies dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus* utilizadas em serraria. Os resultados indicaram que a maior produção de resíduos fica por conta do *Eucalyptus*, sendo porém o poder calorífico útil do *Pinus* maior devido à presença de resina. A maior quantidade da chamada energia disponível fica com o *Eucalyptus* devido à sua densidade mais elevada. No aspecto econômico os autores concluem que a não utilização dos resíduos para geração de

energia, equivale em média a uma perda de US\$ 8,78 por m³ de madeira serrada produzida para o *Pinus* e US\$ 11,95/m³ para o *Eucalyptus*.

Rocha *et al.* (1993) trabalhando com cavacos de eucalipto, a uma umidade média de 49,47%, observaram que para atingir a mesma energia obtida na queima de 1 m³ deste material seriam necessários 72kg de óleo combustível, 220,39kWh de energia elétrica, ou ainda 105kg de carvão mineral. Utilizando valores da época a alternativa de se utilizar a madeira de eucalipto se mostrava vantajosa, uma vez que a situação estudada foi de uma empresa que obtinha a madeira como resíduo da exploração principal.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Material

Foi utilizada como população base para o estudo, uma parcela de 1 hectare de um híbrido entre o *Eucalyptus grandis* e o *Eucalyptus urophylla*, produzido a partir de estaquia (clonagem), com 7 anos de idade e implantado com espaçamento 3,5m x 1,7m.

A localização da parcela foi sorteada aleatoriamente dentro do talhão nº 018 do Horto Sta. Terezinha de propriedade da Champion Papel e Celulose Ltda.

(Figura 1)

O Horto Sta. Terezinha se localiza a aproximadamente 35km da cidade de Mogi-Guaçu/SP seguindo pela SP-340.

A data exata de plantio foi 21/05/92, e a área total do talhão é 48,99 hectares, sendo o solo, Latossolo Vermelho Amarelo. A precipitação média anual da região é de 1.300mm, e a temperatura varia de 16°C a 24°C, médias dos meses mais frios e mais quentes.

Figura 1. Vista do plantio em que foi implantada a parcela experimental.

A definição do material obedeceu a três pré-requisitos estabelecidos na proposta inicial do estudo, que objetivaram aproximar os resultados da realidade dos plantios de eucalipto atualmente cultivados no Brasil, especialmente dentro do estado de São Paulo:

1º - ser uma área de plantio comercial, implantado e manejado com o objetivo inicial de gerar matéria-prima para a indústria de celulose e papel;

2º - ter características fenotípicas (altura e diâmetro das árvores, porte dos troncos, densidade da copa e características da casca e folhas) e genotípicas (procedência das sementes ou histórico de clonagem), semelhantes a plantios comumente praticados por empresas industriais do setor;

3º - ter localização que possibilitasse a amostragem e retirada da madeira em toras e galhos, sem que os custos operacionais inviabilizassem as atividades.

4.2 Métodos

A metodologia empregada no estudo seguiu uma cronologia que foi representada no fluxograma da Figura 2, onde as diversas atividades práticas realizadas foram colocadas de forma simplificada.

A partir do fluxograma, as atividades foram detalhadas uma a uma, assim como as fórmulas de cálculo, equipamentos, procedimentos e locais de realização dos ensaios.

Figura 2. Fluxograma de atividades desenvolvidas na metodologia do trabalho.

4.2.1 Demarcação da parcela e mapeamento das árvores

Dentro do plantio comercial, a parcela de 1 hectare foi aleatoriamente alocada através de sorteio.

Foi elaborado um croqui do talhão, sendo este quadriculado em áreas que representavam 1 hectare; todas estas parcelas foram numeradas e uma delas foi então sorteada (Figura 3).

Figura 3. Representação do sorteio da parcela experimental no croqui do talhão comercial.

Após definida a localização no campo, todas as árvores das linhas limite da parcela foram demarcadas com tinta, a mesma utilizada em trabalhos de inventário florestal, e que não apresentava nenhum risco de perda da marcação. As quatro árvores que representavam os quatro vértices da parcela foram numeradas conforme a Figura 4.

Figura 4. Marcação com tinta de um dos pontos limites da parcela.

4.2.2 Inventário

Com a parcela demarcada no campo tiveram início as atividades referentes ao inventário volumétrico das árvores.

O inventário teve como objetivo obter, com a máxima precisão, o volume em m³ de toda a madeira presente na parcela. Para isto, a metodologia seguida foi a medição da CAP (circunferência a 1,30m de altura) e da altura total, de todas as árvores, e determinação do fator de forma do povoamento conforme Batista (1998).

A CAP foi determinada através de medição com trena métrica árvore a árvore, e transformada em DAP (diâmetro a altura do peito ou a 1,30m de altura) através da fórmula:

$$DAP = \frac{CAP}{\pi}$$

Para medição da altura total foi utilizado o dendrômetro de Haga, aparelho que determina a altura da árvore através da relação entre triângulos, Figura 5 (Finger, 1992):

Figura 5. Princípio de funcionamento do Dendrômetro de Haga.

De posse do DAP e da altura das árvores, foi feita a determinação do fator de forma, que consiste na relação entre o volume real e o volume cilíndrico das árvores.

Por se tratar de uma população implantada por clonagem, os indivíduos se apresentavam de forma bastante homogênea no que diz respeito à sua forma. A determinação do fator de forma consistiu no abate de 10 árvores, medição da altura comercial (até 6cm de diâmetro), e cubagem rigorosa pelo método de Smalian para cálculo do volume real em m³, conforme a Figura 6 (Finger, 1992).

Figura 6. Sistema de medição e fórmula de cálculo da cubagem das toras realizada pelo método de Smalian.

O volume real de cada árvore amostrada foi correlacionada com o volume de um cilindro de diâmetro igual ao DAP da mesma, sendo que:

$$V_c = \frac{\pi}{4} (DAP)^2 \cdot H$$

onde: V_c = volume cilíndrico em m³ (com diâmetro igual ao DAP).

H = altura ou comprimento do cilindro em m;

Portanto, o fator de forma foi calculado pelo volume real sobre o volume cilíndrico:

$$F = \frac{V_R}{V_C}$$

O fator de forma médio das 10 árvores foi utilizado para o cálculo do volume real de todas as árvores da parcela, sendo que:

$$V_R = \frac{\pi}{4} (DAP)^2 \cdot H_t \cdot F$$

onde: V_R = volume real da árvore (m^3);

H_t = altura total da árvore;

F = fator de forma médio.

O volume real total das árvores da parcela foi substituído posteriormente pelo volume total de madeira, onde foi considerado também o volume de galhos que forneceram material para lenha (Porção III). O cálculo do volume de cada porção é detalhado mais a diante.

Ainda na etapa de inventário, foi elaborado um mapeamento dos indivíduos presentes na parcela. A partir do ponto limite nº 1, as árvores foram numeradas sequencialmente conforme a Figura 7.

Figura 7. Sequência de numeração das árvores.

4.2.3 Classificação da madeira no campo

4.2.3.1 Parâmetros

Com a parcela inventariada e mapeada, as árvores foram identificadas de acordo com parâmetros de três porções de uso, de acordo com cada fim pretendido, sendo: Porção I - serraria; Porção II - celulose e Porção III - energia.

Os parâmetros de classificação da madeira descritos a seguir foram estabelecidos de acordo com as condições de processamento limites, em termos de diâmetro e volume das toras, para cada condição e local de ensaio.

- Porção I - Madeira ou toras superiores, destinada à serraria. Parâmetros definidos segundo as condições da serraria do IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo, onde foram realizados os ensaios:

- diâmetro da base $\geq 20\text{cm}$;
- diâmetro do topo $\geq 12\text{cm}$, a 4 metros de altura;
- comprimento mínimo de 4m para as toras que atenderam as exigências de diâmetros
- ausência de defeitos aparentes: toras que apresentarem galhos, nós em excesso e rachaduras aparentes após abate da árvore, serão desconsideradas nesta porção;

- Porção II - Madeira ou toras de porte médio, matéria-prima para indústria de celulose. Dentro desta fração foi classificada toda a madeira que não atendeu as exigências da Porção I, e que apresentava diâmetro superior a 6cm, limite inferior utilizado na manufatura de cavacos para produção de celulose pela maioria das indústrias do setor.

Como produto de referência para análise de rendimento e ensaios qualitativos foi utilizada a polpa de celulose não branqueada. Os parâmetros para demarcação das toras desta porção foram:

- diâmetro mínimo de 6cm;
- ausência de defeitos graves (ex: podridão ou madeira queimada);

- Porção III - Madeira ou toras de porte inferior. Lenha para fins energéticos:

- diâmetro inferior a 6cm;
- outras dimensões e forma que desqualificaram a madeira para as Porções I e II.

4.2.3.2 Demarcação

A Porção I (serraria) foi identificada no campo através de um gabarito construído com canos de pvc, que selecionou os parâmetros desta parte da madeira conforme a Figura 8.

Figura 8. Seleção da madeira para serraria pelo uso do gabarito.

Todas as árvores que atenderam aos requisitos impostos pelo gabarito, ou seja, onde as suas extremidades de 12 e 20 cm não entraram, foram demarcadas como mostrado na Figura 9.

Figura 9. Marcação das árvores com madeira para serraria (Porção I).

Na parcela foram demarcadas então, 2 tipos de árvores:

- árvores com madeira para serraria, celulose e energia;
- árvores com madeira para celulose e energia.

4.2.3.3 Determinação do volume de madeira de cada porção

Na continuidade dos trabalhos foi realizada a quantificação do volume de madeira destinado a cada porção de uso.

Nas árvores com madeira da **Porção I**, foi realizada uma cubagem da primeira tora de 0 a 4m; a metodologia envolveu o uso de uma escada de alumínio, um cano de PVC com 4 metros de comprimento para determinação correta da altura da medição e uma trena métrica; foram medidos os diâmetros da base (à altura do chão), e a 2 e 4m a partir da base (Figura 10).

Figura 10. Determinação do volume em m³ da porção da árvore destinada à serraria.

Na quantificação do volume da **Porção II** (celulose), foi determinada a altura comercial das árvores, correspondente à altura até o diâmetro do fuste de 6cm.

Para determinar a altura comercial, primeiramente, foi calculada a relação entre altura total e altura comercial de uma amostra de 100 árvores abatidas (H_t/H_c), que obteve um baixo desvio padrão (Anexo A). Posteriormente, estas árvores foram utilizadas também como matéria-prima dos ensaios.

Assim, sendo que o valor das alturas totais já havia sido calculado pelo inventário, o valor da altura comercial árvore a árvore foi dado por:

$$H_c = H_t / r$$

onde: H_c = altura comercial;

H_t = altura total;

r = relação média entre altura total e
comercial das 100 árvores amostradas.

O volume de madeira destinado à indústria de celulose foi calculado pela somatória do volume até a altura comercial das árvores, menos o volume de madeira destinado à Porção I (serraria), ou seja:

$$V_{p_{II}} = \left(\sum \left(\frac{\pi}{4} (DAP)^2 \cdot H_c \cdot F \right) \right) - V_{p_I}$$

onde: $V_{p_{II}}$ = Volume (m^3) da Porção II;

H_c = altura comercial da árvore;

F = fator de forma determinado no inventário;

V_{p_I} = Volume (m^3) total da Porção I.

Por fim, o volume da **Porção III** (energia) foi determinado também através da amostragem das 100 árvores com as quais foi calculada a relação entre altura comercial e total. Vinte destas árvores serviram como fonte de amostras para ensaios, nos quais foi determinado o volume em m^3 de todo o material lenhoso presente acima de 6cm de diâmetro do fuste.

Este material foi picado em partes menores e levado a um xilômetro, onde por diferença de nível d'água se determinou o volume sólido do material, independentemente de sua forma. A análise está esquematizada nas Figuras 11 e 12.

Figura 11. Medição do volume de lenha pelo método do xilômetro.

Figura 12. Fotos da determinação do volume de lenha.

A média do volume de lenha das árvores amostradas (Anexo B) foi utilizada para determinação do volume de lenha fornecido pela parcela, em função do número total de fustes encontrados (algumas árvores bifurcadas encontradas corresponderam a mais de 1 fuste). Este cálculo foi considerado mais preciso do que a estimativa do volume de madeira acima de 6cm de diâmetro, determinado pelo inventário na medição da altura pelo dendrômetro de Haga.

Por fim, o volume total de madeira considerado no trabalho foi determinado pela somatória do volume de cada porção calculado separadamente. Neste cálculo, para o valor da Porção III, foram considerados os volumes dos ponteiros (parte do fuste a partir de 6 cm de diâmetro), e os galhos avaliados como material possível de utilização como lenha (Figura 12a).

4.2.4 Amostragem da matéria-prima para os ensaios

Para cada Porção de uso foi realizada uma etapa de amostragem, que disponibilizou a matéria-prima para ensaios e para a manufatura, em escala piloto, da madeira serrada, da celulose e da lenha.

Na **Porção I** foram amostradas aleatoriamente 50 árvores, daquelas selecionadas como fornecedoras de madeira para serraria, resultando em 50 toras de 4m de comprimento.

Estas árvores foram abatidas o mais próximo possível do solo, para um melhor aproveitamento do diâmetro, tomando-se o cuidado para que não ocorresse rachamento. Logo após o abate e secção a 4m a partir da base, nos dois topos das toras foi aplicado um impermeabilizante à base de piche (nome comercial: Vedacit), com função de reduzir rachaduras causadas pela perda de umidade (Figura 13).

Figura 13. Abate e secção a 4 metros das árvores amostradas para fornecimento de madeira serrada.

Para a **Porção II** foi realizada amostragem segundo metodologia padrão utilizada em ensaios de qualidade da madeira para celulose (Barrichelo & Brito, 1978; Foelkel, 1977).

Foram amostradas nesta porção, 20 árvores, sendo 10 das quais já se havia retirado a primeira tora para serraria (4m até 6cm de diâmetro) e 10 que não forneceram madeira para a Porção I (árvore inteira), isto possibilitou que nos ensaios da Porção II fossem comparadas 2 sub-amostras.

De cada uma das árvores foram retirados cinco toretes, de aproximadamente 40 cm, que produziram cavacos em equipamento picador de campo (fabricante: Morbark). O corte dos toretes e produção dos cavacos foi realizado conforme o esquema da Figura 14.

Figura 14. Amostragem da madeira para ensaios de produção de celulose.

Nas árvores que forneceram madeira para serraria, o torete da base foi retirado no ponto da secção a 4 metros; os toretes restantes foram retirados proporcionalmente a ilustração da Figura 14.

A amostragem para ensaios da **Porção III** foi feita nas árvores abatidas para cálculo da relação entre a altura total e a altura comercial do povoamento, tendo sido amostradas 20 árvores e coletada toda a madeira menor ou acima de 6cm de diâmetro, inclusive galhos.

4.2.5 Ensaios da Porção I (madeira serrada - "clear blocks")

Nos ensaios realizados com a Porção I, destinada à confecção de peças de madeira serrada, foi simulado o processo industrial de produção dos "clear blocks". Primeiramente, foi realizado o desdobro das toras gerando tábuas, posteriormente em cada tábua foi identificado o volume de madeira classificado como "clear block".

A verificação de defeitos nas tábuas, nas condições verde e seca, foi realizada conforme trabalhos anteriores de Miranda (1998) e Del Menezzi (1999).

4.2.5.1 Desdobro, rendimento em madeira serrada (tábuas) e defeitos

O material amostrado para confecção e ensaios de madeira serrada, 50 toras de 4m de comprimento, foi levado do Horto Sta. Terezinha próximo a Mogi-Guaçu para as instalações da serraria da Divisão de Produtos Florestais do IPT em São Paulo.

Já na serraria, as toras foram cubadas novamente pela fórmula de Smalian (ver item 4.2.2 - Figura 6), para cálculo do volume inicial da madeira em m³.

A seguir foi realizado o desdobro para confecção de tábuas com 27mm de espessura. O método de desdobro foi o de quadro cheio, onde através de cortes simultâneos a tora atravessa serras paralelas distantes 27mm entre si. O número de tábuas por tora variou conforme o diâmetro da tora (Figura 15).

Figura 15. Desdobro das toras na serraria do IPT/SP.

Nas tábuas, verificou-se o rendimento em madeira serrada e os defeitos descritos a diante, nas condições verde (após desdobro) e seca (após secagem). A secagem foi feita ao ar livre, sob cobertura, por um período de aproximadamente 120 dias, período em que foi alcançada a umidade de equilíbrio, de aproximadamente 14%, Figura 16.

Figura 16. Tábuas produzidas a partir das toras da Porção I em fase de secagem.

O rendimento em madeira serrada foi determinado em função do volume em m^3 das tábuas, sendo: $\text{Vol.}(m^3) = \text{Compr.} \times \text{Esp.} \times \text{Larg.}$

O rendimento de cada tora foi obtido por:

$$R\% = \frac{\sum \text{Vol.}(m^3) \text{ das tábuas}^{(1)}}{\text{Vol. inicial } (m^3) \text{ da tora}^{(2)}}$$

onde: $R\%$ = rendimento em madeira serrada;

(1) = somatória do volume das tábuas produzidas;

(2) = volume inicial determinado na cubagem da tora.

Os defeitos foram quantificados em cada uma das tábuas produzidas. A avaliação também se repetiu nas condições verde e seca. A seguir são descritos os defeitos analisados:

- Índice de Rachamento:

Expressa a porcentagem do comprimento da tábua que sofreu rachadura; este índice pode fornecer um indicativo do nível das tensões de crescimento presentes na árvore (Miranda, 1998), foi calculado por:

$$IR\% = \frac{cr_1 + cr_2}{ct} \times 100$$

onde: IR% = índice de rachamento na tábua;

cr₁ = comprimento da racha mais longa em uma extremidade;

cr₂ = comprimento da racha mais longa na outra extremidade.

ct = comprimento total da tábua.

- Rachas superficiais:

As rachaduras superficiais, também chamadas de fendilhado, são pequenas rachas que ocorrem nas superfícies das tábuas.

Quanto às rachaduras superficiais as tábuas foram avaliadas como: ausentes; poucas ou severas.

- Rachas nas extremidades:

Além de possibilitar a determinação do índice de rachamento, as rachas que ocorreram nas extremidades das tábuas permitiram a avaliação das peças quanto à presença ou ausência do defeito; o que possibilitou a análise da porcentagem de rachamento que ocorreu no total de tábuas produzidas.

- Empenamentos:

Os empenamentos são distorções que ocorrem nas peças de madeira em relação ao seu plano principal; podem ser ocasionados por contrações radiais e tangenciais durante a secagem, pela presença de lenho juvenil e grã espiralada ou ainda por efeito das tensões de crescimento liberadas no desdobro.

Foram medidos os seguintes tipos de empenamentos: encurvamento, arqueamento, encanoamento, torcimento e encurvamento complexo.

O encurvamento e arqueamento foram expressos em relação ao comprimento da peça, sendo medido o ponto de maior ocorrência do defeito, Figura 17 e Figura 18.

Figura 17. Cálculo do encurvamento das peças.

Figura 18. Cálculo do arqueamento das peças.

O encanoamento, empenamento ou curvatura da peça em função da sua largura, foi expresso em mm. O encanoamento foi calculado pela diferença entre a espessura nominal da tábua e a espessura que se poderá obter após o aplainamento (Figura 19).

Figura 19. Cálculo do encanoamento das peças.

O torcimento e o encurvamento complexo são empenamentos mais graves, que geralmente desqualificam a peça, foram avaliados como: presente ou ausente, e podem ser entendidos visualizando a Figura 20.

Figura 20. Torcimento (a) e Encurvamento complexo (b).

- *Colapso:*

O colapso é um defeito bastante incidente na madeira serrada de eucalipto, principalmente nas tábuas originadas pela parte central da tora, onde está presente a medula. O colapso ocorre devido à movimentação da água capilar e por forças geradas no interior das células, que as deformam e alteram a forma visível da madeira.

Este defeito foi avaliado nas peças como: ausente, leve, moderado e severo; de acordo com sua extensão e intensidade.

- *Esmoado:*

O esmoado corresponde a uma falha ou ausência da madeira na forma original da tábua, sendo originado por quebra, casca solta ou pelo próprio diâmetro da tora quando transformado em tábua. O esmoado foi avaliado porcentualmente em relação ao comprimento, largura e espessura das peças (Figura 21).

Figura 21. Cálculo das porcentagens de esmoado nas peças.

- *Nós:*

Os nós ocorrem devido a formação de galhos a partir do fuste da árvore, que normalmente sofre desrama natural em sua parte inferior; isto resulta em duas situações diferenciadas na produção das tábuas: presença dos chamados nós soltos, ou presença de nós vivos. Os nós soltos são formados por uma pequena parte do galho que fica encrustada na formação da madeira, e que solta-se facilmente quando aplicada uma pequena pressão sobre ele, deixando um orifício; já o nó vivo não causa danos estruturais, e praticamente não interfere na aparência final da madeira serrada; em sua formação, a desrama ocorreu sem que nenhuma parte do galho interferisse significativamente na formação do lenho.

O material estudado não passou por nenhuma desrama artificial, ou seja, não foi manejado no sentido da redução de nós em virtude deste defeito não interferir significativamente na produção de celulose, uso inicialmente pretendido para todo o volume de madeira.

Os nós encontrados nas tábuas foram quantificados na pior face, ou seja, na superfície da peça em que se encontravam em maior quantidade; estes foram contados, separados em nós soltos e nós vivos, e avaliados segundo o nº de nós em função do comprimento da peça.

4.2.5.2 Avaliação do rendimento em "Clear Blocks"

Desde a etapa inicial de elaboração deste trabalho, foi programada uma pesquisa de mercado com o objetivo de levantar as especificações (dimensões padrão), e também preços praticados no mercado de "clear blocks". A metodologia adotada nesta pesquisa de mercado está detalhada adiante no item 4.2.9. Além das informações a respeito dos "clear blocks", foram obtidos todos os dados necessários para a avaliação em conjunto dos produtos madeira serrada (incluindo os "clears"), celulose e lenha para energia.

Através de consultas à produtores e exportadores de madeira serrada de reflorestamento, as principais informações levantadas quanto ao produto classificado como "clear block" foram:

- Espécie;
- Largura das peças;
- Defeitos permitidos;
- Comprimento das peças;
- Espessura das peças;
- Valores atuais de venda;
- Uso do eucalipto (perspectivas).

A partir de então, foi possível estabelecer um consenso entre as características dos "clear blocks".

As informações obtidas, que definiram e subsidiaram as especificações utilizadas no trabalho para confecção e análises dos "clear blocks", foram tabuladas e são apresentadas no item 5 - Resultados e Discussão, sub-item 5.6.

Nos ensaios, os "clear blocks" foram medidos e classificados em A e B segundo as especificações mostradas a seguir:

- Clear Block A:

- Comprimento..... ≥ 15 cm;
- Largura..... ≥ 5 cm;
- Espessura (igual a espessura das tábuas).....2,7 cm;
- Defeitos.....0% (sem nós, sem medula, sem empenamentos).

- Clear Block B:

- Comprimento..... ≥ 15 cm;
- Largura..... ≥ 5 cm;
- Espessura (igual a espessura das tábuas).....2,7 cm;
- Defeitos.....permite nós vivos (ou firmes) e medula.

Na Figura 22 foi detalhada a metodologia de cálculo do volume de "clear blocks" presente em cada tábua.

$$V_{c.b.} = (C_1 \times L \times e) + (C_2 \times L \times e) + (C_3 \times L \times e) + (C_4 \times L \times e)$$

onde: $V_{c.b.}$ = volume (m^3) em "clear block" presente na tábua;

C_1, C_2, C_3 e C_4 = comprimento (m) das partes da tábua que atenderam as especificações do "clear block";

L = largura da tábua (m);

e = espessura da tábua (m).

Figura 22. Esquema de medição do volume em "clear blocks" em cada tábua.

Foram produzidas amostras dos "clear blocks" A e B medidos nas peças de madeira serrada e também uma amostra das peças emendadas, material que no mercado é chamado de "blank" (Figura 23).

Figura 23. "Clear blocks" e "blank".

As medições foram feitas tábua a tábua; o rendimento em "clear blocks" A, "clear blocks" B e total, foi calculado em função do volume das tábuas produzidas após desdobro e secagem e em função do volume inicial das toras antes do desdobro.

Os resultados obtidos nos ensaios da Porção I foram confrontados com as informações de mercado resultantes da pesquisa entre produtores de madeira serrada, sendo elaborada uma simulação onde estimou-se o valor agregado à madeira na produção de Celulose (com resíduos da exploração deixados no campo), em comparação à produção de Celulose + Madeira Serrada em tábuas + Lenha, e ainda Celulose + "Clear Blocks" + Lenha. Foram consideradas variações no preço da celulose e dos "clear blocks" provenientes da análise da pesquisa de mercado. As informações foram cruzadas com dados de custos de processamento da madeira em cada segmento.

4.2.6 Ensaios da Porção II (celulose)

Os ensaios de produção de celulose verificou o potencial da madeira estudada quando destinada à este segmento. De 20 árvores amostradas na parcela foram separadas duas sub-amostras, sendo:

- **Sub-Amostra 1:** cavacos produzidos a partir da árvore inteira (até altura comercial);
- **Sub-amostra 2:** cavacos produzidos de árvores onde foi extraída madeira para serraria, ou seja, na picagem excluiu-se a parte da árvore da base até 4 metros de altura.

A avaliação da qualidade da madeira e do rendimento em celulose das sub-amostras foi realizada através dos seguintes ensaios:

- **Densidade Básica:**

Neste trabalho, a densidade foi obtida pelo método do máximo teor de umidade, descrito em Barrichelo (1975) e comumente utilizado quando se tem amostras da madeira na forma de cavacos.

- Composição química da madeira:

Com as sub-amostras foram determinadas em laboratório as porcentagens de extrativos totais, lignina e holocelulose da madeira, segundo metodologias descritas nas normas da ABTCP - Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel, nº M3/69 e M10/71 de 1974.

- Análise de Dimensões das Fibras:

Foram medidos o comprimento, largura, espessura da parede e diâmetro do lúmen de 100 fibras de cada sub-amostra, e determinados os valores das relações entre estas dimensões, expressas pela Fração Parede (% da largura ocupada pela parede da fibra); Coeficiente de Flexibilidade (% da largura ocupada pelo lúmen da fibra); Índice de Enfeltramento (comprimento/largura da fibra) e Índice de Runkel (relação entre a espessura da parede e o diâmetro do lúmen da fibra).

A metodologia dos ensaios de dimensões da fibra seguiu as normas internas do SQCE - Setor de Química, Celulose e Energia, Depto. de Ciências Florestais da ESALQ/USP.

- Cozimento Experimental

Para determinação do rendimento da madeira em celulose, foram realizados dois cozimentos em autoclave rotativo de laboratório, fabricante - REGMED, um para cada sub-amostra. Os cozimentos e ensaios na polpa de celulose produzida seguiram a metodologia utilizada no Setor de Química, Celulose e Energia - L.C.F./ESALQ/USP.

Foram utilizadas 4 diferentes formulações de licor (mistura de reagentes utilizado no cozimento da madeira para obtenção da polpa de celulose), variando quanto a concentração de Álcali Ativo; o que possibilitou a análise da adequação de cada tratamento à maior ou menor concentração utilizada.

Cada cozimento utilizou 8 cápsulas de aço individuais, contendo as 4 formulações com 2 repetições (Figura 24). As condições de cozimento foram as seguintes:

- % Álcali Ativo (Na_2O).....12% - 13% - 14% - 15% (x2 repetições cada = 8 cápsulas por cozimento)
- Sulfidez..... 25%
- Temperatura máxima.....170°C
- Tempo de aquecimento.....90 min
- Tempo à temperatura máxima.....60 min
- Relação Licor / Madeira.....4:1

Figura 24. Cápsulas individuais de cozimento da madeira em autoclave.

A celulose produzida em cada cozimento foi analisada quanto as variáveis:

- **Rendimento Bruto:** porcentagem em peso de celulose produzida em relação ao peso da madeira utilizada;
- **Porcentagem de Rejeitos:** porcentagem em peso de rejeitos (pequenos pedaços de madeira não desagregados no cozimento) em relação ao peso da madeira utilizada;
- **Rendimento Depurado:** Rendimento Bruto menos a Porcentagem de Rejeitos;
- **Número Kappa:** ensaio que quantifica a lignina residual na polpa de celulose, ou seja, que não foi retirada no cozimento;
- **Viscosidade:** variável que demonstra o grau de degradação da polpa de celulose ocorrida no cozimento.

4.2.7 Ensaios da Porção III (lenha para energia)

Além da metodologia descrita no item 4.2.3.3, onde o volume de lenha foi determinado pelo uso do método do xilômetro, foi avaliado o poder calorífico do material.

Foi determinado em laboratório o **Poder Calorífico Superior (PCS)**, definido como o número de unidades de calor liberados pela combustão de uma unidade de massa de uma substância, em bomba calorimétrica, em atmosfera de oxigênio, a volume constante e sob condições específicas, de modo que toda a água proveniente da combustão esteja no estado líquido. As amostras utilizadas no ensaio foram briquetes prensados a partir da serragem do material da Porção III, produzida em moinho de laboratório. Os ensaios de poder calorífico obedeceram a norma ABNT NBR 8633 de 1984.

A partir da determinação do PCS foram calculados também:

- **Poder Calorífico Inferior (PCI)**, obtido por:

$$PCI = PCS - 345 \text{ kcal/kg}$$

onde: PCI = poder calorífico inferior em kcal/kg;

PCS = poder calorífico superior em kcal/kg;

345kca/kg = energia necessária para evaporar a água produzida na combustão que ocorre no ensaio.

- **Poder Calorífico Útil em relação à massa (PCUm)**, obtido por:

$$PCU_m = PCI \times \left(\frac{100 - U}{100} \right) - 6,4 \times U$$

onde: PCUm = poder calorífico útil em relação à massa em kcal/kg;

PCI = poder calorífico inferior em kcal/kg;

U = umidade da amostra em %;

6,4 x U = energia gasta para evaporar a água presente na amostra.

- **Poder Calorífico Útil em relação ao volume (PCU_v)**, obtido por:

$$PCU_v = PCU_m \times d$$

onde: PCU_v = poder calorífico útil em relação ao volume em kcal/m³;

PCU_m = poder calorífico útil em relação à massa em kcal/kg;

d = densidade da amostra em kg/m³.

4.2.8 Avaliação de resultados

Os resultados foram avaliados e discutidos pela comparação de dados calculados pela estatística descritiva: valores médios, mínimos, máximos, desvios padrão e coeficientes de variação.

Foram feitas também análises de regressão linear, e determinação do coeficiente de correlação entre as variáveis das quais se buscou estudar a associação/interação.

4.2.9 Pesquisa de mercado

Após a realização dos ensaios programados, foram levantadas informações junto ao mercado de produtores de madeira serrada de reflorestamento, indústrias da área de celulose e papel, fornecedores de lenha de eucalipto, e associações de classe de cada um destes segmentos.

O foco desta pesquisa de mercado foram especificações quanto às dimensões e classes de qualidade dos produtos, preços praticados no mercado interno e de exportação, e também os custos de produção envolvidos em cada processo.

Os contatos foram realizados através de visitas, participação em reuniões técnicas dos setores, telefonemas, fax, e via Internet através de correio eletrônico e consultas à "home-pages".

A pesquisa de mercado constituiu três etapas, sendo uma para cada porção de uso final da madeira proposta no trabalho. A seguir encontra-se um escopo das informações pesquisadas para cada uma destas etapas e cujos resultados, ou informações levantadas, estão tabulados no item 5.6.

*** 1ª Etapa: "Clear Blocks" e madeira serrada de eucalipto.** Foram pesquisadas as informações:

- Especificações de comprimento, largura e espessura praticados no mercado de madeira serrada como tábuas (principalmente no segmento da construção civil), e como "clear blocks";
- Classes de qualidade e tolerância de defeitos nas peças;
- Preços no mercado interno e de exportação;
- Situação atual e perspectivas para o uso do eucalipto;
- Custos de produção.

*** 2ª Etapa: Celulose de fibra curta de eucalipto.** Foram pesquisadas as informações:

- Variação nos preços praticados no mercado;
- Custos de produção frente a outros países de grande produção.

*** 3ª Etapa: Lenha de eucalipto** (madeira abaixo de 6cm de diâmetro, sub-produto da exploração de madeira para celulose). Foram pesquisadas as informações:

- Valores de compra e venda da lenha de eucalipto como matéria-prima de fornecedores de pequenos consumidores (padarias, olarias, pizzarias ou uso doméstico);
- Custos.

Ao longo da pesquisa de mercado buscou-se levantar um número significativo de cada uma das informações, até que se observasse consistência para subsidiar especificações de produtos utilizadas no trabalho, como no caso dos "clear blocks", e ainda obter referências para a confecção de um exercício comparando a exploração padrão de madeira para celulose e a exploração de multi-produtos, madeira serrada em tábuas, "clear blocks" e madeira para energia (lenha).

Os dados obtidos no inventário da parcela confirmaram a homogeneidade do híbrido implantado através de clonagem. O talhão apresentou baixa quantidade de árvores mortas e falhas, porém, chamou a atenção a porcentagem de árvores bifurcadas (2,97%), valor considerado alto.

O DAP médio de 14,9 cm e o incremento médio anual de 45,10m³/ha/ano indicaram um bom desenvolvimento silvicultural para a idade do plantio, que foi inventariado a exatos 6 anos e 8 meses.

O volume de madeira classificado como Porção I, em função das características das instalações da serraria do IPT-SP, indicou já no inventário, um bom potencial de aproveitamento de parte da madeira como madeira serrada. O volume de 36,17m³ ou 12,03% do total, pressupõe a viabilidade da exploração das toras superiores em mercados onde possa ser agregado um valor maior à madeira, como o da indústria de serraria.

O volume de madeira destinado à indústria de celulose foi predominante, sendo 253,26m³/ha ou 84,21% do total.

O volume de lenha obtido, 11,29m³ ou 3,75% do total, foi contabilizado pela soma do volume do ponteiro do fuste (acima de 6cm de diâmetro) e dos galhos que apresentavam material lenhoso com possibilidade de utilização como fonte de energia (até aproximadamente 1cm de diâmetro).

Os valores de DAP mínimo e Altura mínima, 4,4cm e 9m sucessivamente, apareceram devido a inclusão no inventário de todas as árvores presentes na parcela; a porcentagem de árvores que apresentaram valores próximos a estes foi bastante baixa, o que pode ser notado no Gráfico 1.

A diferença entre as médias da altura total e da altura comercial, de 4,4m foi constante entre as árvores amostradas. O povoamento apresentou como característica marcante, o pequeno volume da copa e o baixo número de galhos, apesar de não haver sido realizada nenhuma operação de desrama, mais comum em plantios manejados desde o início com o objetivo de produção de madeira serrada.

Na distribuição dos valores de DAP (Gráfico 1), nota-se que a maior porcentagem de indivíduos se concentrou nas classes próximas a média, 14,9cm. Um total de 55,84% das árvores apresentaram DAP superior a 15 cm, e 26,20% valores acima de 16,50cm.

Gráfico 1. Histograma da distribuição de frequência do DAP das árvores da parcela.

5.2 PORÇÃO I

Os resultados dos ensaios de obtenção de madeira serrada são apresentados a seguir. De forma a facilitar a análise e discussão, foram colocados lado a lado os valores encontrados nas condições verde e seca de cada uma das variáveis.

Por se tratar de uma análise intermediária, sendo o objetivo principal do estudo a avaliação dos "clear blocks", a avaliação do rendimento e defeitos das tábuas foram apresentados a seguir com os resultados médios. No Anexo C são apresentadas as distribuições de frequência e estatísticas descritivas para as variáveis: rendimento, índice de rachamento e empenamentos, além de gráficos de associações entre as variáveis DAP x Rendimento e Conicidade (representada pela diferença entre o maior e menor diâmetro) x Rendimento.

5.2.1 Rendimento e defeitos verificados nas tábuas

Tabela 2. Valores médios para as variáveis estudadas na madeira serrada como tábuas

	<i>Condição Verde</i>	<i>Condição Seca</i>
Rendimento (% em relação ao volume)	41,17	39,71
Índice de Rachamento (%)	5,86	6,06
Rachas Superficiais (% de tábuas)		
Ausente	69,80	67,80
Poucas	24,90	22,00
Inúmeras	5,37	10,20
Rachas nas Extremidades (% de tábuas)		
Ausente	39,00	36,60
Presente	61,00	63,40
Encurvamento (mm/m)	5,18	6,97
Arqueamento (mm/m)	2,18	2,29
Encanoamento (mm)	0,29	0,96
Torcimento (% de tábuas)		
Ausente	99,00	99,50
Presente	1,00	0,50
Encurvamento Complexo (% de tábuas)		
Ausente	99,50	100,00
Presente	0,50	0,00
Colapso (% de tábuas)		
Ausente	73,20	61,50
Leve	22,00	22,40
Moderado	4,90	7,30
Severo	0,00	8,80
Esmoadado (% de tábuas)		
Ausente	37,60	37,60
Presente	62,40	62,40
Nós (nº/m)		
Soltos	0,70	0,70
Vivos	0,90	0,90

Pelos resultados apresentados na Tabela 2 destacou-se quanto às variáveis:

- *Rendimento*

Rendimentos acima de 50% são relatados em trabalhos que utilizaram a madeira de eucalipto com diâmetros acima de 40cm. Del Menezzi (1999) encontrou uma média de 51,2% estudando o desdobro de toras de *Eucalyptus grandis* de 21 anos de idade, e de 54,6% com toras de *Eucalyptus cloeziana* de 17 anos de idade.

O rendimento avaliado na condição seca foi 1,46% menor do que o avaliado na condição úmida. As tábuas foram medidas após um período de aproximadamente 120 dias, atingindo condição de umidade de equilíbrio, em torno de 14%.

Na distribuição dos valores de rendimento em madeira serrada (Anexo C) observou-se toras que apresentaram resultados bastante satisfatórios considerando o baixo diâmetro e a reduzida idade de corte. 18% do material estudado mostrou rendimentos acima de 44% e 6% acima de 46%, valores mais comumente encontrados em plantios manejados para a indústria de madeira serrada.

As informações disponíveis na literatura sobre processamento em serraria de toras de baixo diâmetro são escassas, embora existam várias descrições de aumento do rendimento em madeira serrada correlacionando-se positivamente com o aumento do diâmetro. Até hoje porém, as características dos equipamentos e os próprios operadores da indústria de serraria, dão preferência a utilização da madeira de maior volume (Ponce, 1995); com o desenvolvimento de técnicas de desdobro e necessidade de trabalho com material de diâmetros inferiores, certamente os rendimentos do processo de desdobro de toras irá alcançar melhorias significativas.

- *Índice de Rachamento*

O valor médio de 5,86% de rachamento na condição seca e de 6,06% após a secagem indicam uma porção da madeira com aproveitamento comprometido. Para a confecção de peças menores, como ripas ou sarrafos de pequena largura, ainda parte da

porção rachada das tábuas é utilizada, porém para usos onde as tábuas não serão necessariamente reduzidas, é necessária a operação de destopo com perda significativa do volume.

Os elevados valores dos coeficientes de variação encontrados para o índice de rachamento indicam um promissor potencial de melhoria genética das variáveis ligadas ao rachamento da madeira. A distribuição de frequência mostra valores dispersos em relação à média da variável. Além das tensões de crescimento, outras características das árvores, como grã espiralada, são citadas como responsáveis pela ocorrência de rachas nas tábuas produzidas a partir da madeira do eucalipto.

- Rachas Superficiais

As rachas superficiais, se mostraram correlacionadas à ocorrência de colapso nas tábuas produzidas pela porção central da tora, compreendendo a parte da medula. Estas rachas, quando em menor incidência, podem representar um menor prejuízo nas tábuas dependendo de sua utilização final. Na operação de aplainamento este defeito pode ser reduzido, pois geralmente uma face de tábua é mais prejudicada do que a outra; tomando-se cuidado na sua utilização, a aparência do produto final, como por exemplo assoalhos e outros pisos, pode não ser comprometida.

As rachas situadas nas extremidades das tábuas são as mais prejudiciais; estas podem ocorrer desde o abate das árvores, quando algumas toras já sofrem imediatamente os efeitos da liberação de tensões até então em equilíbrio na árvore viva.

- Empenamentos

Os empenamentos que ocorrem na produção da madeira serrada são intensificados quando se utiliza do método de cortes simultâneos, como o utilizado neste trabalho, pois gera maior quantidade de tábuas tangenciais, porém o rendimento é otimizado.

Os empenamentos das tábuas podem ocorrer logo após o desdobro, novamente devido às tensões de crescimento liberadas neste momento, como também podem

aparecer ou diminuir ao longo da secagem. A secagem ao ar livre utilizada no trabalho é a de menor impacto nos defeitos de empenamentos das tábuas, pois é feita de modo mais lento e de forma menos drástica. Tomando-se cuidado na confecção das pilhas alguns defeitos como o encurvamento tendem a diminuir, pois através da colocação de pesos, e mesmo com o peso da própria pilha as tábuas tendem a formar linhas horizontais paralelas 100% retas ao longo do período de secagem.

O encurvamento não inviabiliza a utilização da madeira nas proporções obtidas no trabalho, média de 5,18mm/m. Para a utilização em movelaria por exemplo, tanto o aplainamento das peças como a pregação podem eliminar o encurvamento das tábuas, ripas ou sarrafos. Embora a confecção da pilha de secagem tenha sido feita criteriosamente não houve redução do defeito na avaliação em condição seca.

O arqueamento é um defeito considerado mais problemático, prejudicando por exemplo a confecção de painéis colados lateralmente. O arqueamento não se mostrou em média acentuado nas tábuas produzidas (2,18mm/m), porém o coeficiente de variação foi alto mostrando toras que produziram peças praticamente sem o defeito, e peças com valores de até 5,90 mm/m.

O encanoamento corresponde a um defeito que pode ser completamente eliminado no aplainamento, mas que reduz com isso a espessura das peças produzidas. Em função da largura das peças produzidas ser pequena (Anexo D), o encanoamento observado se mostrou bem reduzido, média de 0,29mm na condição verde e 0,96mm na condição seca; várias toras apresentaram valores iguais a 0 para este defeito em todas tábuas produzidas.

O torcimento e o encurvamento complexo são defeitos de maior gravidade, que comprometem a utilização das tábuas, mas que praticamente não ocorreram nas peças produzidas ao longo do trabalho. De um total de 205 tábuas, apenas 2 apresentaram torcimento e em apenas 1 se observou encurvamento complexo.

- Colapso

A presença de colapso faz com que a tábua tenha sua aparência e resistência prejudicadas. As peças tomam um aspecto enrugado. Este defeito esteve presente em 26,9% da madeira serrada, em diferentes níveis.

O colapso se origina na movimentação da água da madeira; ao longo do processo de secagem o defeito se tornou mais significativo.

Cada tora produziu de 4 a 5 tábuas ao longo do desdobro, como praticamente todas aquelas que compreenderam a medula apresentaram problemas de colapso, a porcentagem do defeito se relaciona com estas tábuas.

- Esmoado

A presença de esmoado nas tábuas está diretamente correlacionada com o diâmetro médio e a conicidade das toras. O esmoado não é propriamente um defeito da madeira, mas sim uma resultante do tipo de processamento.

Na otimização do rendimento, o esmoado foi aceito até a condição de não prejudicar um processamento secundário da tábua; ou seja, as porcentagens de esmoado tendem a 0 em uma operação de aplainamento, lixamento ou confecção de sarrafos.

- Nós

O número de nós encontrados nas tábuas não foi grande, média de 2,8 nós soltos e 3,5 nós vivos por tábua, levando-se em consideração a não realização de desramas ao longo do desenvolvimento do plantio utilizado no trabalho.

A alta produtividade da madeira, o espaçamento utilizado e a homogeneidade do plantio fez com que a desrama natural das árvores fosse intensa. A presença dos nós vivos praticamente não desqualifica a madeira serrada para nenhuma de suas utilizações, diferentemente dos nós soltos, que prejudicam tanto a estética como a resistência.

5.2.2 Rendimento em "Clear Blocks"

Seguindo a metodologia utilizada, após a análise de rendimento e qualidade da madeira serrada em tábuas, foi determinado o rendimento em "clear blocks".

No Gráfico 2 e Tabela 3 os valores de rendimento foram calculados a partir do volume inicial das toras. A variação dos valores de rendimento entre as toras foi maior quando analisados os Clears A e Clears B separadamente; quando somados os valores para determinação do rendimento Clears A+B, a variação diminuiu, mostrando que a presença de defeitos leves (como nós vivos ou firmes) pode ser significativa quando as peças forem avaliadas qualitativamente, ou seja classificadas como A ou B de acordo com sua qualidade.

Gráfico 2. Rendimento em "clear blocks" tora a tora.

Tabela 3. Volume (m³/tora) e rendimento (%) em "clear blocks" tipo A, tipo B e total (A+B)

Número da Tora	Volume das Toras (m³)	CLEARS A		CLEARS B		CLEARS A + B	
		m³ / tora	Rend. (%)	m³ / tora	Rend. (%)	m³ / tora	Rend. (%)
1	0,1062	0,0074	7,08	0,0303	28,83	0,0378	35,90
2	0,1159	0,0247	21,33	0,0137	11,85	0,0385	33,19
3	0,1217	0,0207	16,98	0,0110	9,07	0,0317	26,06
4	0,1147	0,0307	26,81	0,0006	0,56	0,0314	27,37
5	0,1032	0,0298	28,90	0,0038	3,68	0,0336	32,58
6	0,1174	0,0192	16,39	0,0089	7,55	0,0281	23,94
7	0,1057	0,0093	8,80	0,0212	20,08	0,0305	28,88
8	0,0919	0,0249	27,12	0,0048	5,27	0,0298	32,39
9	0,1196	0,0215	17,99	0,0214	17,85	0,0429	35,84
10	0,1100	0,0293	26,68	0,0000	0,00	0,0293	26,68
11	0,0971	0,0206	21,22	0,0086	8,86	0,0292	30,08
12	0,1261	0,0384	30,43	0,0019	1,48	0,0402	31,91
13	0,1132	0,0278	24,52	0,0037	3,23	0,0314	27,75
14	0,1158	0,0271	23,39	0,0073	6,31	0,0344	29,69
15	0,1050	0,0286	27,23	0,0008	0,77	0,0294	28,00
16	0,1204	0,0168	13,95	0,0100	8,27	0,0268	22,22
17	0,1445	0,0390	26,99	0,0058	4,02	0,0448	31,02
18	0,0971	0,0198	20,37	0,0082	8,44	0,0280	28,81
19	0,1122	0,0312	27,80	0,0028	2,49	0,0340	30,29
20	0,1186	0,0283	23,90	0,0070	5,89	0,0353	29,79
21	0,1073	0,0317	29,53	0,0015	1,35	0,0331	30,88
22	0,1159	0,0297	25,60	0,0096	8,27	0,0393	33,87
23	0,1105	0,0208	18,81	0,0127	11,45	0,0334	30,26
24	0,0972	0,0251	25,79	0,0072	7,41	0,0323	33,20
25	0,0966	0,0208	21,52	0,0125	12,93	0,0333	34,45
26	0,0983	0,0270	27,44	0,0007	0,70	0,0277	28,13
27	0,1029	0,0185	17,96	0,0193	18,72	0,0377	36,68
28	0,0948	0,0207	21,81	0,0062	6,54	0,0269	28,36
29	0,1271	0,0345	27,18	0,0019	1,47	0,0364	28,66
30	0,0858	0,0230	26,85	0,0029	3,38	0,0259	30,23
31	0,1056	0,0341	32,33	0,0012	1,18	0,0354	33,51
32	0,1179	0,0320	27,11	0,0015	1,25	0,0334	28,36
33	0,1192	0,0261	21,87	0,0000	0,00	0,0261	21,87
34	0,1203	0,0369	30,71	0,0057	4,74	0,0426	35,45
35	0,1108	0,0278	25,07	0,0060	5,39	0,0337	30,46
36	0,1244	0,0320	25,69	0,0091	7,34	0,0411	33,03
37	0,1229	0,0344	28,00	0,0062	5,07	0,0406	33,07
38	0,1139	0,0352	30,89	0,0008	0,69	0,0360	31,59
39	0,1003	0,0173	17,25	0,0134	13,40	0,0307	30,65
40	0,1353	0,0352	26,02	0,0123	9,08	0,0475	35,09
41	0,1126	0,0280	24,84	0,0050	4,42	0,0330	29,27
42	0,0969	0,0301	31,06	0,0010	1,07	0,0311	32,13
43	0,1068	0,0234	21,88	0,0032	2,97	0,0265	24,85
44	0,1098	0,0406	37,01	0,0000	0,00	0,0406	37,01
45	0,1006	0,0262	26,02	0,0059	5,84	0,0321	31,86
46	0,1108	0,0282	25,48	0,0033	3,00	0,0316	28,48
47	0,1300	0,0182	14,00	0,0113	8,67	0,0295	22,67
48	0,1055	0,0165	15,67	0,0022	2,07	0,0187	17,74
49	0,0995	0,0207	20,85	0,0020	2,02	0,0228	22,87
50	0,1038	0,0309	29,78	0,0022	2,16	0,0332	31,94
Rend. Médio			23,84		6,14		29,98
desvio padrão			5,96		5,90		4,14
C.V. %			25,02		96,02		13,82

Relacionando com o rendimento em madeira serrada na condição seca, na obtenção dos Clears (A+B) houve uma perda de 9,73% do volume de madeira; em relação a produção dos Clears A, esta perda foi de 15,87%. O volume de madeira descartado refere-se principalmente a ocorrência dos nós e rachamentos. A inexistência de práticas de manejo voltadas para a produção de matéria-prima para serraria no povoamento estudado se mostra significativa, principalmente a operação de desrama.

O comprimento médio dos clears A+B (Tabela 4), em torno de 56 cm mostrou ser satisfatório para a produção de peças maiores, os “blanks”. Comercialmente são utilizadas peças de até de 15 cm (mínimo), especificação que serviu de parâmetro para o trabalho.

Já a largura das peças (Tabela 4), em torno de 9 cm, se deve ao diâmetro reduzido das toras e das tábuas obtidas no desdobro. Esta largura atende aos requisitos comerciais atuais, com exigência de peças maiores de 5cm; largura mínima observada na maioria dos produtores de clears contatados ao longo da pesquisa de mercado (item 5.6).

Tabela 4. Médias dos comprimentos e larguras dos “clear blocks” medidos (espessura padrão: 2,7mm)

	Comprimento (cm)			Largura (cm)		
	Clear A	Clear B	Clears A+B	Clear A	Clear B	Clears A+B
<i>Média</i>	54,20	57,16	56,43	8,74	9,00	8,89
<i>Desvio Padrão</i>	38,51	47,0000	34,3309	2,6216	2,7243	2,6606
<i>C.V.</i>	71,05	82,22	60,84	30,01	30,26	29,94

Na Tabela 5, os valores de rendimento apresentados foram calculados a partir do volume das tábuas após o desdobro, na condição seca.

A porcentagem de Clears A obtida, 59,77% foi bem superior a porcentagem de Clears B, 15,32%. A classificação total das tábuas em Clears A+B foi de 75,09%, o que significou um descarte, ou não utilização para este fim, de 24,91% do volume das tábuas.

Tabela 5. Volume (m³) e rendimento (%) em "clear blocks" em relação ao volume das tábuas produzidas no desdobro após secagem

Volume total das tábuas	
produzidas pelas toras amostradas	2,2002 m³
CLEAR BLOCKS A	
Volume Total (m ³)	Rend. Médio (%)
1,3151	59,77
CLEAR BLOCKS B	
Volume Total (m ³)	Rend. Médio (%)
0,3370	15,32
CLEAR BLOCKS A + B	
Volume Total (m ³)	Rend. Médio (%)
1,6521	75,09

5.3 PORÇÃO II

5.3.1 Densidade básica

A densidade básica é um dos mais utilizados parâmetros de qualidade da madeira, e tem alta correlação com o rendimento na produção de celulose; os valores próximos a 0,500 g/cm³ estão dentro de uma conhecida faixa ótima na produção de celulose de fibra curta de eucalipto, que fica em torno de 0,450 a 0,550 g/cm³.

Os valores encontrados nos ensaios de densidade básica da madeira (Tabela 6), foram bastante próximos nas 2 sub-amostras estudadas na Porção II: Sub-amostra I - madeira para celulose + madeira para serraria (árvore inteira, base até altura comercial), Sub-amostra II - madeira para celulose (de 4 metros até altura comercial).

Tabela 6. Densidade básica da madeira determinada pelo método do máximo teor de umidade

Sub-amostra	Repetição	Densidade Básica (g/cm ³)	Densidade Básica Média (g/cm ³)
I (base até alt. comercial)	a	0,498	0,496
	b	0,493	
	c	0,498	
II (4m até alt. comercial)	a	0,515	0,513
	b	0,509	
	c	0,514	

Os resultados foram bastante próximos do que poderíamos esperar de um híbrido entre o *Eucalyptus grandis* e o *Eucalyptus urophylla*, sendo que o primeiro possui densidade básica média em torno de 0,490g/cm³, inferior ao *E.urophylla*. Geralmente, o que se objetiva deste cruzamento é um bom crescimento no campo, característica do *E.grandis*, uma ligeira elevação na densidade da madeira, e uma melhoria no rendimento e propriedades físicas da celulose produzida, trazidas pelo *E.urophylla*.

Com relação à variação da densidade básica no sentido longitudinal da árvore, o que se observou em trabalhos anteriores, em várias espécies de eucalipto, é que a densidade é ligeiramente maior na base da árvore, diminuindo no DAP e crescendo novamente a partir deste ponto (Barrichelo & Brito, 1984 e Shimoyama & Barrichelo, 1991). Os resultados encontrados confirmaram esta tendência, embora a diferença entre os valores tenha sido muito pequena, 0,017 g/cm³.

5.3.2 Composição química da madeira

Os resultados da composição química da madeira (Tabelas 7 a 9) ficaram bastante próximos a valores encontrados em trabalhos anteriores com as espécies parentais. Shimoyama (1990), não encontrou diferenças significativas entre a composição química da madeira do *E.grandis* e do *E.urophylla*.

Tabela 7. Porcentagem de extrativos totais

Sub-amostra	Repetição	Extrativos Totais (%)	Extrativos Totais Média (%)
I (base até alt. comercial)	a	3,50	3,69
	b	4,05	
	c	3,53	
II (4m até alt. comercial)	a	3,75	3,65
	b	3,88	
	c	3,33	

Tabela 8. Porcentagem de lignina

Sub-amostra	Repetição	Lignina (%)	Lignina Média (%)
I (base até alt. comercial)	a	22,49	22,20
	b	17,05	
	c	27,07	
II (4m até alt. comercial)	a	22,45	22,59
	b	22,76	
	c	22,55	

Tabela 9. Porcentagem de holocelulose

Sub-amostra	Repetição	Holocelulose (%)	Holocelulose Média (%)
I (base até alt. comercial)	a	74,01	74,10
	b	78,9	
	c	69,4	
II (4m até alt. comercial)	a	73,8	73,76
	b	73,36	
	c	74,12	

A porcentagem de lignina encontrada nas 3 sub-amostras ficou dentro de valores de referência para *E.grandis* e *E.urophylla*, de 21 a 25%.

Os valores de extrativos totais estiveram ligeiramente superiores na sub-amostra I, que considerou a madeira da base até altura comercial.

5.3.3 Análise de dimensões das fibras

A análise das dimensões das fibras da madeira destinada à produção de celulose adquire cada vez maior importância na pesquisa e desenvolvimento desta área; já se estudam programas de melhoramento florestal que objetivam adequar as dimensões das fibras produzidas pela floresta, com as características do processo e produto final papel.

Frequentemente, estão sendo associados problemas na fabricação do papel, como baixa resistência ou sucessivas quebras de folha ao longo do processo, com as dimensões e características das fibras utilizadas.

Na Figura 25 foi esquematizada a leitura das variáveis que compuseram o ensaio realizado como forma de caracterização anatômica do material. As fotos mostradas fazem parte de uma das amostras preparadas para a análise de microscopia.

Figura 25. Imagem da microscopia das fibras e esquema de medição das dimensões.

As duas espécies que originaram o material híbrido estudado possuem características distintas quanto a dimensões de suas fibras; em trabalhos anteriores observou-se que, na maioria dos casos, o *E.urophylla* possui uma fibra de maior espessura da parede, que fornece maior volume e resistência ao papel (Shimoyama, 1990). Esta é uma das características desejada no cruzamento da espécie com o *E.grandis*.

Os valores de fração parede encontrados, 51,43 e 48,87 sucessivamente, indicam um significativo aumento se comparados a valores obtidos para o *E.grandis* puro (Tabelas 10 e 11). As dimensões detalhadas das fibras medidas uma a uma estão no Anexo E.

Tabela 10. Sub-amostra I (base até alt. comercial) - Médias e relações entre as dimensões das fibras

Sub-amostra I	Compr. (mm)	Larg. (μm)	Diâm. Lúmen (μm)	Esp. Parede (μm)
Média	1,07	17,48	8,49	4,49
Desvio Padrão (s)	0,1684	2,6110	2,2911	1,2267
Coef. Variação (C.V.)	15,72	14,94	26,99	27,30
<hr/>				
<i>Fração Parede - FP</i>				51,43
<i>Coeficiente de Flexibilidade - CF</i>				48,57
<i>Índice de Enfeltramento - IE</i>				61,32
<i>Índice de Runkel - IR</i>				1,059

Tabela 11. Sub-amostra II (4m até alt. comercial) - Médias e relações entre as dimensões das fibras

Sub-amostra II	Compr. (mm)	Larg. (μm)	Diâm. Lúmen (μm)	Esp. Parede (μm)
Média	1,08	17,14	8,76	4,19
Desvio Padrão (s)	0,1564	2,7195	2,4393	1,8636
Coef. Variação (C.V.)	14,52	15,87	27,84	20,62
<hr/>				
<i>Fração Parede - FP</i>				48,87
<i>Coeficiente de Flexibilidade - CF</i>				51,13
<i>Índice de Enfeltramento - IE</i>				62,87
<i>Índice de Runkel - IR</i>				0,956

5.3.4 Cozimentos

Os cozimentos realizados para cada sub-amostra considerada na análise da Porção II da madeira apresentaram resultados semelhantes. Quanto ao rendimento em celulose produzida os materiais obtiveram valores bastante elevados, caracterizando uma madeira adaptada à indústria de celulose, e que passou por programas de melhoramento para este fim (Tabela 12).

Tabela 12. Rendimentos, número kappa e viscosidade na polpa obtida de cada tratamento

Cozimento 1 - Sub-amostra I (base até alt. comercial)										
% A.A.	Rend. Bruto (%) (rep. e média)		Rejeitos (%) (rep. e média)		Rend. Depurado (%) (rep. e média)		Kappa (rep. e média)		Viscosidade (rep. e média)	
12%	53,71	53,92	0,0276	0,0417	53,68	53,88	15,7	15,6	71,54	79,49
	54,13		0,0559		54,08		15,5		87,43	
13%	53,77	53,68	0,0071	0,0154	53,76	53,66	14,4	14,6	40,59	44,53
	53,59		0,0237		53,56		14,8		48,46	
14%	54,35	54,10	0,0011	0,0080	54,35	54,09	13,0	12,9	36,93	38,22
	53,84		0,0149		53,83		12,8		39,50	
15%	52,43	54,11	0,0536	0,0319	52,38	54,08	11,9	11,8	25,79	28,92
	55,79		0,0101		55,78		11,7		32,04	
Cozimento 2 - Sub-amostra II (4m até alt. comercial)										
% A.A.	Rend. Bruto (%) (rep. e média)		Rejeitos (%) (rep. e média)		Rend. Depurado (%) (rep. e média)		Kappa (rep. e média)		Viscosidade (rep. e média)	
12%	53,93	54,65	0,1764	0,2489	53,75	54,40	19,1	18,2	86,07	79,90
	55,37		0,3213		55,04		17,2		73,72	
13%	53,35	52,68	0,0125	0,0076	53,34	52,67	18,5	18,0	40,21	48,31
	52,01		0,0027		52,01		17,4		56,41	
14%	51,56	52,86	0,0226	0,0140	51,53	52,85	15,5	16,1	53,35	52,40
	54,17		0,0054		54,16		16,6		51,45	
15%	52,59	53,08	0,0017	0,0117	52,59	53,07	14,6	14,5	34,48	33,33
	53,57		0,0217		53,55		14,4		32,17	

Os rendimentos depurados acima de 53% obtidos em algumas repetições são superiores a diversos trabalhos realizados com materiais de *E.grandis* e *E.urophylla*

(Barrichelo & Brito, 1977). O material híbrido destas espécies vem sendo empregado com sucesso em indústrias do setor, principalmente no estado de São Paulo e Espírito Santo (Ferreira, 1992).

No Gráfico 3 notamos que todos os rendimentos foram superiores a 50%.

Gráfico 3. Variação do rendimento depurado, número kappa e viscosidade dos 3 cozimentos.

Os valores de número kappa e viscosidade decresceram conforme se aumentou a carga de álcali, sendo que com 12% de Álcali Ativo, o Número Kappa ficou em torno de 15 no primeiro cozimento, e 18 no segundo.

A viscosidade da polpa se manteve alta, decrescendo de forma significativa com o aumento da concentração de Álcali Ativo.

O teor de rejeitos foi bastante baixo, principalmente a partir de 13% de Álcali Ativo. Considerando as variáveis (rendimento, rejeitos, kappa e viscosidade) conjuntamente, a carga de álcali de 13% foi a mais adequada, produzindo alto rendimento, com teores de rejeitos próximos a 0, e número kappa e viscosidade satisfatórios.

5.4 PORÇÃO III

5.4.1 Poder calorífico

As análises de poder calorífico das amostras referentes à Porção III, evidenciadas na Tabela 13, confirmaram a boa capacidade de geração de energia através do material residual da exploração do plantio de eucalipto.

Tabela 13. Resultados da determinação do poder calorífico no material da Porção III

Repetição	Poder Calorífico Superior (kcal / kg)	Poder Calorífico Inferior (kcal / kg)	Poder Calorífico Útil (massa) (kcal / kg)	Poder Calorífico Útil (volume) (Mcal / m ³ sólido)
1	4370,01	4025,01	3572,50	1832,69
2	4461,38	4116,38	3655,01	1875,02
3	4439,87	4094,87	3635,59	1865,06
Média	4423,75	4078,75	3621,03	1857,59

O Poder Calorífico Superior (PCS) é definido como o número de unidades de calor liberados pela combustão de uma unidade de massa de uma substância, em bomba calorimétrica, em atmosfera de oxigênio, a volume constante e sob condições específicas, de modo que toda a água proveniente da combustão esteja no estado líquido. No Poder Calorífico Inferior (PCI) é descontada a energia necessária para evaporar a água que surge no momento da combustão que ocorre no ensaio, e no Poder Calorífico Útil é descontada a energia necessária para evaporar a água presente no interior da amostra.

O volume obtido no inventário, de 11,29m³/ha ou 3,75% da madeira produzida, permite a análise do potencial produtivo deste material na extrapolação dos dados para um talhão do híbrido *E.grandis* x *E.urophylla*, nas mesmas condições do estudado.

5.5 Agrupamento das porcentagens do volume de madeira de cada porção

Para visualização dos resultados em conjunto e quantificação do volume de madeira estimado pelas amostragens e ensaios foi elaborada a Figura 26, onde a partir do volume inicial de madeira no campo calculado no inventário, são demonstradas as porcentagens de madeira obtidas para cada porção e os rendimentos dos processos.

Figura 26. Porcentagens em m³ calculadas pelos resultados dos ensaios para cada produto obtido em escala experimental.

5.6 PESQUISA DE MERCADO

A seguir, nos Quadros 2a, 2b, 3 e 4, encontram-se as informações obtidas ao longo da pesquisa de mercado conforme a metodologia descrita no item 4.2.9.

Cada uma das etapas ("clear blocks"; madeira serrada em tábuas; celulose; e lenha para energia) foi apresentada separadamente, adequando-se o conjunto de dados levantados a uma forma de apresentação que facilitasse sua análise e visualização.

Os valores fornecidos em reais (R\$) foram transformados em dólar (US\$) pela cotação de: US\$ 1,00 = R\$ 1,70.

Quadro 2a. Etapa 1: Dimensões dos "clear blocks" (após secagem), preço praticado, tolerância de defeitos e perspectivas para o uso do eucalipto nas empresas consultadas:

Empresa	Espessuras	Larguras	Comprimentos	Preços	Defeitos
LEGNOTRADE MADEIRAS LTDA.	3,33 cm	6,00 a 15,00 cm	12,50 ou 15,00 cm	US\$ 230,00/m ³ base: 1999 FOB (EUA)	100% sem defeitos
Contato: Sr. Leandro Mazzocato Espécies: <i>Pinus</i> sp	<p>Perspectiva para o uso da eucalipto:</p> <p>A empresa acredita no mercado de eucalipto a médio prazo (aprox. daqui a 5 anos). Foi comentado que devem surgir problemas com o frete devido ao aumento significativo de peso em relação à madeira de <i>Pinus</i> hoje disponível no mercado.</p> <p>Discutiu-se a necessidade dos produtores brasileiros interessados na exportação de eucalipto como "clear blocks" garantirem a continuidade da produção e a homogeneidade das peças, pois o mercado consumidor, principalmente Estados Unidos observa com atenção problemas com oferta descontinua do produto.</p>				

Quadro 2a (cont...)

Empresa	Espessura	Largura	Comprimento	Preços	Defeitos
WOSGRAU PARTICIPAÇÕES INDUSTRIAIS E COMÉRCIO LTDA.	3,33 e 3,80 cm	4,69 - 5,31 5,94 - 6,56 7,19 - 7,81 8,44 - 9,06 9,69 - 10,94 e 12,19	acima de 15 cm existem padrões: 61,25 - 67,50 e 72,50 cm	não informou (informa que varia ao longo do ano)	100% sem defeitos ou com mínimos defeitos quando destinados a produtos revestidos
Contato: Sr. Edilson Roth	<p>Perspectivas para o uso do eucalipto:</p> <p>A Wosgrau destacou a necessidade do desenvolvimento de matérias primas que possam substituir a madeira de Pinus, em boas condições de processamento, produção silvicultural e boa oferta. O eucalipto surge como principal alternativa.</p> <p>O mercado a ser desenvolvido, e que hoje representa os principais consumidores dos “clear blocks” de Pinus é o moveleiro. O eucalipto ainda é pouco conhecido no setor e existem preconceitos quanto ao seu processamento.</p> <p>A empresa se interessa por testes com a madeira de eucalipto mas teme pela sua baixa produtividade no campo quando plantado no sul do país.</p>				
Espécies: <i>Pinus</i> sp					
Empresa	Espessura	Largura	Comprimento	Preços	Defeitos
ARIELLI - EMBRAPINUS COMPONENTES DE MADEIRA LTDA.	3,33 cm	5,31 a 14,06 cm	15,00 a 62,50 cm	US\$ 220,00/m ³ base: 1999 FOB (EUA, Europa)	100% sem defeitos
Contato: Sr. André Maurício	<p>Perspectivas para o uso do eucalipto:</p> <p>Quanto ao mercado de eucalipto a empresa comentou não ter conhecimento sobre perspectivas de mercado a curto prazo. A empresa destaca que possivelmente, a longo prazo o mercado se desenvolva.</p> <p>O responsável comentou que a sua produção de “clear blocks” não é continua e acredita ser difícil o desenvolvimento de novas matérias primas.</p>				
Espécies: <i>Pinus</i> sp					

Quadro 2a (cont...)

Empresa	Espessura	Largura	Comprimento	Preços	Defeitos
FLOSUL INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE MADEIRAS LTDA.	2,83 e 3,70 cm	7,50 e 15,00 cm	150,00 - 200,00 220,00 - 300,00 e 450,00 cm	US\$ 180,00/m ³ base: 1999 FOB (Europa)	aceitam-se nós vivos (defeitos mínimos)
Contato: Sr. Leonel Menezes	<p>Perspectivas para o uso do eucalipto:</p> <p>Os “clear blocks” da Flosul constituem a matéria-prima para confecção dos painéis colados lateralmente que são o principal produto de exportação da empresa.</p> <p>A Flosul é pioneira na utilização do eucalipto como madeira serrada e acredita no desenvolvimento de suas espécies tanto como matéria-prima da indústria moveleira como para a construção civil.</p> <p>Os “clear blocks” da empresa não são vendidos, o preço de mercado sugerido foi uma previsão. Discutiu-se que este valor deve aumentar a medida que a madeira de eucalipto se torne mais conhecida no mercado internacional e seus produtos tenham se concretizado como ambientalmente amigáveis e oriundo de florestas plantadas.</p>				
Espécies: <i>Eucalyptus grandis</i>					
Empresa	Espessura	Largura	Comprimento	Preços	Defeitos
K&S MÓVEIS – KAISS, SENFF & CIA. LTDA.	3,81 cm	6,80 a 7,50 cm	acima de 15 cm	US\$ 220,00 a US\$ 330,00/m ³ (Clear Block A)	Clear Block A (100% sem defeitos)
Contato: Sr. Carlos Senff	(principal)			US\$ 170,00 a US\$ 250,00/m ³ (Clear Block B) base: 1999 FOB (EUA)	Clear Block B (sem nós, permite medula e azulamento)
Espécies: <i>Pinus sp</i>	<p>Perspectivas para o uso do eucalipto:</p> <p>A empresa demonstra interesse na madeira de eucalipto, inclusive para testes. Foram discutidos os estudos desenvolvidos pelo IPT e pelas universidades no uso do eucalipto como madeira serrada.</p> <p>A empresa comenta que os resultados devem ser melhor divulgados e o uso do eucalipto deve ser incentivado para um mais rápido desenvolvimento de mercado.</p>				

Quadro 2a (cont...)

Empresa	Espessura	Largura	Comprimento	Preços	Defeitos
RAUEN INDUSTRIAL MADEIREIRA LTDA. Contato: Sr. José Alfredo Rauen	3,33 cm	7,50 - 10,00 12,50 cm	acima de 15 cm	previsão para o ano 2000: US\$ 350,00 a US\$ 380,00/m ³ FOB (EUA)	100% sem defeitos
Espécies: <i>Pinus</i> sp	Perspectivas para o uso do eucalipto: A Rauen demonstrou interesse no uso da madeira de eucalipto para móveis. A perspectiva para o ano de 2000 é de um aumento na procura pelos "clear blocks" e consequente aumento no preço praticado no mercado.				
Empresa	Espessura	Largura	Comprimento	Preços	Defeitos
FAMOSUL INDÚSTRIAS E COMÉRCIO DE MÓVEIS LTDA. Contato: Sr. Jaime Krueg Espécies: <i>Pinus</i> sp	3,33cm	4,69 - 5,31 5,94 - 6,56 9,06 - 11,56 e 14,06 cm	acima de 12,5cm	US\$ 230,00 base: 1999 FOB (EUA)	Clear Block A 100% sem defeitos Clear Block B aceita medula Clear Block C aceita medula e nós
	Perspectivas para o uso do eucalipto: A Famosul possui plantios de <i>Eucalyptus dunnii</i> para testes em serraria. A empresa acredita no desenvolvimento do mercado desta madeira a médio prazo e na entrada do eucalipto como alternativa ao aumento da demanda de Pinus. Da mesma forma como em outras empresas do sul do Brasil, a Famosul se preocupa com o desenvolvimento dos plantios na região; diferentemente da região Sudeste, as produtividades e a adaptação do eucalipto no campo não são tão boas.				

Quadro 2a (cont...)

Empresa	Espessura	Largura	Comprimento	Preços	Defeitos
COLLO	em torno de 3 cm	acima de 5cm	acima de 15cm	US\$ 230,00 a US\$ 250,00/m ³ base: 1999 FOB (EUA)	100% sem defeitos
Contato: Sr. Collo	<p>Perspectivas para o uso do eucalipto:</p> <p>Não possui conhecimento sobre trabalhos com o eucalipto, acredita no mercado mas não demonstrou grande interesse.</p>				
Espécies: <i>Pinus</i> sp					

A primeira observação quanto as informações sobre os "clear blocks" foi a dificuldade em se levantar trabalhos publicados ou mesmo material comercial publicitário; foi constatado que o termo "clear block" embora divulgado entre os produtores de madeira, não é usual em trabalhos científicos e acadêmicos. As estatísticas divulgadas pela indústria de madeira serrada dificilmente discriminam e separam os diversos produtos existentes, geralmente são considerados os compensados e laminados; as mesmas estatísticas são muitas vezes desatualizadas e imprecisas, além de não indicarem com exatidão as fontes e datas de obtenção dos dados.

Foi constatado também que a denominação "clear block" é mais utilizada em âmbito nacional; embora o termo esteja em inglês, sugerindo "blocos limpos" ou "blocos sem defeitos", no mercado internacional e em publicações internacionais praticamente ele não existe.

No contato direto com os produtores levantou-se que os "clear blocks" são tratados como peças sofisticadas, de alto valor agregado, mas que nem sempre desperta grande interesse por parte das empresas da indústria de serraria. Os motivos são o baixo rendimento, a falta de mercado interno, a flutuação de preços, a descontinuidade de pedidos e as altas exigências quanto a homogeneidade e qualidade das peças.

Por informação dos produtores, o maior mercado consumidor dos “clear blocks” é os Estados Unidos. Como já comentado, as peças podem ser emendadas e utilizadas no mercado de móveis, molduras, prateleiras, portas, assoalhos, lambris, revestimentos internos e outros.

A confecção de “clear blocks” dificilmente consegue ter continuidade de vários meses, geralmente os pedidos não suportam uma linha de produção constante e muitas vezes o preço de mercado não compensa o custo da produção. Segundo os responsáveis pelas informações, os preços abaixo ou próximos de US\$ 200,00/m³, somente compensariam mediante grandes pedidos, envolvendo um volume que gerasse produção contínua acima de 30 dias.

Nos anos de 1998 e 1999 os preços estiveram por volta de US\$ 200,00 a US\$ 250,00 / m³ para o “clear block” de mais alta qualidade, ou Clear A. Já no ano de 2000 a previsão vem sendo de uma significativa melhoria nos preços; segundo os produtores mais otimistas, o preço para os “clear blocks” de Pinus pode chegar a US\$ 380,00 / m³.

Quanto ao uso do eucalipto como “clear blocks” não foi encontrada nenhuma outra empresa além da Flosul Madeiras, situada no Rio Grande do Sul que estivessem produzindo ou comercializando-os.

Como observado no Quadro 2a, a Flosul produz “clear blocks” como matéria-prima de seu produto principal, o PCL, ou painel colado lateralmente (ou “EGP - edge glued panel”), este sim vendido e exportado em larga escala ao preço de US\$ 635,00 / m³ FOB, base 1999. Os painéis de qualidade inferior, nos quais são admitidos nós e medula são colocados no mercado a US\$ 350,00 / m³ e são muito consumidos como miolo de portas. A Flosul sugere ainda que o mercado para os “clear blocks” de eucalipto ainda não está desenvolvido, mas é promissor e pode admitir preços elevados.

Quanto às dimensões das peças, a pesquisa indicou a existência de padrões praticados no mercado dos “clear blocks”. Neste trabalho, as medidas foram transformadas de polegadas para cm. As medidas mais incidentes encontradas entre as empresas produtoras serviram para estipular o padrão utilizado nos ensaios:

- Largura acima de 5cm. No mercado são praticadas larguras de 4,69cm ou 1.7/8" e 5,31cm ou 2.1/8", até larguras próximas de 15cm ou 5.5/8".
- Comprimento acima de 15cm. A maioria dos produtores informou medidas de comprimento dos "clear blocks" como maior de 15cm ou 6".
- Espessura de 2,7cm. A espessura utilizada foi a mesma das tábuas produzidas no desdobro; no mercado dos "clear blocks" o padrão mais observado quanto à espessura das peças foi de 3,33cm ou 1.5/16". A diferença entre o padrão de mercado e a espessura das tábuas resultantes do desdobro, de 0,63cm, foi devido a operacionalidade dos ensaios e não comprometeu os resultados.

A seguir no Quadro 2b são apresentadas as informações obtidas sobre a madeira de eucalipto processada como tábuas. Procurou-se obter informações do produto de serrarias pioneiras na utilização do eucalipto, que pudessem compor dados que se correlacionassem com as tábuas obtidas em escala experimental ao longo dos ensaios.

Quadro 2b. Etapa 1: Especificações, preço praticado e tolerância de defeitos para madeira serrada em tábuas e pranchas de eucalipto:

Empresa	Espessura	Largura	Comprimento	Preços	Defeitos
CASCOL MADEIREIRA Contato: Sr. César Castanho Espécies: <i>Eucalyptus</i> sp	2,5cm	5,0 - 7,5 10,0 - 15,0cm	Tábuas de 2,60 e 3,00m	Tábuas de 1ª: US\$ 230,00/m³ Tábuas de 2ª: US\$ 170,00/m³ Tábuas de 3ª: US\$ 80,00/m³ base: 1999 Preço no pátio da empresa para madeira seca em estufa.	Tábuas de 1ª: 100% sem defeitos Tábuas de 2ª: aceita nós Tábuas de 3ª: aceita nós e medula
				Observações: A Cascol Madeireira é uma das maiores consumidoras da madeira de eucalipto vendida para serraria pela Klabin Fabricadora de Papel e Celulose S/A situada em Telêmaco Borba no Paraná.	
Empresa	Espessura	Largura	Comprimento	Preços	Defeitos
FLOSUL INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE MADEIRAS LTDA. Contato: Sr. Leonel Menezes Espécies: <i>Eucalyptus grandis</i>	2,8 e 3,7cm	7,51 e 15,00cm	Tábuas de 1,5 - 2,0 - 2,20 3,0 e 4,5m	Tábuas de 1ª: US\$ 180,00/m³ (seca em estufa) Tábuas de 2ª: US\$ 90,00/m³ (verde) base: 1999 Preço no pátio da empresa	Tábuas de 1ª: 100% sem defeitos Tábuas de 2ª: aceita nós e medula
				Observações: A Flosul utiliza as tábuas de 1ª qualidade na confecção de seus produtos como piso e painéis colados, o preço informado foi sugerido. O preço da 2ª classe de qualidade refere-se a tábuas vendidas sem secagem, em estado verde, retiradas no pátio da fábrica.	

Quadro 2b (cont...)

Empresa	Espessura	Largura	Comprimento	Preços	Defeitos
SERRARIAS DA REGIÃO DE MARTINHO CAMPOS / MG. Estatística da ABRACAVE - Associação Brasileira de Florestas Renováveis Contato: "home page": (www.abracave.com.br) Espécies: <i>Eucalyptus</i> sp	2,5cm (Tábuas) 4,0cm (Pranchas)	5,00 - 10,00 e 20,00cm	Não consta	Tábua seca ao ar: US\$ 100,00/m³ Tábua seca em estufa: US\$ 115,00/m³ Prancha seca ao ar: US\$ 105,00/m³ Prancha seca em estufa: US\$ 125,00/m³ base: 1999 Preço FOB na região de Martinho Campos - MG	Não consta
Observações: A Abracave possui dados atualizados sobre o mercado de madeira de reflorestamento serrada e carvão no estado de Minas Gerais. Contudo, os dados deixam a desejar quanto a qualidade da informação; não há referências quanto a classes de qualidade da madeira, produtores, comprimento de peças, e indica apenas uma região do estado em suas estatísticas para a madeira de eucalipto.					

Quadro 2b (cont...)

Empresa	Espessura	Largura	Comprimento	Preços	Defeitos
ARACRUZ PRODUTOS DE MADEIRA S.A. Contato: Sr. Carlos Alberto Toledo Leme Espécies: híbrido <i>Eucalyptus grandis</i> x <i>Eucalyptus urophylla</i>	2,5cm	11,50cm	Tábuas de	Classe 1: US\$ 700,00/m ³	Classe 1: 100% sem defeitos
	3,2cm (sob consulta)	(classes 1,2 e 3, maiores sob consulta) 8,00cm (classes 4 e 5, maiores sob consulta)	1,83 a 4,88m	Classe 2: US\$ 600,00/m ³ Classe 3: US\$ 450,00/m ³ Classe 4: US\$ 340,00/m ³ Classe 5: US\$ 150,00/m ³ base: 1999 madeira seca em estufa Classes 1 a 4: FOB (Europa) Classe 5: no pátio da fábrica (mercado interno)	Classe 2: nós permitidos na face reversa Classe 3: nós permitidos na face reversa, apenas 1 nó permitido na melhor face Classe 4: permitidos nós até que no sarrafeamento gere um mínimo de 66% de peças livres de defeitos Classe 5: permite nós e medula
Observações: A Aracruz justifica seus altos preços pela alta qualidade das peças produzidas e pelo investimento de aproximadamente 50 milhões de dólares na serraria com capacidade de produção de 75.000 m ³ /ano. No início da produção eram consideradas 7 classes de qualidade, passando a 5 em 1999. A madeira serrada de eucalipto vem sendo comercializada com o nome comercial de Lyptus®.					

Quadro 2b (cont...)

Empresa	Espessura	Largura	Comprimento	Preços	Defeitos
SERRARIA Nª SENHORA DO ROCIO Contato: Sr. Admilson Espécies: <i>Eucalyptus</i> sp	2,5 e 3,0cm outras sob encomenda	10,00 - 15,00 e 20,00cm	Tábuas de 1,5 - 2,0 - 2,20 3,0 e 4,5m	US\$ 200,00/m³ base: 1999 madeira verde Preço no pátio da empresa	Não possui classificação de defeitos ou classes de qualidade
	Observações: Serraria de pequeno porte situada em Piracicaba/SP, é a única que vem processando eucalipto na região próxima a Piracicaba, possui estrutura simples porém a qualidade do produto é razoável por trabalhar apenas com matéria prima de diâmetros acima de 40cm, ou idade acima de 20 anos. Desconhece espécie e origem precisa da madeira.				

O uso do eucalipto como madeira serrada encontra-se atualmente em desenvolvimento e em fase de conquista de segmentos e mercados, tanto mercado interno como o de exportação.

Serrarias de grande capacidade, como a instalada pela Aracruz Produtos de Madeira S.A. no sul da Bahia, vem fazendo o importante papel de valorizar a madeira de eucalipto no mercado e comprovar que, sob técnicas modernas e desenvolvimento de novas tecnologias, é possível a obtenção de madeira de eucalipto serrada de alta qualidade e bom rendimento.

A idade ideal da madeira de eucalipto destinada à serraria ainda é um ponto bastante discutido, mesmo entre os produtores pioneiros. Atualmente as idades mínimas da matéria-prima das serrarias que vem trabalhando a nível comercial está em torno de 12 anos, porém o padrão ainda é o processamento de madeira em torno de 20 anos, com diâmetros próximos a 40 cm.

O material de madeira serrada em tábuas obtido nos ensaios deste trabalho mostrou semelhança com as tábuas de menor qualidade produzidas pelas empresas consultadas.

As tábuas com menores larguras, presença de nós e demais defeitos, mas com possibilidades de uso na construção civil estão sendo comercializadas a preços entre US\$ 80,00 e US\$ 150,00/m³ conforme dados do Quadro 2b.

As tábuas de qualidade inferior, geralmente são colocadas no mercado da construção civil, como material de formas de concreto, andaimes ou escoras. Já a madeira de melhor qualidade vem sendo utilizada como matéria-prima de móveis, assoalhos, molduras, portas, janelas e outros.

Novamente, as informações sobre os custos de produção se mostraram dispersas. Serrarias de menor porte, como a N^a Sra. do Rocio em Piracicaba/SP, apresentou informações de que os custos significavam 50% do preço final. A serraria da Aracruz Produtos de Madeira S.A. não forneceu dados sobre os custos de produção, assim como as demais.

No exercício de comparação dos processos de exploração para celulose e aproveitamento de multi-produtos, item 5.7, foram consideradas diversas situações do custo de produção da madeira serrada e dos "clear blocks", sendo estas, porcentagens em relação ao custo de produção da celulose, apresentado no Quadro 3, e de maior confiabilidade.

A partir do Quadro 3, são apresentadas as informações referentes ao mercado da celulose de eucalipto, no qual o Brasil possui posição de destaque no cenário mundial, e que se caracteriza como um dos produtos de exportação mais bem aceitos internacionalmente.

Quadro 3. Etapa 2: Variação dos preços de mercado ao longo dos anos e custos de produção da celulose de eucalipto no Brasil e em outros grandes produtores:

Variação do preço da celulose de fibra curta branqueada colocada no Norte da Europa.

Fonte: World Pulp Review - RISI (Resource Information System, Inc), 1999.

Insumo	Brasil (US\$ / t)	Suíça (US\$ / t)	Finlândia (US\$ / t)	Espanha (US\$ / t)	Estados Unidos (US\$ / t)	Canadá (US\$ / t)	Indonésia (US\$ / t)
Madeira	73	177	189	192	106	134	82
Energia	11	9	2	19	13	19	21
Químicos	24	41	32	30	50	42	17
Mão de Obra	23	35	35	44	35	48	7
Transporte	63	26	29	17	64	54	65
Outros	33	24	17	29	46	39	17
Total Custos Variáveis	227	311	303	330	316	336	209
Investimentos	45	33	27	52	39	41	12
Depreciação	74	42	56	45	64	43	69
Impostos	51	33	41	37	33	29	66
Total	398	420	426	464	452	449	355

Custos médios da produção de celulose branqueada por tonelada em grandes produtores a nível mundial.

Fonte: World Pulp Review - RISI (Resource Information System, Inc), 1999.

O mercado de celulose tem como característica a alta e baixa de preços a períodos relativamente cíclicos. Além das crises financeiras de determinados países ou pólos de produção, existe uma característica própria que se correlaciona com estes ciclos de altas e baixas do preço da celulose. Periodicamente ocorre uma saturação dos estoques mundiais onde a oferta aumenta e o preço diminui até que diminuam estes estoques; nestes períodos as indústrias muitas vezes trabalham aquém da capacidade de produção para que o preço de mercado volte a alavancar.

No Quadro 3 observa-se a flutuação do preço da celulose desde o final do ano de 1995 até o segundo semestre de 1999, nota-se os períodos de alta e baixa dos preços comentados.

As alternativas de diversificação do uso da matéria-prima madeira se adaptam a este quadro no sentido de permitir que outros mercados sejam explorados, principalmente nos períodos em que o preço da celulose estiver em baixa. Estes períodos normalmente geram um excedente da produção florestal que muitas vezes é deixada no campo, gerando perda na qualidade da madeira (mudança do ciclo normal de corte) e inúmeros outros prejuízos: contratos de transporte quebrados, programações de maquinário e mão-de-obra alteradas, mudanças nas estratégias de plantio e manutenção, entre outros.

A madeira representa o maior custo entre os insumos da produção da celulose. Na tabela inserida no Quadro 3, observam-se os custos de produção por tonelada no Brasil e em outros grandes produtores a nível mundial. Os dados que mais chamam a atenção são o baixo custo da madeira, e também da mão de obra, em relação aos outros países.

Apesar da alta carga tributária representada pelo valor de impostos, a celulose brasileira ainda se mostra bastante competitiva a nível mundial.

Na última etapa da pesquisa de mercado (Quadro 4), buscou-se caracterizar o mercado da lenha de eucalipto, ou material de pequenas dimensões que surge como sub-produto da exploração da matéria-prima para celulose.

Foram consultados fornecedores de lenha de eucalipto, na sua maioria produtores de pequena capacidade que compram a madeira em pé ou como resíduo da exploração principal e distribuem entre os consumidores.

Quadro 4. Etapa 3: Preço praticado por fornecedores de lenha de eucalipto (material lenhoso com diâmetros menores do que 6cm):

Empresa	Características do Material	Preço
<p>LENHADORA BOM JESUS</p> <p>Contato: Sr. José Odair Zani</p> <p>Espécies: <i>Eucalyptus</i> sp</p>	<p>Madeira fina de eucalipto, de espécie desconhecida. A madeira é comprada em pé e mediante consulta pode ter diâmetros maiores.</p>	<p>US\$ 10,00/m³ para madeira abaixo de 6cm de diâmetro, entregue até o limite de 30km de distância</p> <p>base: 1999</p>
Empresa	Características do Material	Preço
<p>OLARIA E LENHADORA CAMPESTRE</p> <p>Contato: Sr. Anísio</p> <p>Espécies: <i>Eucalyptus</i> sp</p>	<p>Madeira de eucalipto abaixo até 10cm de diâmetro. Sem conhecimento de espécie ou controle de qualidade.</p>	<p>US\$ 8,00 a US\$ 10,00/m³</p> <p>entregue em Piracicaba/SP</p> <p>base: 1999</p>
Empresa	Características do Material	Preço
<p>LENHA STA. MARIA DA SERRA</p> <p>Contato: Sr. Benedito Cardoso</p> <p>Espécies: <i>Eucalyptus</i> sp</p>	<p>Madeira de eucalipto comprada em pé, possui lenha fina e também com diâmetros maiores, até 15cm.</p>	<p>US\$ 10,00/m³</p> <p>para a lenha fina, entregue em Piracicaba/SP</p> <p>base: 1999</p>

Quadro 4 (cont...)

Empresa	Características do Material	Preço
<p>EMPRESA LISBOA DE CARVÃO E LENHA</p> <p>Contato: Sr. Roberto</p> <p>Espécies: <i>Eucalyptus</i> sp</p>	<p>Fornecedor da cidade de Santos, revendedor de eucalipto fornecido por produtores da região.</p>	<p>US\$ 15,00 a US\$ 18,00/m³</p> <p>entregue na região da cidade de Santos/SP</p> <p>base: 1999</p>
Empresa	Características do Material	Preço
<p>FORNECEDORES DO ESTADO DE MINAS GERAIS.</p> <p>Estatística da ABRACAVE - Associação Brasileira de Florestas Renováveis</p> <p>Fonte: Informativo da ABRACAVE</p> <p>Espécies: <i>Eucalyptus</i> sp</p>	<p>Madeira de eucalipto fina, abaixo de 8cm de diâmetro, resíduo da exploração para metalúrgicas e celulose.</p>	<p>Região Nordeste de MG: US\$ 7,00/m³</p> <p>Região do Alto São Francisco/MG: US\$ 8,00/m³</p> <p>Zona Metalúrgica e Campos Vertentes: US\$ 4,00/m³</p> <p>madeira empilhada na beira da estrada</p> <p>base: 1999</p>

O mercado da lenha de eucalipto mostrou apresentar diferentes situações com relação à compra da matéria-prima. Atualmente é difícil encontrarmos uma empresa de base florestal de grande porte, como as de celulose e papel, envolvida em comercialização de lenha de eucalipto com pequenos fornecedores de padarias, olarias ou carvoarias.

O comércio de lenha é feito por produtores de madeira de menor porte, muitas vezes fomentados ou terceiros que vendem sua madeira de melhor porte e qualidade para

as indústrias de celulose, e seus plantios de porte inferior e resíduos para as chamadas lenhadoras, que distribuem e revendem o material.

A madeira pode ser adquirida ainda em pé ou na forma de resíduo da exploração prioritária. O preço médio de venda pelas lenhadoras observado variou em torno de US\$ 12,00/m³, sendo que a madeira é comprada pela metade deste valor, em torno de US\$ 6,00/m³ em pé ou cortado (resíduo) no campo.

O valor agregado é pequeno, o que não desperta o interesse das empresas de grande porte em adentrarem no mercado. Como regra geral, as indústrias de celulose apresentam duas situações com relação a madeira de diâmetros abaixo de 6cm nos plantios próprios; ou a madeira é deixada no campo como fonte de nutrientes para as próximas mudas ou rebrotas; ou então a madeira é consumida na própria indústria como combustível em caldeiras de biomassa, que além da lenha consome a casca retirada das toras de maior diâmetro.

Em um estudo realizado pela Eucatex (1996) concluiu-se que a madeira fina de *Eucalyptus grandis* resíduo da colheita, consumida em substituição ao óleo combustível corresponde ao equivalente aproximado de 180kg de óleo para cada m³ de lenha, o que gera uma economia significativa no consumo de óleo pela caldeira. Apesar disto, em determinadas situações, o transporte e exploração da lenha, torna o custo posto fábrica da madeira de energia praticamente o mesmo da madeira destinada à celulose, o que dependendo da cotação do óleo combustível, inviabiliza esse aproveitamento.

5.7 Exploração padrão para celulose X Uso múltiplo (madeira serrada, "clear blocks", celulose e lenha)

Neste item final dos resultados do trabalho foram avaliadas informações obtidas sobre produtividade, custos e preços praticados no mercado de madeira serrada como tábuas, "clear blocks", celulose e de lenha de eucalipto.

Foram discutidos comparativamente possíveis ganhos ao valor agregado à madeira de eucalipto (*Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*) produzida no campo até os 7 anos de idade, diversificando-se o uso final.

Sabe-se que uma análise comparativa que envolva preços de mercado e custos deve ser cautelosa em virtude da variação dos valores ao longo do tempo, e pela disparidade das informações disponíveis.

Segundo os ensaios, o volume de lenha produzido não variou entre as condições de exploração para celulose ou no uso múltiplo. Mesmo considerando a exploração única da madeira para celulose, conforme os dados observados e seguindo o praticado no mercado, a madeira abaixo de 6cm de diâmetro não é processada na indústria como matéria-prima de celulose pois apresenta vários problemas, desde a dificuldade de carregamento e baixo aproveitamento no transporte até dificuldades na confecção dos cavacos e baixo rendimento no processo.

Na Tabela 14, foram detalhados os dados quanto a obtenção de lenha na exploração da madeira do plantio e seu valor de mercado dentro de uma faixa observada na pesquisa de mercado.

Tabela 14. Geração de lenha, ou madeira para energia, e dados do potencial de mercado

Volume total de lenha gerado pelo plantio por ha	11,29 m ³									
Variação do preço da lenha segundo a pesquisa de mercado (preço da madeira no campo em US\$/m ³)	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	11,00	12,00	13,00	14,00	15,00
Valor agregado em US\$ pela venda da lenha de 1 ha do plantio	67,74	79,03	90,32	101,61	112,90	124,19	135,48	146,77	158,06	169,35

A seguir foi realizado um exercício para se determinar o valor agregado à madeira nas seguintes situações:

- a) Produção padrão de celulose com resíduos - fuste acima de 6cm de diâmetro, galhada e folhagens deixados no campo;
- b) Produção padrão de celulose com exploração de lenha para energia;
- c) Produção de celulose + madeira serrada em tábuas + lenha para energia;
- d) Produção de celulose + "clear blocks" + lenha para energia,

Sendo a matéria-prima sempre a mesma, no caso, o plantio de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, com 7 anos de idade.

Foram simuladas diversas condições de mercado. Os preços de cada produto final considerado variou conforme descrito a seguir, sendo os valores observados e sustentados pela pesquisa de mercado:

- Preço da celulose.....US\$ 400,00 a US\$ 700,00/tonelada

- Preço da madeira serrada em tábuas.....US\$ 80,00 a US\$ 200,00/m³

- Preço do "clear block":

Qualidade A.....US\$ 180,00 a US\$ 380,00/m³

Qualidade B.....US\$ 135,00 a US\$ 285,00/m³
(25% abaixo do clear A).

- Preço da Lenha.....US\$ 10,50/m³ (preço médio)

No Anexo F encontram-se as descrições detalhadas das fórmulas utilizadas nos cálculos.

Os dados que compuseram as simulações foram todos subsidiados pelos ensaios do trabalho. As informações levantadas relativas ao custo de produção da madeira serrada em toras e dos "clear blocks" não foram consistentes; por este motivo foram analisadas situações onde considerou-se o custo de 5, 10, 20, 30 e 40% do custo de produção da celulose, pois sabe-se que os gastos na produção da madeira serrada são bastante inferiores ao da obtenção da celulose.

Na Tabela 15 são descritos os valores fixados, baseados nos ensaios, e utilizados na comparação e simulação de mercado apresentada logo após, nas Tabelas 16 a 19.

Tabela 15. Valores fixados nos cálculos da simulação de mercado
(dados provenientes dos ensaios e da pesquisa de mercado)

Rendimento em celulose não branqueada (ensaios):	54,00%
Rendimento em celulose branqueada: (considerando 2,5% de perda no branqueamento)	51,50%
Densidade Básica (ensaios):	500 kg/m ³
Rendimento em madeira para serraria, % da Porção I (ensaios):	12,03%
Rendimento em madeira serrada como tábuas (ensaios):	39,71%
Rendimento na obtenção de "clear blocks" A (ensaios):	23,84%
Rendimento na obtenção de "clear blocks" B (ensaios):	6,14%
Custo Médio de produção por tonelada de celulose branqueada: (base ano de 1999 - fonte: RISI)	US\$ 398,00
Custo Médio de produção de celulose por m ³ (em toras) de madeira processado:	US\$ 102,49/m ³
Equivalente em celulose de 1m ³ de madeira:	0,2575 t
m ³ de madeira por tonelada de celulose:	3,88 m ³ /t

Entre as Tabelas 16 a 19 variou o preço de mercado da celulose (400,00 a 700,00 US\$/tonelada), representando quatro situações distintas para análise da viabilidade ou não da geração de multi-produtos.

A principal variável comparada foi o Valor Agregado Líquido referente a 1m³ de madeira no campo, ou o Lucro Líquido gerado pela exploração de 1m³ da madeira no campo em cada situação.

Tabela 16. Simulações de mercado considerando o preço da celulose em US\$ 400,00/t

Preço Celulose US\$/t fixado em	400	400	400	400	400	400
Preço da Lenha US\$/m³ fixado em	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5
Preço Madeira Serrada US\$/m³ (tábuas) variando em	80	100	120	140	160	180
Preço Clear A US\$/m³ variando em	150	200	250	300	350	400
Preço Clear B US\$/m³ variando em (25% abaixo do clear A)	113	150	188	225	263	300
Valor Agregado Líquido referente a 1m³ de madeira em pé ou Lucro Líquido em US\$/m³						
Produção única de celulose sem exploração de lenha (ao custo de US\$ 398,00/t)	-3,3					
Produção de celulose e lenha (ao custo de US\$ 398,00/t e lenha a custo 0)	-3,0					
Produção de celulose + madeira serrada em tábuas + lenha, sendo o custo de produção da madeira serrada:						
5% do custo da produção de celulose	4,0	5,0	5,9	6,9	7,9	8,8
10% do custo da produção de celulose	3,4	4,4	5,3	6,3	7,2	8,2
20% do custo da produção de celulose	2,2	3,1	4,1	5,0	6,0	7,0
30% do custo da produção de celulose	0,9	1,9	2,9	3,8	4,8	5,7
40% do custo da produção de celulose	-0,3	0,7	1,6	2,6	3,5	4,5
Produção de celulose + "clear blocks" + lenha, sendo o custo de produção dos "clear blocks" igual a:						
5% do custo da produção de celulose	5,3	7,1	8,8	10,5	12,2	13,9
10% do custo da produção de celulose	4,7	6,4	8,1	9,9	11,6	13,3
20% do custo da produção de celulose	3,5	5,2	6,9	8,6	10,3	12,0
30% do custo da produção de celulose	2,3	4,0	5,7	7,4	9,1	10,8
40% do custo da produção de celulose	1,0	2,7	4,4	6,2	7,9	9,6

Tabela 17. Simulações de mercado considerando o preço da celulose em US\$ 500,00/t

Preço Celulose US\$/t fixado em	500	500	500	500	500	500
Preço da Lenha US\$/m³ fixado em	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5
Preço Madeira Serrada US\$/m³ (tábuas) variando em	80	100	120	140	160	180
Preço Clear A US\$/m³ variando em	150	200	250	300	350	400
Preço Clear B US\$/m³ variando em (25% abaixo do clear A)	113	150	188	225	263	300
Valor Agregado Líquido referente a 1m³ de madeira em pé ou Lucro Líquido em US\$/m³						
Produção única de celulose sem exploração de lenha (ao custo de US\$ 398,00/t)	21,4					
Produção de celulose e lenha (ao custo de US\$ 398,00/t e lenha a custo 0)	21,8					
Produção de celulose + madeira serrada em tábuas + lenha, sendo o custo de produção da madeira serrada:						
5% do custo da produção de celulose	25,7	26,7	27,6	28,6	29,5	30,5
10% do custo da produção de celulose	25,1	26,1	27,0	28,0	28,9	29,9
20% do custo da produção de celulose	23,9	24,8	25,8	26,7	27,7	28,6
30% do custo da produção de celulose	22,6	23,6	24,5	25,5	26,5	27,4
40% do custo da produção de celulose	21,4	22,4	23,3	24,3	25,2	26,2
Produção de celulose + "clear blocks" + lenha, sendo o custo de produção dos "clear blocks" igual a:						
5% do custo da produção de celulose	27,0	28,7	30,4	32,2	33,9	35,6
10% do custo da produção de celulose	26,4	28,1	29,8	31,5	33,3	35,0
20% do custo da produção de celulose	25,2	26,9	28,6	30,3	32,0	33,7
30% do custo da produção de celulose	23,9	25,7	27,4	29,1	30,8	32,5
40% do custo da produção de celulose	22,7	24,4	26,1	27,8	29,6	31,3

Tabela 18. Simulações de mercado considerando o preço da celulose em US\$ 600,00/t

Preço Celulose US\$/t fixado em	600	600	600	600	600	600
Preço da Lenha US\$/m³ fixado em	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5
Preço Madeira Serrada US\$/m³ (tábuas) variando em	80	100	120	140	160	180
Preço Clear A US\$/m³ variando em	150	200	250	300	350	400
Preço Clear B US\$/m³ variando em (25% abaixo do clear A)	113	150	188	225	263	300
Valor Agregado Líquido referente a 1m³ de madeira em pé ou Lucro Líquido em US\$/m³						
Produção única de celulose sem exploração de lenha (ao custo de US\$ 398,00/t)	46,2					
Produção de celulose e lenha (ao custo de US\$ 398,00/t e lenha a custo 0)	46,6					
Produção de celulose + madeira serrada em tábuas + lenha, sendo o custo de produção da madeira serrada:						
5% do custo da produção de celulose	47,4	48,4	49,3	50,3	51,2	52,2
10% do custo da produção de celulose	46,8	47,7	48,7	49,7	50,6	51,6
20% do custo da produção de celulose	45,6	46,5	47,5	48,4	49,4	50,3
30% do custo da produção de celulose	44,3	45,3	46,2	47,2	48,1	49,1
40% do custo da produção de celulose	43,1	44,0	45,0	46,0	46,9	47,9
Produção de celulose + "clear blocks" + lenha, sendo o custo de produção dos "clear blocks" igual a:						
5% do custo da produção de celulose	48,7	50,4	52,1	53,8	55,6	57,3
10% do custo da produção de celulose	48,1	49,8	51,5	53,2	54,9	56,7
20% do custo da produção de celulose	46,9	48,6	50,3	52,0	53,7	55,4
30% do custo da produção de celulose	45,6	47,3	49,1	50,8	52,5	54,2
40% do custo da produção de celulose	44,4	46,1	47,8	49,5	51,2	53,0

Tabela 19. Simulações de mercado considerando o preço da celulose em US\$ 700,00/t

Preço Celulose US\$/t fixado em	700	700	700	700	700	700
Preço da Lenha US\$/m³ fixado em	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5
Preço Madeira Serrada US\$/m³ (tábuas) variando em	80	100	120	140	160	180
Preço Clear A US\$/m³ variando em	150	200	250	300	350	400
Preço Clear B US\$/m³ variando em (25% abaixo do clear A)	113	150	188	225	263	300
Valor Agregado Líquido referente a 1m³ de madeira em pé ou Lucro Líquido em US\$/m³						
— Produção única de celulose sem exploração de lenha (ao custo de US\$ 398,00/t)	71,0					
— Produção de celulose e lenha (ao custo de US\$ 398,00/t e lenha a custo 0)	71,4					
— Produção de celulose + madeira serrada em tábuas + lenha, sendo o custo de produção da madeira serrada:						
5% do custo da produção de celulose	69,1	70,0	71,0	72,0	72,9	73,9
10% do custo da produção de celulose	68,5	69,4	70,4	71,3	72,3	73,2
20% do custo da produção de celulose	67,2	68,2	69,2	70,1	71,1	72,0
30% do custo da produção de celulose	66,0	67,0	67,9	68,9	69,8	70,8
40% do custo da produção de celulose	64,8	65,7	66,7	67,6	68,6	69,6
— Produção de celulose + "clear blocks" + lenha, sendo o custo de produção dos "clear blocks" igual a:						
5% do custo da produção de celulose	70,4	72,1	73,8	75,5	77,2	79,0
10% do custo da produção de celulose	69,8	71,5	73,2	74,9	76,6	78,3
20% do custo da produção de celulose	68,6	70,3	72,0	73,7	75,4	77,1
30% do custo da produção de celulose	67,3	69,0	70,7	72,5	74,2	75,9
40% do custo da produção de celulose	66,1	67,8	69,5	71,2	72,9	74,6

Nas Tabelas 16 a 19, o conjunto de valores delimitados com linhas em seu redor demonstrou as situações em que a diversificação dos produtos finais não conseguiu agregar valores, ou valorizar a madeira produzida, em relação à exploração padrão. Este conjunto de valores aumentou conforme aumentou o preço de venda da celulose.

Na Tabela 16, o valor negativo para o lucro líquido na fabricação única de celulose e celulose + lenha, deve-se ao fato de que o custo de US\$ 398,00/t refere-se a produção com madeira em toras, ou seja, US\$ 102,49/m³ de toras processadas; e o lucro líquido calculado nas tabelas refere-se a madeira em pé.

A madeira serrada em tábuas apresentou um significativo aumento em seu valor agregado quando transformada em "clear blocks", mesmo sendo considerado uma perda de rendimento em relação ao volume inicial das toras, como mostrou a Figura 26.

Ao considerarmos o preço da celulose em US\$ 400,00/t (Tabela 16), todas as situações simuladas de obtenção de madeira serrada em tábuas e "clear blocks" se mostraram favoráveis. A confecção de multi-produtos se mostrou vantajosa principalmente com o baixo preço de venda da celulose. Assim que acontece uma elevação nos preços da celulose, a produção de outros produtos passa a ter uma dependência maior de bons preços no segundo segmento de mercado envolvido.

As diferentes porcentagens consideradas quanto ao custo de produção dos "clear blocks" em relação à produção de celulose permite que se visualizem diferentes instalações de serraria, desde investimentos de grande porte até unidades menores, de instalações mais simples e menores custos de processamento da madeira.

Na Tabela 19, com o preço da celulose a US\$ 700,00/t, várias situações demonstraram valores superiores na produção padrão de celulose, porém, como nos mostrou o Quadro 3 da pesquisa de mercado, desde o ano de 1995 não observam-se preços neste patamar, e desde 1996 não observam-se preços acima de US\$ 600,00/t.

Os preços praticados no mercado, os custos de produção e o rendimento dos processos se mostraram variáveis da mais alta importância na simulação de um processo de uso múltiplo.

6 CONCLUSÕES

- Evidenciou-se que o híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, e especificamente o talhão amostrado, passou por intenso melhoramento genético com objetivo da melhoria de suas características para a produção de celulose; as variáveis da indústria de madeira serrada apresentaram em média uma variação maior, indicando grande potencial para seleção e melhoramento objetivando este outro uso final;

- A obtenção de peças de madeira serrada de pequenas dimensões, "clear blocks", a partir de povoamentos jovens implantados para atender a indústria de celulose se mostrou promissora. Para a madeira de Pinus, este mercado já está concretizado, e considerando as dimensões, especificações e exigências quanto à qualidade da madeira, o eucalipto pode atender e suprir parte desta demanda que tende a crescer;

- Os "clear blocks" representaram um material onde a aceitação de árvores jovens de eucalipto (até 10 anos) é possível. Devido às dimensões reduzidas, os defeitos que tradicionalmente ocorrem em tábuas de eucalipto, como os empenamentos, são minimizados;

- O maior valor de mercado dos "clear blocks" compensou a perda de rendimento representada pela transformação das tábuas em peças menores, e também o baixo rendimento no desdobro inicial. O rendimento em tábuas (39,7%) foi inferior ao normalmente encontrado para o eucalipto, em torno de 50%, com árvores acima de 15 anos de idade;

- A simulação de mercado indicou que a madeira do plantio foi valorizada com a diversificação do uso final, somente em momentos de alta no valor da celulose o uso múltiplo pode não representar ganhos. Este fato destaca a importância de estudos mais detalhados envolvendo a área econômica e outros indicadores como investimentos necessários para a implantação do sistema, que não foram considerados neste estudo;

- As tecnologias de processamento de toras com diâmetros menores e árvores de idades mais jovens devem continuar a ser pesquisadas e desenvolvidas. Não existe um consenso sobre os problemas ocasionados pela presença de madeira juvenil, tanto na literatura científica, como nas serrarias; nestas, o que percebe-se ainda é um grande preconceito com relação à madeira de reflorestamentos e de dimensões reduzidas. A um ritmo lento este quadro vem mudando e pesquisas com este tipo de material devem ser incentivadas;

- A avaliação da qualidade da madeira serrada quanto à presença de defeitos não demonstrou inferioridade significativa se comparada a trabalhos com madeira de idade mais avançada. Nas variáveis estudadas refletiu-se a inexistência de práticas de manejo próprias à produção de madeira serrada, como a desrama. Estas práticas devem ser consideradas na introdução de sistemas de uso múltiplo da madeira;

- A exploração das toras mais vigorosas produzidas no plantio, para a indústria de serraria, não afetou em nenhum aspecto a qualidade média da madeira destinada à indústria de celulose, que apresentou alta qualidade nos ensaios realizados nas duas sub-amostras;

- A produção de energia a partir do resíduo da exploração (até 6cm de diâmetro) demonstrou ser perfeitamente viável. A introdução dos galhos, junto à parte final do fuste, não diminuiu o bom potencial de combustão da madeira demonstrado nos ensaios de poder calorífico;

- Alternativas como o uso da lenha, ou resíduo da exploração, como combustível de caldeiras ou fornos dentro da indústria continuam sendo importantes em empresas de base florestal de média e grande capacidade de produção; nestas, a venda deste material nem sempre é vantajosa.

* * *

**Determinação da Relação (r) entre Altura Total (Ht) e Altura Comercial (Hc)
através da amostragem e medição de 100 árvores:**

Árvore	HC (m)	HT (m)	HT - HC	r (HT / HC)	Árvore	HC (m)	HT (m)	HT - HC	r (HT / HC)
1	24,36	28,18	3,82	1,16	51	23,97	29,33	5,36	1,22
2	23,18	27,38	4,20	1,18	52	22,31	28,25	5,94	1,27
3	23,08	27,23	4,15	1,18	53	23,78	28,38	4,60	1,19
4	23,10	27,35	4,25	1,18	54	25,03	28,68	3,65	1,15
5	23,50	28,03	4,53	1,19	55	24,56	28,45	3,89	1,16
6	27,30	32,78	5,48	1,20	56	23,40	29,18	5,78	1,25
7	22,69	26,91	4,22	1,19	57	23,53	27,60	4,07	1,17
8	23,47	27,82	4,35	1,19	58	24,24	28,41	4,17	1,17
9	21,53	27,45	5,92	1,27	59	24,39	29,18	4,79	1,20
10	23,51	27,88	4,37	1,19	60	25,25	29,43	4,18	1,17
11	22,01	27,18	5,17	1,23	61	24,80	29,88	5,08	1,20
12	23,58	28,58	5,00	1,21	62	24,95	29,06	4,11	1,16
13	23,51	28,08	4,57	1,19	63	23,49	28,86	5,37	1,23
14	23,33	28,04	4,71	1,20	64	23,62	28,74	5,12	1,22
15	22,37	28,67	6,30	1,28	65	24,30	28,93	4,63	1,19
16	22,83	28,35	5,52	1,24	66	24,39	29,27	4,88	1,20
17	24,93	29,27	4,34	1,17	67	24,22	28,78	4,56	1,19
18	22,32	28,11	5,79	1,26	68	24,34	28,59	4,25	1,17
19	22,38	27,50	5,12	1,23	69	24,00	29,01	5,01	1,21
20	22,69	28,46	5,77	1,25	70	23,31	28,67	5,36	1,23
21	23,41	27,73	4,32	1,18	71	23,18	28,95	5,77	1,25
22	23,75	28,76	5,01	1,21	72	24,35	28,39	4,04	1,17
23	25,11	29,80	4,69	1,19	73	24,33	28,36	4,03	1,17
24	25,38	29,30	3,92	1,15	74	24,26	28,64	4,38	1,18
25	24,60	28,59	3,99	1,16	75	23,36	28,08	4,72	1,20
26	23,49	27,78	4,29	1,18	76	22,87	28,84	5,97	1,26
27	22,97	27,30	4,33	1,19	77	23,92	29,37	5,45	1,23
28	23,24	28,40	5,16	1,22	78	24,98	29,48	4,50	1,18
29	23,99	28,81	4,82	1,20	79	22,93	27,78	4,85	1,21
30	25,17	28,88	3,71	1,15	80	24,18	28,69	4,51	1,19
31	25,43	29,72	4,29	1,17	81	23,95	28,99	5,04	1,21
32	26,18	28,99	2,81	1,11	82	23,28	28,36	5,08	1,22
33	24,97	29,38	4,41	1,18	83	23,98	29,07	5,09	1,21
34	23,09	27,83	4,74	1,21	84	22,70	28,40	5,70	1,25
35	24,35	28,81	4,46	1,18	85	23,92	28,81	4,89	1,20
36	24,77	28,73	3,96	1,16	86	22,76	28,27	5,51	1,24
37	22,18	27,50	5,32	1,24	87	23,48	29,11	5,63	1,24
38	24,98	29,05	4,07	1,16	88	23,59	28,63	5,04	1,21
39	24,29	28,58	4,29	1,18	89	22,44	28,02	5,58	1,25
40	25,38	28,99	3,61	1,14	90	24,25	29,35	5,10	1,21
41	22,41	27,48	5,07	1,23	91	23,11	28,53	5,42	1,23
42	23,10	27,68	4,58	1,20	92	23,97	28,35	4,38	1,18
43	23,68	28,42	4,74	1,20	93	23,04	28,38	5,34	1,23
44	24,53	28,11	3,58	1,15	94	23,91	29,08	5,17	1,22
45	22,99	28,31	5,32	1,23	95	24,37	29,27	4,90	1,20
46	21,83	28,03	6,20	1,28	96	23,86	28,71	4,85	1,20
47	25,09	29,56	4,47	1,18	97	25,23	29,95	4,72	1,19
48	23,15	28,88	5,73	1,25	98	23,61	28,56	4,95	1,21
49	22,09	28,58	6,49	1,29	99	23,65	29,15	5,50	1,23
50	24,50	29,51	5,01	1,20	100	23,52	29,23	5,71	1,24
					<i>média</i>	23,79	28,60	4,82	1,20
					<i>desv. pad.</i>	0,96	0,72	0,67	0,03
					<i>C.V.</i>	4,04	2,52	13,9	2,5

ANEXO B

Volume em m³ de cada amostra da Porção III, material referente ao fuste acima de 6cm de diâmetro e galhos até aproximadamente 1cm de diâmetro:

Árv.	ml (xilômetro)	vol (m ³)
01	6360	0,00636
02	7350	0,00735
03	6890	0,00689
04	7210	0,00721
05	7110	0,00711
06	7727	0,00773
07	5880	0,00588
08	5715	0,00572
09	5960	0,00596
10	6750	0,00675
11	6885	0,00689
12	6512	0,00651
13	7458	0,00746
14	5994	0,00599
15	7222	0,00722
16	6799	0,00680
17	7110	0,00711
18	7090	0,00709
19	7520	0,00752
20	6123	0,00612
Média	6783	0,00678
desv.pad.	600,95	0,00060
C.V.	8,86	8,86

ANEXO C

RENDIMENTO EM MADEIRA SERRADA (TÁBUAS). DISTRIBUIÇÕES DE FREQUÊNCIA E ESTATÍSTICA DESCRITIVA

Condição Verde

Média (%)	Mín.(%)	Máx.(%)	Desv. Padrão	C.V.(%)
41,17	30,37	47,65	3,0964	7,52

Condição Seca

Média (%)	Mín.(%)	Máx.(%)	Desv. Padrão	C.V.(%)
39,71	29,04	45,78	3,0990	7,80

- ÍNDICE DE RACHAMENTO (TÁBUAS). DISTRIBUIÇÕES DE FREQUÊNCIA E ESTATÍSTICA DESCRITIVA

Condição Verde

Média (%)	Mín.(%)	Máx.(%)	Desv. Padrão	C.V.(%)
5,86	1,19	14,41	3,2401	55,27

Condição Seca

Média (%)	Mín.(%)	Máx.(%)	Desv. Padrão	C.V.(%)
6,06	1,24	14,64	3,2886	54,25

- ENCURVAMENTO (TÁBUAS), DISTRIBUIÇÕES DE FREQUÊNCIA E ESTATÍSTICA DESCRITIVA

Condição Verde

(mm/m)	Média	Mín.	Máx.	Desv. Padrão	C.V.(%)
	5,18	2,10	10,02	1,6926	32,66

Condição Seca

(mm/m)	Média	Mín.	Máx.	Desv. Padrão	C.V.(%)
	6,97	3,10	10,42	1,5864	22,76

- ARQUEAMENTO (TÁBUAS), DISTRIBUIÇÕES DE FREQUÊNCIA E ESTATÍSTICA DESCRITIVA

Condição Verde

(mm/m)	Média	Mín.	Máx.	Desv. Padrão	C.V.(%)
	2,18	0,18	5,90	1,3691	62,70

Condição Seca

(mm/m)	Média	Mín.	Máx.	Desv. Padrão	C.V.(%)
	2,29	0,69	5,93	1,2023	52,57

- ENCANOAMENTO (TÁBUAS). DISTRIBUIÇÕES DE FREQUÊNCIA E ESTATÍSTICA DESCRITIVA

Condição Verde

(mm)	Média	Mín.	Máx.	Desv. Padrão	C.V.(%)
	0,29	0,00	1,00	0,3148	107,82

Condição Seca

(mm)	Média	Mín.	Máx.	Desv. Padrão	C.V.(%)
	0,96	0,00	2,50	0,6931	71,90

- ASSOCIAÇÃO ENTRE VARIÁVEIS (TÁBUAS)

Rend.(%)

Rendimento em Mad. Serrada x DAP

Rend. (%)

Conicidade: Diâm. Maior - Diâm. Menor x Rend. Madeira Serrada

ANEXO D

Largura das tábuas produzidas no desdobro da madeira referente à Porção I:

Nº tora - Nº tábua	Larg. (cm) Verde	Larg. (cm) Seca
1-1	7,0	6,5
1-2	12,0	11,5
1-3	12,0	11,5
1-4	9,5	9,0
2-1	4,9	4,9
2-2	10,8	10,3
2-3	13,3	12,7
2-4	13,1	12,6
3-1	9,3	9,0
3-2	14,3	13,6
3-3	14,4	13,6
3-4	12,0	11,5
4-1	10,6	10,3
4-2	9,4	9,0
4-3	9,4	9,1
4-4	8,0	7,7
5-1	9,5	9,0
5-2	10,7	10,4
5-3	10,7	10,2
5-4	5,0	4,9
6-1	5,0	4,6
6-2	11,8	11,2
6-3	11,9	11,5
6-4	9,5	9,0
6-5	9,4	9,0
7-1	7,7	7,2
7-2	8,1	7,6
7-3	12,0	11,4
7-4	9,4	9,3
8-1	9,4	9,1
8-2	9,5	9,0
8-3	12,0	11,4
8-4	8,2	7,9
9-1	10,7	10,5

Nº tora - Nº tábua	Larg. (cm) Verde	Larg. (cm) Seca
9-2	12,0	11,5
9-3	12,0	11,8
9-4	10,6	10,3
10-1	8,2	8,0
10-2	10,8	10,7
10-3	12,0	11,4
10-4	9,5	9,0
11-1	8,0	8,0
11-2	9,5	9,3
11-3	12,0	11,3
11-4	8,1	7,8
12-1	8,0	7,8
12-2	12,0	11,5
12-3	12,0	11,4
12-4	12,0	11,5
12-5	8,0	7,8
13-1	7,0	6,6
13-2	11,9	11,4
13-3	11,8	11,5
13-4	9,5	9,0
14-1	8,1	7,8
14-2	10,7	10,3
14-3	10,8	10,0
14-4	10,9	10,5
15-1	8,3	7,9
15-2	9,4	9,1
15-3	9,4	9,3
15-4	11,9	11,4
16-1	14,5	14,0
16-2	12,0	11,5
16-3	8,0	7,7
16-4	5,0	4,9
17-1	5,0	5,0
17-2	12,0	11,6

Nº tora - Nº tábuas	Larg. (cm) Verde	Larg. (cm) Seca
17-3	12,0	11,9
17-4	12,0	11,5
17-5	9,5	9,0
18-1	5,0	4,9
18-2	8,0	7,9
18-3	11,0	10,4
18-4	8,1	8,0
19-1	11,5	11,4
19-2	9,2	9,0
19-3	13,2	13,0
19-4	10,8	10,3
20-1	6,7	6,7
20-2	12,0	11,8
20-3	12,0	11,6
20-4	9,5	9,1
21-1	8,0	7,9
21-2	8,2	8,0
21-3	12,0	11,5
21-4	12,0	11,5
21-5	6,7	6,5
22-1	12,0	11,5
22-2	9,4	9,0
22-3	11,8	11,7
22-4	10,6	10,2
23-1	9,3	9,2
23-2	12,0	11,5
23-3	10,7	10,5
23-4	8,1	7,9
24-1	8,0	8,1
24-2	10,5	10,6
24-3	10,5	10,0
24-4	8,1	8,0
25-1	6,9	6,7
25-2	5,0	5,0

Nº tora - Nº tábuas	Larg. (cm) Verde	Larg. (cm) Seca
25-3	10,6	10,4
25-4	9,4	9,5
26-1	8,2	7,8
26-2	10,7	10,3
26-3	10,8	10,5
26-4	9,2	9,0
27-1	6,8	6,9
27-2	10,6	10,3
27-3	10,5	10,0
27-4	8,2	7,8
28-1	9,4	9,2
28-2	9,4	9,5
28-3	5,0	5,1
28-4	9,4	9,0
29-1	11,7	11,6
29-2	11,7	11,3
29-3	12,0	11,7
29-4	12,1	11,6
30-1	5,0	4,9
30-2	8,0	7,7
30-3	9,6	9,3
30-4	8,1	8,0
31-1	7,8	7,5
31-2	9,2	9,0
31-3	10,5	10,0
31-4	10,5	10,5
32-1	8,0	8,0
32-2	11,6	11,4
32-3	11,8	11,6
32-4	10,6	10,1
33-1	13,2	12,8
33-2	10,5	10,0
33-3	10,5	10,2
33-4	10,6	10,2

Nº tora - Nº tábuas	Larg. (cm) Verde	Larg. (cm) Seca
34-1	8,1	7,8
34-2	12,0	11,5
34-3	12,0	11,3
34-4	10,7	10,2
35-1	8,1	7,9
35-2	10,7	10,2
35-3	11,9	11,4
35-4	10,5	10,2
36-1	10,7	10,5
36-2	13,2	13,0
36-3	13,4	12,8
36-4	12,0	12,0
37-1	9,4	8,8
37-2	10,6	10,3
37-3	12,1	11,7
37-4	13,2	12,5
38-1	7,0	6,5
38-2	12,0	11,6
38-3	9,4	9,0
38-4	11,7	11,2
39-1	5,0	4,8
39-2	5,0	4,6
39-3	7,3	7,0
39-4	10,6	10,3
40-1	11,9	11,4
40-2	15,7	13,8
40-3	10,7	10,1
40-4	9,5	9,0
41-1	8,0	7,6
41-2	9,4	9,0
41-3	10,5	10,3
41-4	10,0	9,5
42-1	9,4	8,9
42-2	9,4	9,0
42-3	10,6	10,2

Nº tora - Nº tábuas	Larg. (cm) Verde	Larg. (cm) Seca
42-4	5,7	5,2
43-1	8,2	7,7
43-2	9,5	8,9
43-3	10,6	10,4
43-4	8,2	7,9
44-1	9,4	9,1
44-2	9,5	9,0
44-3	11,9	11,5
44-4	9,5	9,3
45-1	8,2	7,8
45-2	9,4	9,1
45-3	11,8	11,5
45-4	9,4	9,0
46-1	8,3	7,6
46-2	12,0	11,5
46-3	11,9	11,5
46-4	9,5	9,1
47-1	9,4	9,0
47-2	14,5	14,0
47-3	10,5	10,6
47-4	8,2	7,7
48-1	10,6	10,1
48-2	12,0	11,4
48-3	10,7	10,3
48-4	5,0	4,7
49-1	5,0	4,9
49-2	9,4	9,0
49-3	12,0	12,0
49-4	10,5	10,2
50-1	5,6	5,5
50-2	10,6	10,3
50-3	10,7	10,3
50-4	5,5	5,4
50-5	9,6	9,3

ANEXO E

Dimensões das 100 fibras amostradas para cada sub-amostra considerado na Porção II:

Sub-amostra I (base até alt. comercial)

nº	C (mm)	L (µm)	DL (µm)	E (µm)
1	1,35	17,5	10,0	3,75
2	1,11	25,0	15,0	5,00
3	1,22	22,5	10,0	6,25
4	1,19	17,5	7,5	5,00
5	1,04	15,0	6,3	4,38
6	1,17	20,0	10,0	5,00
7	0,80	17,5	8,8	4,38
8	1,19	15,0	7,5	3,75
9	1,28	15,0	7,5	3,75
10	1,17	17,5	10,0	3,75
11	1,15	15,0	8,8	3,13
12	1,11	17,5	10,0	3,75
13	1,02	18,8	10,0	4,38
14	1,17	20,0	11,3	4,38
15	0,85	18,8	7,5	5,63
16	1,11	20,0	10,0	5,00
17	0,89	15,0	7,5	3,75
18	1,06	20,0	12,5	3,75
19	0,80	17,5	8,8	4,38
20	1,30	17,5	10,0	3,75
21	1,17	13,8	7,5	3,13
22	1,19	15,0	7,5	3,75
23	1,11	15,0	10,0	2,50
24	1,09	15,0	7,5	3,75
25	1,17	15,0	6,3	4,38
26	1,04	15,0	6,3	4,38
27	0,98	17,5	10,0	3,75
28	0,85	17,5	7,5	5,00
29	0,76	15,0	7,5	3,75
30	1,06	15,0	7,5	3,75
31	1,11	12,5	5,0	3,75
32	1,09	20,0	10,0	5,00
33	1,35	17,5	10,0	3,75
34	1,15	17,5	10,0	3,75
35	0,89	20,0	11,3	4,38
36	1,11	17,5	10,0	3,75
37	1,37	17,5	7,5	5,00
38	1,22	17,5	10,0	3,75
39	0,93	21,3	12,5	4,38
40	1,09	22,5	12,5	5,00
41	1,19	15,0	7,5	3,75
42	0,89	17,5	7,5	5,00
43	1,45	15,0	7,5	3,75
44	0,85	15,0	8,8	3,13
45	1,17	22,5	12,5	5,00
46	1,02	17,5	10,0	3,75
47	1,00	17,5	7,5	5,00
48	0,82	13,8	5,0	4,38

Sub-amostra II (4m até alt comercial)

nº	C (mm)	L (µm)	DL (µm)	E (µm)
1	0,95	17,50	10,0	3,75
2	1,37	25,00	15,0	5,00
3	0,98	22,50	10,0	6,25
4	0,91	17,50	7,5	5,00
5	1,09	15,00	6,3	4,38
6	1,06	20,00	10,0	5,00
7	1,19	17,50	8,8	4,38
8	1,00	15,00	7,5	3,75
9	0,98	15,00	7,5	3,75
10	1,22	17,50	10,0	3,75
11	1,11	15,00	8,8	3,13
12	1,00	17,50	10,0	3,75
13	1,35	18,75	10,0	4,38
14	1,37	20,00	11,3	4,38
15	0,85	18,75	7,5	5,63
16	1,19	20,00	10,0	5,00
17	1,09	15,00	7,5	3,75
18	1,30	20,00	12,5	3,75
19	1,11	17,50	8,8	4,38
20	1,17	17,50	10,0	3,75
21	1,13	13,75	7,5	3,13
22	0,78	15,00	7,5	3,75
23	1,30	15,00	10,0	2,50
24	1,11	15,00	7,5	3,75
25	1,09	15,00	6,3	4,38
26	1,26	15,00	6,3	4,38
27	0,91	17,50	10,0	3,75
28	1,26	17,50	7,5	5,00
29	1,00	15,00	7,5	3,75
30	1,24	15,00	7,5	3,75
31	0,85	12,50	5,0	3,75
32	1,00	20,00	10,0	5,00
33	0,69	17,50	10,0	3,75
34	1,13	17,50	10,0	3,75
35	0,95	20,00	11,3	4,38
36	1,22	17,50	10,0	3,75
37	1,24	17,50	7,5	5,00
38	0,98	17,50	10,0	3,75
39	1,00	21,25	12,5	4,38
40	1,26	22,50	12,5	5,00
41	0,85	15,00	7,5	3,75
42	1,02	17,50	7,5	5,00
43	1,06	15,00	7,5	3,75
44	0,98	15,00	8,8	3,13
45	1,15	22,50	12,5	5,00
46	1,30	17,50	10,0	3,75
47	1,24	17,50	7,5	5,00
48	0,98	13,75	5,0	4,38

nº	C (mm)	L (µm)	DL (µm)	E (µm)
49	0,89	20,0	12,5	3,75
50	1,19	12,5	5,0	3,75
51	0,93	17,5	7,5	5,00
52	0,89	20,0	7,5	6,25
53	0,80	15,0	5,0	5,00
54	1,22	17,5	8,8	4,38
55	1,00	17,5	7,5	5,00
56	1,13	16,3	7,5	4,38
57	0,95	22,5	10,0	6,25
58	1,17	15,0	7,5	3,75
59	1,30	13,8	7,5	3,13
60	1,19	15,0	8,8	3,13
61	0,91	12,5	3,8	4,38
62	1,19	22,5	15,0	3,75
63	0,91	17,5	10,0	3,75
64	0,89	17,5	7,5	5,00
65	0,95	20,0	7,5	6,25
66	0,91	18,8	7,5	5,63
67	1,39	17,5	11,3	3,13
68	1,06	15,0	7,5	3,75
69	1,11	17,5	7,5	5,00
70	1,04	20,0	3,8	8,13
71	0,87	22,5	5,0	8,75
72	0,91	15,0	10,0	2,50
73	0,95	15,0	7,5	3,75
74	0,93	15,0	6,3	4,38
75	0,91	18,8	10,0	4,38
76	1,37	15,0	10,0	2,50
77	0,80	17,5	10,0	3,75
78	1,24	15,0	7,5	3,75
79	0,87	15,0	7,5	3,75
80	0,76	17,5	7,5	5,00
81	1,11	22,5	6,3	8,13
82	1,24	22,5	8,8	6,88
83	1,00	15,0	3,8	5,63
84	1,13	17,5	8,8	4,38
85	0,93	20,0	7,5	6,25
86	1,11	16,3	6,3	5,00
87	1,13	15,0	7,5	3,75
88	1,11	17,5	7,5	5,00
89	1,28	20,0	5,0	7,50
90	1,04	16,3	10,0	3,13
91	1,35	17,5	7,5	5,00
92	1,41	18,8	8,8	5,00
93	1,19	15,0	10,0	2,50
94	1,26	20,0	12,5	3,75
95	0,87	17,5	10,0	3,75
96	1,09	17,5	8,8	4,38
97	1,02	17,5	5,0	6,25
98	0,74	20,0	10,0	5,00
99	1,11	20,0	3,8	8,13
100	1,32	20,0	12,5	3,75

nº	C (mm)	L (µm)	DL (µm)	E (µm)
49	1,24	20,00	12,5	3,75
50	0,80	12,50	5,0	3,75
51	0,91	12,5	5,0	3,75
52	1,32	17,5	10,0	3,75
53	1,11	20,0	11,3	4,38
54	0,91	15,0	7,5	3,75
55	0,93	22,5	11,3	5,63
56	1,09	17,5	10,0	3,75
57	0,91	22,5	15,0	3,75
58	1,37	15,0	7,5	3,75
59	0,89	20,0	13,8	3,13
60	0,98	18,8	12,5	3,13
61	1,41	20,0	10,0	5,00
62	1,17	17,5	8,8	4,38
63	1,15	15,0	10,0	2,50
64	1,13	17,5	8,8	4,38
65	0,87	15,0	6,3	4,38
66	1,00	15,0	5,0	5,00
67	1,15	17,5	8,8	4,38
68	1,02	17,5	7,5	5,00
69	1,06	17,5	7,5	5,00
70	1,15	18,8	10,0	4,38
71	1,35	17,5	7,5	5,00
72	0,95	12,5	6,3	3,13
73	1,00	12,5	3,8	4,38
74	0,98	17,5	8,8	4,38
75	1,09	18,8	10,0	4,38
76	0,91	17,5	12,5	2,50
77	1,22	17,5	6,3	5,63
78	0,87	13,8	6,3	3,75
79	0,89	15,0	6,3	4,38
80	0,98	15,0	10,0	2,50
81	1,28	12,5	5,0	3,75
82	0,93	12,5	5,0	3,75
83	1,09	18,8	8,8	5,00
84	1,24	15,0	10,0	2,50
85	1,13	16,3	10,0	3,13
86	1,17	13,8	3,8	5,00
87	0,93	18,8	11,3	3,75
88	0,89	15,0	7,5	3,75
89	0,72	22,5	7,5	7,50
90	1,15	22,5	12,5	5,00
91	1,06	21,3	12,5	4,38
92	1,09	15,0	3,8	5,63
93	0,95	18,8	10,0	4,38
94	1,15	17,5	10,0	3,75
95	1,13	13,8	6,3	3,75
96	1,15	17,5	5,0	6,25
97	1,09	15,0	10,0	2,50
98	1,30	17,5	7,5	5,00
99	1,13	17,5	10,0	3,75
100	1,15	16,3	7,5	4,38

ANEXO F

Cálculos do Valor Agregado ou Lucro Líquido por m³ de madeira:

1) Para produção padrão celulose a partir de 1 m³ da madeira (em pé), não explorando lenha ou resíduos:

Dados: Densidade Básica = 0,500kg/m³
 Rendimento em celulose branqueada = 51,5%
 Madeira para energia a ser descontada (resíduo) = 3,75%

Então p/ 1m³: $((500 - (500 \times 0,0375)) \times 0,515) / 1000 =$ Peso em tonelada da celulose produzida (X)

$(X) \times \text{Preço por tonelada} - \text{Custo de Produção de (X)} =$

$= \text{Lucro Líquido em 100\% celulose} / \text{m}^3 \text{ de madeira em pé}$

sendo que: o Preço por tonelada considerado variou de US\$ 400,00 a US\$ 900,00
 o Custo de Produção de 1tonelada considerado foi de US\$ 398,00

2) Para produção padrão celulose a partir de 1 m³ da madeira (em pé), explorando lenha para energia:

Adicionar aos cálculos do item 1: $3,75\% \times 1\text{m}^3 \times \text{Valor Médio de US\$ } 10,5/\text{m}^3 =$

$= \text{US\$ } 0,39/\text{m}^3 \text{ de madeira explorada (referente a venda da parte representada pela lenha)}$

(custo 0, o comprador coleta a lenha no plantio)

3) Para produção de celulose + madeira serrada (tábuas) + lenha, a partir de 1 m³ da madeira (em pé) :

Dados:

Rendimento em madeira para serraria	= 12,03%
Madeira para energia a ser descontada (resíduo)	= 3,75%
Rendimento em madeira serrada como tábuas	= 39,71%
Lucro com a venda da lenha	= US\$ 0,39/m³

Então p/ 1m³: $1 \times 12,03\% \times 39,71\% =$ volume em madeira serrada (tábuas) (Y)

$$(Y \times \text{Preço/m}^3 \text{ das tábuas}) - (\text{custo/m}^3 \text{ da produção das tábuas}) = \text{Lucro Líquido em tábuas}$$

➤ Foram consideradas situações de 5 a 40% do custo de produção da celulose

$$\text{Lucro Líquido em tábuas} + \text{Lucro pela produção em celulose de } (1\text{m}^3 - 12,03\% \underset{\text{p/ serraria}}{-} 3,75\% \underset{\text{p/ energia}}{+}) + 0,39 =$$

$$= \text{Lucro Líquido em (celulose + madeira serrada em tábuas + lenha)} / m^3 \text{ de madeira em pé}$$

4) Para produção de celulose + "clear blocks" + lenha a partir de 1 m³ da madeira (em pé):

Dados:

Rendimento em madeira para serraria	= 12,03%
Rendimento em "clear blocks" A	= 23,84%
Rendimento em "clear blocks" B	= 6,14%
Madeira para energia a ser descontada (resíduo)	= 3,75%

Então p/ 1m³: $1 \times 12,03\% \times 23,84\% =$ volume em "clears A" (Z)

$$1 \times 12,03\% \times 23,84\% = \text{volume em "clears B"} \quad (W)$$

$$= \text{Lucro Líquido em "clear blocks"}$$

Foram consideradas situações de 5 a 40% do custo de produção da celulose

$$\text{Lucro Líquido em "clear blocks"} + \text{Lucro pela produção em celulose de } (1\text{m}^3 - 12,03\% - 3,75\%) + 0,39$$

p/ serraria p/ energia

$$= \text{Lucro Líquido em (celulose + "clear blocks" + lenha)} / \text{m}^3 \text{ de madeira em pé}$$

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRACAVE. Associação Brasileira de Florestas Renováveis. Página da Internet - endereço: <http://www.abracave.com.br> - 2000.
- ACOSTA, M.S. Experiência argentina en el uso de la madera de eucalipto. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO PARA SERRARIA, Piracicaba, 1995. **Anais**. Piracicaba: IPEF/IPT/IUFRO/LCF-ESALQ-USP, 1995. p.74-84.
- ANDRADE, E.N. **O eucalipto**. Jundiaí, Cia. Paulista de Estradas de Ferro, 689p, 1961.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE PAPEL E CELULOSE - ANFPC. **Relatório estatístico 1993**. São Paulo, 1993. 54p.
- BAENA, E.S. A utilização de *Eucalyptus saligna* Smith e *Eucalyptus grandis* Hill jovens na confecção de sarrafos. Piracicaba, 1982. 74p. Dissertação (M.S.) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- BAÑADOS, A.; OVIEDO, L. Viviendas de madeira: la espera duna estratégia coerente. **Chile Florestal**, v.185, p.20-22, 1991.
- BARRICHELO, L.E.G. Métodos de determinação da densidade básica da madeira em cavacos. **Boletim Informativo IPEF**, Piracicaba, v.3, n.9, p.12-4, 1975.
- BARRICHELO, L.E.G.; BRITO, J.O. Variações das características da madeira de *Eucalyptus grandis* e suas correlações com a produção de celulose. Congresso anual da ABTCP, 10, São Paulo, S.P., 1977.
- BARRICHELO, L.E.G.; BRITO, J.O. Instruções para coleta de amostras de madeiras destinadas a ensaios de produção de celulose. **Publicação do Setor de Química, Celulose e Energia/D.C.F**, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 1978. 8p.
- BARRICHELO, L.E.G. & BRITO, J.O. Variabilidade longitudinal e radial da madeira de *Eucalyptus grandis*. Congresso anual da ABTCP, 10, São Paulo, S.P., 1984.
- BARRICHELO, L.E.G.; FOELKEL, C.E.B.; MILANEZ, A.F. Estudo comparativo das madeiras de *Eucalyptus saligna*, *E. paniculata*, *E. citriodora*, *E. maculata* e *E. tereticornis* para a produção de celulose sulfato. **Revista do IPEF**, Piracicaba, v.10, p.17-37, 1975.
- BATISTA, J.L.F. Comunicação pessoal. 1998. ESALQ/USP, Piracicaba, S.P.
- BEREZOVSKY, D. Potencial de geração de energia de biomassa. **Jornal dos Reflorestadores**, São Paulo, v.1, n.3, p.13-19, 1979.

- BERTOLUCCI, F.; REZENDE, G.; PENCHEL, R. Produção e utilização de híbridos de eucalipto. **Silvicultura**, v.13, n.51, p.12-18, 1993.
- BOLAND, D.J. et al. **Forest trees of Australia**. 4ª ed. Australia Goverment Publishing Service: CSIRO, 1992.
- BORGES, A.S.; CINIGLIO, G.; BRITO, J.O. Considerações energéticas e econômicas sobre os resíduos de madeira processada em serraria. In: 7º CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, Curitiba, 1993. **Anais**. São Paulo: SBS/SBEF, 1993. v.3, p.603.
- BRIGATTI, R.A.; FERREIRA, M.; SILVA, A.P.; FREITAS, M. Estudo comparativo do comportamento de alguns híbridos de *Eucalyptus* spp. **Circular Técnica IPEF**, v.123, p.1-7, 1980.
- BRITO, J.O. A madeira como fonte de energia já é uma realidade e não uma alternativa. **Energia**, v.1, n.4, p.34-35, 1979.
- BUSNARDO, C.A. Estudos sobre a deslignificação da madeira de *Eucalyptus urophylla* de origem híbrida pelo processo kraft, para produção de celulose. Viçosa, 1981. Dissertação (M.S.) - Universidade Federal de Viçosa.
- CABAÑA, C. El mercado interno de la madeira. **Chile Florestal**, v.205, p.38-39, 1993.
- CALORI, J.V.; FIER, I.S.N. Estudo da viabilidade tecnológica do *Eucalyptus dunnii*. In: 7º CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, Curitiba, 1993. **Anais**. São Paulo: SBS/SBEF, 1993. p.773.
- CHAFE, S.C. Crowth stresses in trees. **Australian forest research**, Meulborne, v.9, p.293-323, 1979.
- COSTA, E.M. A madeira do eucalipto na indústria moveleira. In: SEMINÁRIO SOBRE PROCESSAMENTO E UTILIZAÇÃO DE MADEIRAS DE REFLORESTAMENTO, Curitiba, 1996. **Anais**. Curitiba: ABPM/SBS, 1996. p.75-90.
- COUTO, H.T.Z. Manejo de florestas e sua utilização em serraria. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO PARA SERRARIA, Piracicaba, 1995. **Anais**. Piracicaba: IPEF/IPT/IUFRO/LCF-ESALQ-USP, 1995. p.20-30.
- DE VILLIERS, A.M. Utilization problems with some eucalyptus in South Africa. In: IUFRO MEETING DIVISION, 5º, 1973, Pretoria. **Proceedings**. Pretoria, v.2, p.238-255, 1973.
- DEL MENEZZI, C.H.S. Utilização de um método combinado de desdobro e secagem para a produção de madeira serrada de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus cloeziana*. Piracicaba, 1999. 87p. Dissertação (M.S.) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

- ECCHER, A.; GEMIGNANI, G.; MUGHINI, G. Multiple use of the eucalyptus in Southern Italy. Centro Internacional de Estudos Agronômicos Mediterrâneos, Paris; FAO, Roma. Reunião de Saragossa, Espanha, 25-26 setembro, 1987. **Anais**. Repartição de Publicações Oficiais das Comunidades Européias, 1989. p.59-72.
- EUCATEX. Estudo interno com utilização de biomassa em substituição ao óleo combustível para geração de energia. 1996.
- FERNANDES, P.S. Variações de densidade da madeira e suas relações com as tensões de crescimento em progênie de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake. Piracicaba, 1982. 85p. Dissertação (M.S.) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- FERREIRA, M. Melhoramento e silvicultura intensiva clonal. **Revista do IPEF**, Piracicaba, SP, n.45, p. 22-30, 1992.
- FINGER, C.A.G. Fundamentos de biometria florestal. **Publicação da Universidade Federal de Santa Maria**. Santa Maria, 1992. 263p.
- FOELKEL, C.E.B. Amostragem da madeira para tecnologia de celulose. **Publicação da CENIBRA e Universidade Federal de Viçosa**. Apostila de Curso - Qualidade da Madeira, Viçosa, 1977. 9p.
- FOELKEL, C.E.B.; ZVINAKEVICIUS, C.; ANDRADE, J.; MEDEIROS, S.J. Eucaliptos tropicais na produção de celulose kraft. **CENIBRA Pesquisa**, v.68, 31p., 1978.
- GALVÃO, A.P.M.; JANKOWSKY, I.P. **Secagem racional da madeira**. São Paulo: Nobel, 1985. 111p.
- GARCIA, J.N. Técnicas de desdobro de eucalipto. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO PARA SERRARIA, Piracicaba, 1995. **Anais**. Piracicaba: IPEF/IPT/IUFRO/LCF-ESALQ-USP, 1995. p.59-67.
- GARLIPP, R.C.D. Biomassa de florestas plantadas como fonte alternativa de energia em substituição ao óleo combustível industrial no estado de São Paulo. Piracicaba, 1982. Dissertação (M.S.) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- GONZAGA, J.V. Qualidade da madeira e da celulose kraft de treze espécies de *Eucalyptus*. Viçosa, 1983. Dissertação (M.S.) - Universidade Federal de Viçosa.
- GRESHAM, G. E. Mercado de madeira de florestas plantadas. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO PARA SERRARIA, Piracicaba, 1995. **Anais**. Piracicaba: IPEF/IPT/IUFRO/LCF-ESALQ-USP, 1995. p.147-165.
- HILLIS, W.E.; BROWN, A.G. **Eucalypts for wood production**. Melbourne: CSIRO, 1978. 434p.

- IKEMORI, Y.K.; CAMPINHOS JR., E. Produção de sementes de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* por polinização aberta - resultados preliminares. **Silvicultura**, v.8, n.28, p.306-308, 1983.
- IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S/A. Regras NHLA para medição e classificação de madeiras duras serradas – 2ª Edição. Publicação IPT nº 1689, São Paulo, 1986.
- KUBLER, H. Growth stresses in trees and related wood properties. **Forest Products Abstracts, Oxford**, v.10, n.3, p.61-119, 1987.
- LEITE, H.L. Conversão de troncos em multiprodutos da madeira utilizando programação dinâmica. Viçosa, 1994. 230p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.
- LEME, C.A.T. Comunicação pessoal. 1999. Seminário sobre secagem de madeira – IPEF, Piracicaba, S.P.
- LIMA, D.G. Desenvolvimento e aplicação de um modelo de suporte à decisão sobre multiprodutos de povoamentos de eucalipto. Viçosa, 1996. 80p. Dissertação (M..S.) - Universidade Federal de Viçosa.
- LIMA, W.P. **Impacto ambiental do eucalipto**. São Paulo: Editora da USP, 1993. 301p.
- LUZ, H.F.; MELZER, J.F.; COUTINHO, C.J.; FERREIRA, M.C. Manejo de florestas de eucalipto para usos múltiplos. In: 7º CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, Curitiba, 1993. **Anais**. São Paulo: SBS/SBEF, 1993. v.3, p.283-290.
- LOBL, A.C. Palestra: Exportações do Setor de Celulose e Papel. In: SEMINÁRIO DE EXPORTAÇÃO DE PRODUTOS DE BASE FLORESTAL, Curitiba, 1999. Curitiba: BRACELPA/ABPM.
- MALAN, F.S.; HOON, M. Effect of initial spacing and thinning on some wood prospereis of *Eucalyptus grandis*. **South African Forestry Journal**, v.163, p.13-20, 1992.
- MARTINEZ, H. *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, tree species of multiple use in Central America. Publicação do CATIE - Centro Agronomico Tropical de Investigacion y Ensenanza, Turrialba, Costa Rica, 1990. 68p.
- MARTINEZ, H. *Eucalyptus saligna* Smith, tree species of multiple use in Central America. Publicação do CATIE - Centro Agronomico Tropical de Investigacion y Ensenanza, Turrialba, Costa Rica, 1991. 66p.
- MARTINS, F.C.G.; IKEMORI, Y.K. Produção de híbridos de eucalipto na Aracruz. Reunião sobre técnicas para produção de híbridos, Piracicaba: IPEF, 1987. 75p.
- MELLO, G.R. **Processamento mecânico da madeira**. Piracicaba. 1978. 88p.

- MENDONZA, I.E.L. Experiência chilena en el utilizacion de eucalipto. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO PARA SERRARIA, Piracicaba, 1995. **Anais**. Piracicaba: IPEF/IPT/IUFRO/LCF-ESALQ-USP, 1995. p.92-108.
- MENEZES, L.F. Desdobro, secagem e beneficiamento da madeira de eucalipto - experiência da Flosul. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUTOS SÓLIDOS DE MADEIRA DE ALTA TECNOLOGIA, Belo Horizonte, 1998. **Anais**. Viçosa: SIF/UFV/DEF, 1998. p.261-265.
- MIRANDA, M.J.A.C. Estudo da influência do espaçamento de plantio de *Eucalyptus saligna* Smith no rendimento em madeira serrada, nas condições verde e seca. Piracicaba, 1998. 188p. Dissertação (M.S.) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- MORO, L. Utilização da cinza de biomassa florestal como fonte de nutriente em povoamentos puros de *Eucalyptus grandis*. Piracicaba, 1994. Dissertação (M.S.) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- NAHUZ, M.A.R. Aspectos de tecnologia e produção no uso múltiplo das florestas. Reunião do Projeto FLORAM, 25 a 27 de outubro, Belo Horizonte. 1995. 10 p.
- NAHUZ, M.A.R.; FRANCO, N.; FIGUEROA, F.M.Z. Uso estrutural da madeira de eucalipto: a experiência do IPT. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUTOS SÓLIDOS DE MADEIRA DE ALTA TECNOLOGIA, Belo Horizonte, 1998. **Anais**. Viçosa: SIF/UFV/DEF, 1998. p.125-133.
- NIELSEN, I.R. Utilização da madeira comercial do híbrido de *Eucalyptus grandis* na confecção de vigas laminadas coladas. Curitiba, 1998. 109p. Dissertação (M.S.) - Universidade Federal do Paraná.
- OBINO, C.R. Usos da madeira de eucalipto. In: SIMPÓSIO IPEF, VI, Piracicaba, 1996. **Anais**. Piracicaba: IPEF, 1996. v.4, p.27-29.
- OBINO, C.R.; MENEZES, L.F. Manejo de florestas para serraria nas empresas nacionais: algumas experiências de manejo de eucalipto para serraria. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO PARA SERRARIA, Piracicaba, 1995. **Anais**. Piracicaba: IPEF/IPT/IUFRO/LCF-ESALQ-USP, 1995. p.140-146.
- OLIVEIRA, L.C.S. Curso sobre tecnologia de secagem de madeiras. **Relatório nº 16.194 - IPT**. São Paulo: IPT, 1981. 33p.
- PEREIRA, J.C.D. Madeira de eucalipto para processamento mecânico. **Revista Folha da Floresta**, v.2, n.3, p.12-12, 1994.

- PONCE, R.H. Madeira serrada de eucalipto: desafios e perspectivas. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO PARA SERRARIA, Piracicaba, 1995. **Anais**. Piracicaba: IPEF/IPT/IUFRO/LCF-ESALQ-USP, 1995. p.50-58.
- POYTON, R. J. The silvicultural treatment of eucalyptus plantations in Sounthern Africa. **South African Forestry Journal**, v.116, p.11-16, 1981.
- PRADO, A.C. **Diagnóstico e avaliação do setor florestal brasileiro: exploração florestal madeireira**. FUNATURA/IBAMA/ITTO, 1995. 114p.
- RAMOS, A.A. Perspectivas qualitativas e econômicas da produção florestal em sucessivas rotações. In: 7º CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, Curitiba, 1993. **Anais**. São Paulo: SBS/SBEF, 1993. p.177-189.
- RAMOS, I.R. **África do Sul - Horizonte Florestal do Brasil**. São Paulo: Editora Joruês, 1973. 81p.
- REVISTA DA MADEIRA. Aracruz inaugura fábrica na Bahia. **Revista da Madeira**, ABPM - Associação Brasileira de Produtores de Madeira, Curitiba, Ano 8, 1999, n.44, p.14-15.
- ROCHA, M.P.; KLITZKE, R.J.; SANFELICE, E.; FAGION, L.F. A madeira como fonte de energia. **Revista da madeira**, ABPM - Associação Brasileira de Produtores de Madeira, Curitiba, Ano 2, 1993, n.11, p.26-27.
- SANTOS, J.A. Tecnologia de transformação do eucalipto para madeira maciça. In: III CONGRESSO FLORESTAL NACIONAL, Figueira da Foz, Portugal, 1994. **Anais**. p.232-243.
- SANTOS, F.L.C. Perspectivas do mercado nacional de madeiras serradas oriundas de florestas plantadas. In: SIMPÓSIO IPEF, VI, Piracicaba, 1996. **Anais**. Piracicaba: IPEF, 1996. v.4, p.31-52.
- SCHONAU, A.P.G. Growth, yield and timber density of short rotation coppice stands of *E. grandis*. **South African Forestry Journal**, v.156, p.12-22, 1991.
- SENAI / CETEMO - Equipe técnica. A madeira do eucalipto na indústria moveleira. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUTOS SÓLIDOS DE MADEIRA DE ALTA TECNOLOGIA, Belo Horizonte, 1998. **Anais**. Viçosa: SIF/UFV/DEF, 1998. p.191-195.
- SHIELD, E.D. Plantation grown eucalypts: utilisation for lumber and rotary veneers-primary conversion. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO PARA SERRARIA, Piracicaba, 1995. **Anais**. Piracicaba: IPEF/IPT/IUFRO/LCF-ESALQ-USP, 1995. p.133-139.
- SHIMOYAMA, V.R.S. Variações da densidade básica e características anatômicas e químicas da madeira em *Eucalyptus* spp. Piracicaba, 1990. Dissertação (M.S.) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

- SHIMOYAMA, V.R.S. & BARRICHELO, L.E.G. Influências de características anatômicas e químicas sobre a densidade de madeira de *Eucalyptus*. Congresso anual da ABTCP, 10, São Paulo, S.P., 1991.
- SILVA, J.C.G.L.; LATORRACA, J.V.F.L.; NIEFER, I.A. A comercialização de produtos florestais nas bolsas de mercadorias. **Silvicultura**, v.19, n.74, p.31-38, 1998.
- SOBRINHO, V.F. Comunicação pessoal. 2000. ABPM - Associação Brasileira de Produtores de Madeira, Curitiba, PR.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA - SBS. **A sociedade brasileira e seu patrimônio florestal**. São Paulo, 1990. 20p.
- SORESINI, L. Os avanços obtidos em tecnologia florestal. In: 7º CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, Curitiba, 1993. **Anais**. São Paulo: SBS/SBEF, 1993. p.41.
- STEEL, R.G.F.; TORRIE, J.H. **Principles and procedures of statistics: a biometrical approach**. 2.Ed. New York: McGraw-Hill Book, 1980. 633p.
- STEELE, P.H. Factors determining lumber recovery in sawmilling. **Genetics Technical Report**. Madison: USDA-FS, 1984. 8p.
- TOMAZELLI, I; GARCIA, J.D. Ameaças à indústria de madeiras do Brasil comprometem competitividade. **Revista da Madeira**, ABPM - Associação Brasileira de Produtores de Madeira, Curitiba, Ano 7, 1998, n.40, p.14-18.
- WAUGH, G. Sawing of young, fast-grown *Eucalyptus*. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUTOS SÓLIDOS DE MADEIRA DE ALTA TECNOLOGIA, Belo Horizonte, 1998. **Anais**. Viçosa: SIF/UFV/DEF, 1998. p.69-81.
- ZENID, G.J. Classificação de madeira serrada de eucalipto proposta ABPM/IPT. In: SEMINÁRIO SOBRE PROCESSAMENTO E UTILIZAÇÃO DE MADEIRAS DE REFLORESTAMENTO, Curitiba, 1996. **Anais**. Curitiba: ABPM/SBS, 1996. p.91-96.
- ZOBEL, B. Wood quality from fast-grown plantations. **Tappi Journal**, v.64, n.1, 1981.
- ZOELLINGER, H. Como transformar resíduos de madeira em energia. **Jornal Madeira & Cia**. v.2, n.13, p.12, 1994.