RESÍDUO PRIMÁRIO DE *Eucalyptus grandis* 15 ANOS PARA CELULOSE

Angelina Maron
Engenheiro Florestal

Orientador: Prof. Dr. **José Mangolini Neves**

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.

P I R A C I C A B A
Estado de São Paulo - Brasil
Fevereiro - 2000

Errata

pg	onde se lê	correto
v	Resíduo de serraria	costaneira
vii	lignine	lignina
vii	pulpation	pulping
3	ns	nos
9	ampliação	ampliação
21	composição	composição
42	cujoo	cujo

- Descrição da amostragem para determinar fibras anatômicas:

Os cavacos foram cortados na forma de “palitos”. Para a obtenção das misturas foram pesados e depois misturados na proporção exigida.

- Descrição da coleta de medidas de casca

Os toretes com diâmetros inferiores a 30cm foram medidos sua espessura de casca a cada 1m. Foi cortado um quadrado de 10cm x 10cm no torete e medida a espessura da casca

Os toretes com diâmetros superiores a 30cm foi obtida a espessura da casca através das medidas em “cruz” do disco e calculada a média.

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

Maron, Angelina
Resíduo primário de *Eucalyptus grandis* 15 anos para celulose / Angelina Maron. - -
Piracicaba, 2000.
85 p.

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

1. Celulose de eucalipto 2. Madeira serrada de eucalipto 3. Resíduo florestal 4.
Serraria 5. Tecnologia de celulose e papel I. Título

CDD 676.12

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

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Mangolini pela orientação e tempo dedicado, como também pela compreensão.

Ao Prof. Cláudio Angeli Sansígolo, pelo inestimável apoio para a execução de minhas atividades, e a todos os amigos do Departamento de Ciências Florestais - UNESP/Botucatu.

A Equipe da RIOCEL (Guaíba/RS), em especial ao Engenheiro Jorge Klein.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	V
SUMMARY	Vii
1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVOS	6
3 REVISÃO DE LITERATURA	7
3.1 Qualidade da madeira	7
3.2 Uso múltiplo	8
3.3 Crescimento das árvores	11
3.4 Madeira juvenil	13
3.5 Resíduo da madeira	16
3.5.1 Resíduo florestal	17
3.5.2 Resíduo primário	19
3.5.3 Resíduo secundário	21
3.6 <i>Eucalyptus grandis</i>	21
3.6.1 Densidade básica	22
3.6.2 Características anatômicas	26
3.6.3 Características químicas	31
3.6.4 Processamento mecânico	35
4 MATERIAL E MÉTODOS	39
4.1 Material	39
4.2 Métodos	40
4.2.1 Seleção das árvores	40
4.2.2 Cálculo do volume	42

4.2.3	Finalidade da madeira	42
4.2.4	Processamento mecânico	42
4.2.5	Classificação dos cavacos	44
4.2.6	Ensaio físicos	44
4.2.6.1	Umidade dos cavacos	44
4.2.6.2	Densidade aparente	45
4.2.6.3	Densidade básica	46
4.2.7	Análise anatômica	46
4.2.7.1	Maceração	46
4.2.7.2	Determinações dos elementos anatômicos	46
4.2.7.3	Relações entre dimensões de fibras	47
4.2.8	Análise química da madeira	48
4.2.9	Designificação kraft	49
4.2.10	Rendimento bruto e Número Kappa	50
4.2.11	Consumo específico de madeira	50
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	51
5.1	Cubagem das árvores	51
5.2	Volume de madeira na serraria	55
5.3	Volume de resíduo primário	59
5.4	Volume comercial de madeira	60
5.5	Classificação dos cavacos	61
5.6	Densidade Aparente	62
5.7	Densidade Básica	63
5.8	Características Anatômicas	66
5.9	Análise Química	68
5.10	Designificação Kraft	70

5.10.1	Rendimento Bruto	70
5.10.2	Número Kappa	72
6	CONCLUSÃO	74
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77

RESÍDUO PRIMÁRIO DE *Eucalyptus grandis* 15 ANOS PARA CELULOSE

Autora: Angelina Maron

Orientador: Prof. Dr. José Mangolini Neves

RESUMO

Com o objetivo de determinar o potencial de uso e, implicações no processo de fabricação de celulose, foi realizado o cálculo do rendimento de madeira serrada, como também avaliado em termos físicos, químicos e anatômicos os resíduos originados de um plantio de *E. grandis* 15 anos. Para efeito de comparação também foram avaliados material de *E. grandis* de 7 anos.

Os resultados obtidos permitem concluir que, árvores com maiores diâmetros apresentam maiores volumes comerciais quando comparadas as árvores de menores diâmetros. Após processamento mecânico o rendimento em serraria ficou em torno de 52,3%, concordando com o citado em literaturas.

A utilização de resíduos de *E. grandis* 15 anos é viável, porém quando comparado a *E. grandis* 7 anos apresenta menor rendimento bruto, isso pode ser explicado pela presença de material de ponta das árvores onde ocorre maior presença de madeira adulta.

Resíduo de serraria, proveniente de *E. grandis* 15 anos, são matérias-primas com maior facilidade de designificação provavelmente devido a presença de uma maior percentagem de madeira jovem que contribui para uma menor densidade básica.

Processamento mecânico e a utilização dos resíduos (florestal e serraria) são viáveis em termos econômicos e técnicos, porém deve ser determinado o

ponto ótimo de equilíbrio quanto ao rendimento do processo polpação e densidade básica da madeira.

PRIMARY RESIDUE OF 15 YEARS OLD *Eucalyptus grandis* FOR CELLULOSE

Author: ANGELINA MARON

Adviser: Prof. Dr. JOSÉ MANGOLINI NEVES

SUMMARY

In this paper, the use potential of the 15 years old *Eucalyptus grandis* wood was evaluated and the correspondent consequence of each use in the cellulose extraction. The sawed wood efficiency and the residue quantities were determined in physical, chemical and anatomic basis. For comparison, the 7 years old *E. grandis* was also evaluated.

The results show that the larger diameter of the trees more is the commercial wood obtained. After the sawing, the efficiency was 52.3%.

The feasibility of the 15 years *E. grandis* residues use could be shown. Its gross efficiency in the cooking is lower than the 7 years *E. grandis* efficiency. This could be explained by the higher concentration of tree tops in the cooked material.

The lignine is easily extracted from the sawmill residues that were produced in the 15 years *E. grandis* sawing due to the high percent of young wood present. This is one of the causes of they have a low basic density.

The use of these residues (generated in the forest and in the sawmill) is practicable in economic and technical ways but the optimum equilibrium point should be established mainly in respect to the mean basic density of the obtained wood mixture and to pulpatation process efficiency.

1 INTRODUÇÃO

Hoje, no Brasil, a madeira proveniente de maciços florestais implantados, quase em sua totalidade, abastece as empresas de celulose e chapas de fibras.

Dentre as indústrias de base florestal, o Setor de Celulose e Papel é o que se apresenta mais organizado e mais competitivo em termos de mercado. No Brasil, a comercialização de celulose concentra-se no tipo sulfato branqueada, também denominada celulose fibra curta. Até a década de 80, no exterior, a celulose de fibra longa mostrou-se preponderante sendo, inclusive, a referência para o estabelecimento dos preços. Entretanto, o expressivo aumento da participação da celulose de fibra curta, introduzida no mercado pelos países então chamados de não-tradicionais produtores (Brasil, Portugal e Espanha), reverteu esse quadro, deslocando a fibra longa em sua trajetória de crescimento (BANCO, 1994). No Brasil, o gênero *Eucalyptus* é responsável pela maior porcentagem da produção de celulose de fibra curta, sendo que no ano de 1999 foram produzidas cerca de 5.257.000 t de celulose de fibra curta, um aumento estimado em cerca de 5.5% quando comparado ao ano de 1998 (SETOR, 1999).

Apesar do setor de celulose e papel no Brasil, ser bem organizado e a projeção de mercado ser de uma alta demanda de papel para o futuro, têm

ocorrido situações de oscilações de mercado, como aquela que entre os anos 1990 a 1993 onde a celulose de eucalipto caiu de US\$ 750/t para US\$ 340 por tonelada, sendo que somente a partir de 1994 voltou a atingir o valor de US\$670/t (BANCO, 1994). Esta situação se configurou devido ao excesso de oferta de pastas no mercado internacional que consequentemente reduziu sensivelmente os preços destes produtos. Hoje se tem uma recuperação dos preços, pois BASSO Jr (2000) cita que o preço da celulose deverá atingir US\$630 no primeiro trimestre de 2000, sendo que no primeiro trimestre de 99 o valor chegou a US\$387. Em 1999, o Brasil exportou US\$ 2,252 bilhões em papel e celulose, número 13,8% superior a 1998. Apesar desta recuperação fatos como estes não devem ser esquecidos e sim considerados, principalmente quanto à possibilidade das fábricas de pasta e papel diversificarem o leque de produtos que oferecem ao mercado.

Vale salientar também que, o setor florestal, como um todo, está sentindo um aumento crescente na demanda por madeira roliça e seus produtos. Estes fatos têm levado à busca de novas alternativas que permitam aumentar a produtividade das florestas implantadas, seja através de métodos de melhoramento genético seja através de técnicas modernas de manejo silvicultural. Pelo lado fabril as próprias indústrias que utilizam a madeira de reflorestamentos também têm procurado otimizar seus sistemas de produção de modo a aumentar o rendimento dos processos industriais.

O aumento da demanda de madeira para outros fins que não a produção de pastas celulósicas, com uma redução de demanda de madeira para celulose, aliadas aos altos custos de investimentos para se implantar uma floresta plantada, mais uma manutenção que se torna cada vez mais onerosa, têm tornado a busca pelo uso múltiplo da madeira uma alternativa viável.

É evidente que esta alteração de política industrial necessita de medidas que viabilizem os usos múltiplos da floresta, possibilitando novas fontes de receitas, as quais no somatório viabilizem o empreendimento florestal.

Assim, ações de este tipo poderão, se conduzidas corretamente, levar a uma valorização da madeira e seus derivados como produtos de mercado, deixando de ser comercializada como simples matéria-prima, por exemplo, para a produção de celulose para alcançar assim maior valor agregado.

Esta situação pode levar a uma busca de plantios com espécies mais flexíveis quanto às possibilidades de usos da madeira, possibilitando que se implante uma floresta para a produção de celulose e portanto, atendendo às características exigidas nas madeiras para a manufatura deste produto, possa também ter sua madeira destinada a outros usos.

As empresas de celulose e papel normalmente utilizam em seus processos de fabricação, madeira de árvores de plantios artificiais de *Eucalyptus* spp, abatidas com idade aproximada de 7 anos.

Na sua grande maioria, tanto o manejo, a exploração dos plantios e o abate das árvores é feita através de metodologia que tem visado o menor tempo possível para obtenção de uma matéria-prima com características ideais para o uso nos processos de obtenção da celulose.

As empresas de celulose e papel, de um modo geral, sempre procuraram atingir este tempo mínimo de permanência da madeira no campo, buscando assim maiores lucros que as permitam fabricar e comercializar

celulose dentro de uma conjuntura econômica mundial, podendo-se hoje dizer global, onde as principais metas são as seguintes:

- Uma cobrança cada vez maior por obtenção e manutenção de uma qualidade total de seus produtos;
- Um acirramento da concorrência como pressão de alta dos custos fixos;
- Acúmulo das exigências de proteção ao meio ambiente, com exigências de utilização cada vez maior de fibras secundárias e, estabelecimento de eco-taxas.

Neste trabalho procurou-se avaliar como “caso problema” a situação de uma empresa que havia planejado uma duplicação de sua planta para produção de celulose para exportação, cujos planos não se concretizaram, provavelmente devido as incertezas do mercado futuro de celulose, levando assim a um excedente de madeira.

A madeira neste caso ficará por muito mais tempo no campo e atingirá volumes superiores àqueles comparados às árvores utilizadas em situações normais. Este aumento em volume pode viabilizar esta madeira para utilização em serraria, sendo que os resíduos originados poderiam ser utilizados no processo da fábrica. Assim, dentro dos níveis de conhecimento atual, ficam as perguntas:

- Será possível a utilização racional, de sua madeira sem afetar a Qualidade final do produto (celulose)?
- Qual ou quais as formas mais adequadas de utilização desta madeira?

No intuito de contribuir para a resolução de problemas destes tipos, teve-se como proposição principal deste trabalho a caracterização da madeira

de *Eucalyptus grandis* com 15 anos destinado a uso múltiplo. Neste caso procurou-se avaliar o comportamento desta madeira frente a processamento em serraria e, caracterização de seus resíduos para a utilização em polpa de celulose.

2 OBJETIVOS

Este trabalho teve como objetivo, determinar o potencial de uso e, implicações no processo de fabricação em celulose, dos resíduos originados de um plantio de *E. grandis* de 15 anos manejado para madeira serrada. Este objetivo foi subdividido nas seguintes metas:

- verificar a quantidade de material comercial gerado no maciço em questão;
- determinar o rendimento da madeira serrada após processamento mecânico e quantidade de resíduo primário originado;
- verificar o comportamento do material em situação de mistura com *E. grandis* 7 anos quando utilizado para produção de polpa de celulose.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Qualidade da madeira

FOELKEL & BARRICHELO (1975), comentam que a árvore como um ser vivo, sofre influências de diversos agentes como: solo, clima, altitude, práticas silviculturais. Podendo assim ser constatado o desenvolvimento de diferentes características entre árvores até de mesma espécie.

Segundo FOELKEL *et al.* (1983), qualidade de uma madeira para um dado fim pode ser definida como a somatória de suas características que a torna viável para um uso específico. Sendo que ZOBEL *et al.* (1983), alegam que é difícil definir qualidade de madeira, sendo possível quando o produto final é conhecido. No entanto, para todos os produtos e todas as espécies de madeiras, quanto maior a uniformidade melhor.

Segundo BUSNARDO *et al.* (1983), o estudo de inter-relações entre as características da madeira que definem a sua qualidade e as propriedades da celulose e papel resultante tornou-se bastante popular nos últimos anos. Inúmeros trabalhos, tanto de revisão bibliográfica como de pesquisas aplicadas, surgiram para mostrar como determinadas propriedades podiam ser alteradas para a produção de celulose de características diferentes. De acordo com isto, enfoques sobre a caracterização da madeira são muito importantes do ponto de vista do seu uso final. É através de correlações existentes entre os

parâmetros analisados desta caracterização, que podem ser formuladas hipóteses sobre o comportamento do material sob diferentes condições de processamento industrial e qualidade final do produto.

Desde que estabelecida uma qualidade para madeira, sua variação exige mudanças operacionais na fábrica de celulose, que também leva a uma maior dificuldade no controle da uniformidade do produto final. Os próprios parâmetros de qualidade ficam mais difíceis de serem controlados, o que redundaria em produtos de qualidade variável, o que é pouco desejável pelos consumidores (FOELKEL, 1978).

Conforme relata GOMIDE (1986), para a produção de celulose e papel de alta qualidade, é indispensável que a madeira utilizada apresente características químicas, físicas e anatômicas compatíveis com o produto final a ser confeccionado. Essas características dependem tanto da espécie como das práticas silviculturais e do manejo dos povoamentos florestais. BUSNARDO *et al.* (1983) comentam que, a qualidade da madeira pode ser estabelecida pela adequação da matéria-prima para determinada utilização final.

Dessa maneira, a qualidade pode ser associada à sua versatilidade, sendo tanto mais elevada quanto mais diversificada for a sua utilização.

3.2 Uso múltiplo da madeira

Na maioria das situações, o objetivo principal de uma floresta é a produção de madeira, tendo como opções a produção de madeira para obtenção de cavacos, ou para obtenção de produtos nobres como laminados,

faqueados, etc. Dependendo do fim principal a que se destina, devem ser estabelecidas técnicas de manejo para a condução do povoamento (NICOLIELO, 1985).

A grande maioria das florestas plantadas com eucaliptos no Brasil são manejadas para produção de pequenos fustes para uso como fibra ou como energia. Essas florestas são implantadas sem preocupação com as características das madeiras para outra finalidade que não seja de celulose, por isso é muito difícil o aproveitamento dessa madeira para produção de madeira serrada, esquadrias e outros produtos de alto valor (PONCE, 1995).

Sempre que se verifica as possibilidades de usos de madeiras deve-se eleger algumas especificações gerais, como por exemplo, se a madeira é para toras para laminação, estas devem ser retas, com pequeno comprimento, grande diâmetro, livre de nós, pequena conicidade e, reduzida incidência de grã espiralada. Se a madeira é para toras para serraria, estas devem ser retas, com grande comprimento, grande diâmetro. Se é para postes, normalmente os troncos devem ser de grande comprimento, boa retidão, diâmetro da base, pouca conicidade, reduzida incidência da grã espiralada, boa resistência e adequação aos tratamentos preservativos.

Portanto pode se notar que há possibilidades de se adequar diferentes espécies para mesmo uso ou, diferentes usos para uma mesma espécie, a grande tarefa é entender a vocação da madeira e dar a ela o melhor destino. Assim, como visto, definir “qualidade da madeira” fica difícil.

Segundo FERNANDES (1983), com a retração econômica, uma série de projetos industriais de implantação e ampliação de florestas tornaram-se

inviáveis. Como consequência, o "valor madeira" ficou submetido a um processo de achatamento, pela natural queda da demanda. Nessas condições, ao empresário florestal sobra a opção de condução alternativa de sua floresta, visando usos múltiplos do material lenhoso a ser produzido.

SARAVIA *et al.* (1991), comentam que o uso múltiplo tem sido encarado sob pontos de vista variados, e até mesmo opostos, o que dá margem a interpretações diversas. Duas teorias resultaram da interpretação dos diferentes conceitos de uso múltiplo: teoria da igual oportunidade para a utilização dos recursos, onde nenhum uso tem prioridade sobre outro, sendo, então, o objetivo da teoria mais conservacionista; teoria do uso dominante onde requer a separação, no espaço e no tempo, de usos florestais competitivos, de modo a maximizar os benefícios.

O termo uso múltiplo teve sua origem e formação nas florestas dos países desenvolvidos. Atualmente o conceito é utilizado no mundo inteiro, mas sem nenhuma linha de aplicação definida. A história do uso múltiplo é a história das florestas, e uma discussão sobre isso é, de certa forma, controversa e complicada, no momento de se procurar sua melhor aplicação. O planejamento da aplicação do uso múltiplo em florestas não tinha sido feito até então, mas inconscientemente tem sido praticado ao se manejar as florestas sob os critérios de rendimento sustentado.

Algumas empresas que possuem florestas mais antigas e árvores com dimensões adequadas estão fornecendo madeira de eucalipto para serraria e laminação. Outros procuram manejar suas florestas para produção de toras, visando diversificar a produção florestal para enfrentar possíveis crises setoriais como as que ocorreram recentemente. Entretanto, a maior

preocupação é como obter produtos, madeira no caso, de melhor qualidade, e consequentemente com maior valor agregado (COUTO, 1995).

Segundo BULHÕES *et al.* (1995), após o período crítico pelo qual passou o mercado internacional de celulose, aliado à auto-suficiência atingida por várias empresas do ramo, possibilitou para que o setor, e em particular as produtoras de madeira como a Florestas Rio Doce S/A, repensasse o seu modelo de produção, pesquisando outras formas de aproveitar racional e economicamente seus maciços florestais, de maneira a explorar integralmente o seu potencial madeireiro.

Conforme comenta NICOLIELO (1985), é de suma importância ter em mente a floresta como um todo, procurando diferentes alternativas de uso múltiplo que possibilitem sua integração. Segundo NAHUZ (1995), os reflorestamentos são implantados com objetivos industriais claramente definidos. Entretanto, muitas vezes as condições econômico-financeiras prevalescentes na época da intervenção na floresta, forçam a busca de mercados intermediários e usos alternativos para madeira produzida. Esta poderá ser o produto de um desbaste, ou do corte de plantios antigos e de árvores maduras de grandes dimensões, madeira proveniente de operações de salvamento, e de outras origens não-regulares, ou mesmo o produto de uma operação normal.

3.3 Crescimento das árvores

O crescimento em altura nas árvores está associado ao meristema apical, enquanto o crescimento em diâmetro é resultado da atividade das

células do câmbio vascular que é um meristema lateral que produz xilema (lenho) e floema (casca) através de divisões periclinais (MOREY, 1980).

O tecido cambial é formado por células iniciais fusiformes que são mais longas do que largas, com formato de fuso, é aproximadamente prismática na parte central e em forma de cunha nas pontas, constituem o sistema axial do xilema secundário (fibras, traqueides, parenquima axial e elemento de vaso). Outro tipo de célula cambial é a inicial radial que varia de ligeiramente alongada a aproximadamente isodiamétrica, constitui o sistema radial (raios) do xilema secundário (GEMMELL, 1981).

O crescimento em diâmetro do caule é realizado devido a divisão tangencial das células iniciais fusiformes, que se dividem em duas, uma permanece meristemática como cambial inicial e a outra cresce, se divide uma ou mais vezes diferenciando-se em célula madura do floema ou xilema. A espessura do xilema é muito superior à do floema devido as iniciais cambiais produzirem maior número de célula-mãe de xilema do que de floema que perde sua atividade, se desloca para o exterior e vem a constituir a casca externa (PANSIN, DE ZEEUW & BROWN, 1980).

A atividade cambial está ligada a fenologia da árvore e condições climáticas, sendo os componentes energéticos e os hormônios (auxinas e giberelinas) responsáveis pela periodicidade do crescimento cambial que condiciona à formação de anéis de crescimento nos troncos das árvores, que muitas vezes não são nítidos em árvores tropicais por não apresentarem estações do ano bem definidas (ALVIM, 1965).

Esses anéis apresentam um aspecto concêntrico quando observados no plano transversal e em forma de cones superpostos quando vistos no plano longitudinal-tangencial. O crescimento do anel começa na primavera indo até

um ou dois meses antes da queda das folhas no outono, esta fase é marcada por alta produção fotossintética e alta síntese de auxinas. A medida que a estação avança, cessa o crescimento foliar, a síntese de auxinas declina. O anel formado na primavera recebe o nome de lenho primaveril, apresenta células com paredes delgadas, diâmetro maior e comprimento relativamente menor do que as do lenho tardio, ou seja, o anel formado no fim do período de crescimento (MOREY, 1980).

Em síntese, atividade cambial é associada a concentração de hormônios auxinas e giberelinas, sofrendo forte influência ambiental, o que explica a formação de anéis de crescimento.

Do ponto de vista tecnológico o xilema é denominado madeira e o floema, casca. Resultante dessa atividade, os tipos de células formadas vão se modificando com o passar dos anos, refletindo-se nas outras características da madeira, inclusive densidade. A planta que cresce mais em diâmetro possui, o que é óbvio, uma maior atividade relacionada com a divisão celular, podendo ou não ser acompanhada por equivalente espessamento da parede celular (SETOR, 1984).

O caule de uma árvore pode ser dividido em duas regiões, uma próxima à medula, proveniente de crescimento inicial, denominada de madeira juvenil, e outra na porção externa do tronco denominada madeira adulta.

3.4 Madeira juvenil

A madeira com características juvenis forma um cilindro no centro da árvore, estendendo-se da base até o topo. Dessa forma, o topo de árvores adultas contém essencialmente madeira juvenil (JANKOWSKY, 1979).

ZOBEL & BUIJTENEN (1989) citam que, madeira juvenil ocorre em coníferas e folhosas, normalmente é menos evidente em folhosas, ou seja, a madeira de folhosas apresenta uma maior homogeneidade do centro para a casca ou da base ao topo, em termos de densidade básica e comprimento de fibra.

Segundo CASEY (1980) a madeira juvenil é formada durante os primeiros estágios de crescimento da árvore, geralmente considerada a parte restrita de 10 a 12 anéis de crescimento, sendo a madeira madura formada após estes 10-12 anéis. Concordando assim com a afirmação de ZOBEL & BUIJTENEN (1989) que, idade da árvore usualmente não é considerada de importância para determinar madeira juvenil, as características de madeira juvenil e adulta são normalmente associadas ao número de anéis que separa o câmbio do centro da árvore, ou próximo a copa.

Segundo ZOBEL & BUIJTENEN (1989) é difícil separar idade absoluta da árvore com o conceito de madeira juvenil, muitos tem a impressão que árvores jovens produzem apenas madeira juvenil, o que é correto mas que árvores tidas como velhas produzem apenas madeira madura é incorreto, pois podem formar madeiras jovens também. Da fase juvenil para a madura há uma zona de transição.

As características das madeiras juvenil e adulta da mesma árvore diferem sensivelmente. Madeira juvenil possui fibras curtas e de paredes delgadas, baixa densidade, altos teores de lignina e de madeira de reação (RELAÇÕES, 1975).

Segundo ZOBEL & BUIJTENEN (1989) não há correlação entre idade de transição de madeira juvenil para adulta pela densidade básica e comprimento de fibras. A formação de madeira juvenil com respeito a densidade básica ocorre com 5-6 anos para *P. elliottii*, *P. caribaea* e *P. radiata*, 10 anos para *P. taeda* e 20 anos ou mais para *P. ponderosa*. O número de anos para que o comprimento de fibra se mantenha constante varia de espécie para espécie, sendo que em *P. radiata* o aumento no comprimento da fibra ocorre até os 12-15 anos e em *E. gigantea* o comprimento da fibra pode aumentar até os 20 anos.

Segundo CASEY (1980), madeira juvenil apresenta fibras mais curtas e finas que madeira adulta. Papel onde predomina fibra juvenil pode ser fraco em resistência ao rasgo, mas forte na resistência das ligações entre as fibras (tração, arrebentamento e dobra).

ZOBEL & BUIJTENEN (1989) folhosas de curta rotação, como é o caso de *Eucalyptus* spp e *Gmelina* spp, normalmente são utilizados entre 5-8 anos de idade, estas árvores são constituídas totalmente de madeira juvenil o que não implica em grandes alterações nos produtos finais, pois estas são muito similares a madeira adulta

Em termos percentuais fica difícil de se calcular valores de madeira juvenil e de madeira adulta em cavacos de madeira, pois a quantidade relativa de madeira juvenil incluída nos cavacos depende da idade da árvore, do tempo de exploração e o método de picagem.

Se madeira roliça é picada, fração inteira de madeira juvenil e madeira madura podem ser incluídas. Se os cavacos são resíduos de serraria, poucos

cavacos podem ser juvenis e quase tudo será composto de madeira madura. Quando árvores jovens e pequenas são picadas em sua totalidade para polpação isto implica em uma alta porcentagem de madeira juvenil, esta madeira normalmente apresenta características satisfatórias para polpação, a menos que a podridão tenha sido estabelecida CASEY (1980).

Pode-se imaginar que, com o passar dos anos o lenho das árvores vão perdendo as características de madeira juvenil, o que poderá afetar sensivelmente suas características físicas, químicas e anatômicas, refletindo assim em mudanças no processo utilizado como também na obtenção do produto final.

3.5 Resíduo de madeira

Por muitas vezes associamos o termo resíduo de madeira como um problema, pois sua utilização gera custos por muitas vezes evitados. Porém o conhecimento da quantidade e da qualidade deste material pode gerar possibilidades de uso que viabilizem o seu manuseio.

Segundo FORSSTROM & THOREN (1984), indústrias de celulose e papel da Suécia, têm resolvido muitos problemas relacionados com o uso de resíduo de serraria para produção de papel e embalagem.

Normalmente resíduo de madeira é material excedente de uma operação, porém estas operações variam, o que gera uma diferenciação no volume e composição deste resíduo.

O termo resíduo de madeira é usado de forma genérica, pois pode ser definido como: resíduo florestal, resíduo primário e resíduo secundário.

3.5.1 Resíduo florestal

Resíduo florestal seria aquele proveniente após a operação de colheita das árvores nas florestas. Este material representa uma significativa parte do total removido de uma floresta, é composto por partes quebradas de árvores, toras que não atingiram dimensões mínimas de uso, parte superior da árvore (ponta), ou outras partes da árvore de valor insuficiente que justifique sua remoção (ESTEP, s.d.).

BEIGEL'MAN *et al.* (1987), concluíram a viabilidade da utilização de resíduo florestal (topo da árvore, galhos e tocos) de madeiras da Sibéria como *Pinus* sp, *Larix* sp, *Picea* sp e *Abies* sp, para a produção de polpa kraft branqueada e de alto rendimento não-branqueada.

GELES *et al.* (1982), estudaram a possibilidade do uso de resíduos florestais de algumas gimnospermas para produção de polpa kraft. Concluíram que, polpas com 30% de resíduo florestal de pinus associado a 70% de pinus convencional, como também, polpas com 15% de resíduo florestal de betula misturados como 85% de pinus convencional, melhoram as propriedades da polpa kraft.

Outra parte da árvore que é definida como resíduo florestal é a casca. A casca das árvores seria os tecidos do eixo cilíndrico de uma árvore que ocorre do lado externo ao câmbio, além de sua função fisiológica e mecânica, pode ter aplicações tecnológicas muito significativas.

A casca ocorre no *Eucalyptus* spp em proporções volumétricas de 10 a 30%. Como a densidade da casca é menor do que a da madeira a proporção em peso é da ordem de 5 a 20% FOELKEL *et al.* (1977). LIMA & SPERANDIO (1990) citam que casca pode representar de 6 a 40% do volume total de uma árvore, sendo esta porcentagem maior em árvores jovens de rápido crescimento. Sendo que, *Eucalyptus grandis* de 9 anos apresentaram 11,82% de casca em relação ao volume para árvores de menores diâmetros e, 7,90% para as mais grossas.

A casca pode ter diversas finalidades, como por exemplo: produção de cortiça, chapas de fibras, fabricação de telhas, combustível, polpa celulósica, ou mesmo mantida no campo com finalidade nutricional. Porém todos estes usos exigem cuidados quanto as alterações que devem sofrer o processo tecnológico, e a qualidade do produto final.

Segundo CASEY (1980) a quantidade de casca que pode ser tolerada no processo de polpação depende da operação e do equipamento utilizado, como também qual a finalidade da polpa. A maioria das empresas preferem ter no máximo 1% ou menos de casca por peso seco de cavacos em seus processos, porém normalmente elas excedem este limite.

Quando a casca é utilizada para celulose branqueada, o descasque ocorre no pátio da fábrica, neste caso apenas as fibras são aproveitadas, a medula, que corresponde a 40% do peso total da casca constitui-se num subproduto que pode ser utilizado para produção de chapas, adubo, álcool, combustível. Neste caso a qualidade da celulose branqueada do eucalipto não é alterada pelo uso de casca desmedulada FOELKEL *et al.* (1977).

Segundo ZOETTI (1980) a retirada no campo das toras com casca implica em perdas de nutrientes, interessante seria devolver esta casca no campo, porém caso o descascamento e picagem da casca ocorra no local de utilização da tora, pátio de serraria, por exemplo, esta atividade se torna anti-econômica, também pode-se considerar que este déficit nutricional pode ser corrigido através de uma adubação mineral.

A utilização da casca em diversas finalidades não deve ser desconsiderada, porém vale salientar os custos e alterações no processo e produtos obtidos, que por muitas vezes torna impraticável seu aproveitamento. Como é o caso dos processos de polpação, situação onde a casca não é desejada por causar menor eficiência no digestor, maior consumo de químicos e, por aumentar a porcentagem de sujeiras na polpa, como também enfraquecê-la.

3.5.2 Resíduo primário (Costaneira, Serragem)

O resíduo primário seria o originado por operações de transformações na madeira, como por exemplo serraria (ESTEP, s.d.). Na serraria a parte externa da tora (costaneira) não é serrada em tábuas, e este material residual pode ser picado na forma de cavacos e, ser utilizado em processos de celulose e papel CASEY (1980).

Este resíduo, costaneiras de serraria em forma de cavacos, pode representar uma significativa fonte de madeira quando é considerada a utilização mais intensa da madeira roliça para serrarias e outros processos.

Em 1970, nos Estados Unidos, mais de 79 milhões de m³ deste tipo de resíduo foi encaminhado para produção de celulose, aglomerados e outros

produtos. Sendo que deste total, cerca de 50 milhões de m^3 foi utilizado somente pelas indústrias de celulose e papel. Destes 50 milhões de m^3 , 10% foi exportado na forma de cavacos e 84% foi consumido pelas indústrias de celulose e papel do Noroeste do Pacífico para produção de celulose, papel e papelão (ESTEP, s.d.).

Outro resíduo primário gerado em serraria e nos setores de picagem de cavacos em fábricas seria a serragem. Segundo FOELKEL *et al* (1978) toda vez que uma tora é reduzida é formada de 2 a 5% de serragem, base peso seco de madeira.

Um problema enfrentado pelos técnicos é o de mensurar costaneiras e serragem originados a partir de madeira sólida. Segundo CASEY (1980) os cavacos obtidos a partir das costaneiras e a serragem podem ser medidos volumetricamente como também gravimetricamente. Sendo aconselhado usar como fatores de conversão para $1m^3$ de madeira sólida, $2,26m^3$ de serragem e $2,0m^3$ de cavacos.

Diversos estudos foram realizados, principalmente na década de 70, quanto as possibilidades de utilização da serragem, dentre elas podemos citar: energia, polpação, compensados, chapa partícula, MDF.

No caso específico das empresas de celulose e papel dos Estados Unidos, foi constatado que a serragem apresentava características diferentes quando comparadas aos cavacos convencionais, portanto optou-se pela utilização desta matéria-prima em um digestor separado CASEY (1980).

Serragem quando misturada a cavacos para polpação química de celulose implica em um maior cozimento da serragem, pois a proporção de serragem normalmente é inferior quando comparada ao do cavaco que exige condições mais drásticas para polpação. Este super cozimento gera uma maior degradação de carboidratos portanto o rendimento será reduzido como também a resistência desta polpa. Como a superfície para reação é maior na serragem, esta consome mais alcali diminuindo assim a disponibilidade de reagentes para os cavacos, o que pode aumentar o teor de rejeitos como também ocasionar entupimento das peneiras do digestor.

Segundo CASEY (1980) serragem exige de 16 a 18% (Na_2O) de alcali ativo e 25 a 30 minutos de cozimento, salientando a afirmação de FOREST (1964) onde serragem geralmente não é bem aceita para polpação devido a mudanças tecnológicas e fatores econômicos que envolvem o seu uso.

3.5.3 Resíduo secundário

O resíduo secundário é composto por paletes, caixarias de construção civil e outros rejeitos. Este resíduo está localizado, em sua grande maioria, em grandes centros urbanos e de forma bem distribuída. Devido sua composição heterogênea e localização dispersada, seu uso não é considerado viável quando comparado ao resíduo primário (ESTEP, s.d.).

3.6 *Eucalyptus grandis*

Atualmente, a espécie mais plantada e conhecida, primeiro pela alta qualidade de sua celulose e, segundo, pela facilidade de se obter sementes puras, é o *Eucalyptus grandis*.

A espécie apresenta árvores com desenvolvimento excepcional, com alturas excelentes e ótimos diâmetros. O crescimento monopoidal é violento, com ramificações muito finas e desrama natural boa (BUSNARDO *et al.*, 1978).

Conforme KAGEYAMA *et al.* (1979), dentro das espécies de rápido crescimento, o *E. grandis* apresenta qualidades, tais como, bom incremento volumétrico e boa forma de tronco. Segundo BUSNARDO *et al.* (s.d.), esta espécie é sub-tropical e apresenta desenvolvimento excepcional mesmo em regiões tropicais.

Entre os principais parâmetros da madeira destacam-se a densidade, características das fibras, vasos e parênquima e teores de celulose, lignina, pentosanas e extrativos. Enquanto que estes últimos respondem pelos aspectos quantitativos de rendimento e consumo de produtos químicos nos cozimentos, os aspectos físicos e anatômicos estão mais diretamente relacionados com a qualidade da celulose traduzida pelas resistências físico-mecânicas, e características superficiais e ópticas (BARRICHELO *et al.*, 1983).

3.6.1 Densidade básica

A densidade básica é um dos principais parâmetros utilizados na avaliação de uma determinada madeira quando se pretende usá-la como matéria-prima para produção de celulose. Esta importância deve-se ao fato da densidade básica estar relacionada com vários parâmetros do processo de produção de celulose, tais como rendimento bruto e depurado, teor de rejeitos, consumo de reagentes químicos, entre outros (SILVA JÚNIOR, 1993).

Segundo FOELKEL (1978), a densidade básica da madeira é uma característica complexa que se relaciona a anatomia e a química da madeira,

dando uma segura indicação do teor de matéria seca que um dado volume de madeira possui. Este parâmetro é bem associado ao teor de celulose e extrativos da madeira, ao teor de vasos e parênquima, a espessura da parede celular, ao teor de lenho tardio, dentre outros.

Segundo BARRICHELO *et al* (1982), é uma característica bastante complexa, resultante da combinação de diversos fatores (genéticos e ambientais), sendo que variações consideráveis são observadas entre espécies, entre árvores de um mesmo povoamento, e dentro da própria árvore, de acordo com a posição da amostragem.

A densidade básica de *Eucalyptus* spp, no sentido base-topo, tende a decrescer da base até o DAP (diâmetro à altura do peito) e tende a aumentar do DAP ao topo, sendo que no caso do gênero *Pinus* spp a densidade tende a diminuir com a altura BARRICHELO *et al* (1986).

MANFREDI (1985) constatou que, a densidade ao longo do tronco de *E. grandis* de 7 anos e meio decresce acentuadamente da base até 10 e 20% da altura total, apresentando a seguir, aumento praticamente linear até o topo, onde os valores de densidade foram os maiores de todo tronco e os menores para rendimento depurado.

Estas diferenças encontradas ao longo do tronco de árvores de *Eucalyptus* spp poderia ser justificada pelo modelo de crescimento das árvores que o gênero apresenta. Sendo que dentro de uma mesma árvore podemos encontrar madeira juvenil e adulta, conforme já citado anteriormente.

Segundo BUSNARDO *et al.* (s.d.) *E. grandis* apresenta densidade entre 0,450 a 0,550 g/cm³. FERREIRA & KAGEYAMA (1978) comentam que, *E. saligna*, *E. grandis*, *E. dunnii* e *E. botryoides*, apresentam densidade média de madeira muito semelhantes e em torno de 0,430 g/cm³ a 0,500g/cm³. No entanto CARPIM & BARRICHELO (1983) citam como densidade básica do *E. dunnii* como de 0,517 g/cm³. Já *E. pilularis*, *E. resinifera*, *E. urophylla* e *E. propinqua* pertencem ao grupo que a densidade varia em torno de 0,500 g/cm³. O *E. microcorys* com 0,610 g/cm³ e *E. cloeziana* com 0,603 g/cm³. Pode-se concluir que há variação de densidades entre espécies. De acordo com HARRIS (1965) existem diferenças na densidade da madeira formada em localidades distintas e que a variação entre árvores, dentro de cada área, é grande.

No aspecto diâmetro correlacionado com densidade básica, dá para se concluir que não há uma regra geral para o gênero *Eucalyptus* spp. Provavelmente as diferenças encontradas por alguns autores, com relação a classes de diâmetros e a densidade, poderiam ser explicadas pelos diferentes materiais genéticos estudados.

VASCONCELLOS DIAS & CLAUDIO-DA-SILVA JR (1985), relacionando densidade básica com rendimento do cozimento, constataram que entre madeiras com densidades básicas baixas (0,418 - 0,470 g/cm³) o rendimento do cozimento se mostra superior e, entre madeiras mais densas (0,470 - 0,666 g/cm³) há um decréscimo no rendimento e aumento no teor de rejeitos, porém pode-se constatar um crescente aumento da capacidade de produção com o uso de madeiras mais densas.

SHIMOYAMA & BARRICHELO (1991), verificaram a influência de algumas características anatômicas e químicas sobre a densidade básica da

madeira de *E. grandis*, *E. saligna* e *E. urophylla*. Para *E. grandis*, a densidade dependeu principalmente do diâmetro do lume e da largura da fibra. No caso do *E. saligna* a mesma mostrou ser função do comprimento, da largura e, principalmente da espessura da parede das fibras. Porém BARRICHELO *et al* (1983), correlacionando as características das fibras com a densidade básica do *E. grandis*, constataram alta correlação com o comprimento, diâmetro do lume e espessura da parede da fibra, sendo que a largura da fibra permaneceu, em termos gerais constante.

VASCONCELLOS DIAS & CLAUDIO-DA-SILVA JR (1985), analisando híbridos de *E. grandis* de 7 anos com densidades básicas variando entre 0,418 e 0,666 g/cm³ constataram que, as madeiras mais densas (0,470 - 0,666 g/cm³) apresentaram maior teor de lignina, menor de hemiceluloses, maior espessura de parede e menor diâmetro do lume. Sendo que não foi constatada correlação entre comprimento de fibra e teor de extrativos com densidade básica.

Segundo ZOBEL *et al* (1989) a densidade básica da madeira é altamente correlacionada com propriedades de resistência da madeira, rendimento e qualidade da polpa, sendo que a maioria das propriedades de polpa e papel estão associadas a densidade básica. Apesar de vários fatores afetarem a densidade, a espessura de parede e o teor de extrativos, no caso de folhosas, foram as características que se mostraram de maior efeito sobre a densidade.

Pode ser verificado que, as influências das características da madeira sobre a densidade básica estão ligadas à espécie, a fatores genéticos, fatores ambientais, manejo e condução da floresta, dentre outros fatores. Outra observação foi quanto às variações da densidade dentro de uma mesma árvore, sendo que os autores justificam através dos modelos de crescimento

específico de cada gênero, não podendo ser generalizado para qualquer material.

3.6.2 Características anatômicas

O principal objetivo da investigação anatômica é determinar a relação existente entre as características estruturais da madeira e seu uso. Como exemplo, as dimensões das fibras são indicações importantes das propriedades da celulose e sua adequação na fabricação de um determinado tipo de papel.

Entre as principais dimensões das fibras se destacam o comprimento, a largura, o diâmetro do lume e a espessura da parede celular. Muitas vezes estas dimensões das fibras, isoladamente, não nos permite atingir grandes conclusões. Porém ao agrupá-los, sob diversas formas resultam em índices que nos auxiliam na interpretação da qualidade da madeira. Tais como Índice de Runkel, Índice de Enfeltramento, Coeficiente de Flexibilidade e Fração Parede.

O Índice de Runkel é uma característica que bem se relaciona à rigidez da fibra e à sua capacidade de inter-ligação. Desaconselha-se produzir celulose com fibras cujo índice seja superior a 1,5. As espécies de alta densidade costumam cair nesta situação (FOELKEL, 1978). Este índice é a relação entre duas vezes a espessura da parede e o diâmetro do lume, sendo considerada celulose de boa qualidade a que apresentar índice inferior a 1 (FOELKEL & BARRICHELO, 1975). HIGGINS *et al.* (1973), citam que o Índice de Runkel é a relação que exerce maior influência sobre a densidade básica da madeira. WILKES & ABBOTT (1983), constataram que árvores de maior

diâmetro, de algumas espécies de *Eucalyptus* spp, apresentavam maior espessura da parede e, por consequência, um maior Índice de Runkel.

A Fração Parede associa-se à facilidade de colapso e flexibilidade para ligação das fibras. Fibras com fração parede acima de 60% são muito rígidas e a inter-ligação das mesmas é prejudicada (FOELKEL, 1978). Segundo FOELKEL & BARRICHELO (1975), a Fração Parede é a relação entre a espessura da parede e a metade da largura da fibra, sendo considerada celulose de baixa qualidade a que atingir valores superiores a 40%, pois são fibras extremamente rígidas, pouco flexíveis, com boa resistência ao rasgo e menor resistência à tração e ao arrebatamento. A Fração Parede indica a quantidade de celulose e lignina presente nas fibras, de tal modo que, quanto mais alta for a Fração Parede, tanto mais celulose e lignina terão as fibras. Por exemplo, um valor de 75% indica que 25% do espaço corresponde ao citoplasma enquanto 75% é ocupado por fibra constituída de celulose e lignina (PAULA & ALVES, 1989).

O Índice de Enfeltramento é uma característica que indica o afilamento da fibra. Para as fibras longas, o índice varia de 70 a 80 e para o eucalipto de 40 a 50 (FOELKEL, 1978). É a relação entre o comprimento da fibra e sua largura, não fornece correlação com a propriedade da celulose (FOELKEL & BARRICHELO, 1975)

O Coeficiente de Flexibilidade indica a habilidade para ligação das fibras. Quanto maior a flexibilidade das mesmas, maior a sua possibilidade de colapso durante o refino. Com isso, ocorre maior ligação entre as fibras, aumentando as resistências ao estouro e tração, e, diminuindo a opacidade e a resistência ao rasgo (FOELKEL, 1978). O Coeficiente de flexibilidade é a relação entre o diâmetro do lume e a largura da fibra, quanto maior este valor

mais flexível se mostra a fibra (FOELKEL & BARRICHELO, 1975). Algumas literaturas consideram este coeficiente como Coeficiente de Rigidez.

O Coeficiente de Rigidez é a razão porcentual do diâmetro do lume da fibra sobre o diâmetro da fibra. O Coeficiente de Rigidez e o Índice de Runkel indicam o grau de colapso que sofrem as fibras durante o processo de fabricação de papel. Quanto mais baixo o Índice de Runkel e mais alto o Coeficiente, maior será o grau de colapso (achatamento) das fibras, produzindo maior ligadura entre si, e, conseqüentemente, produzindo papel mais resistente ao rasgo e ao estouro. Fibras com Índice de Runkel abaixo de 1 e coeficiente acima de 60% são consideradas de boa qualidade para produção de papel. Paredes finas induzem a coeficiente de rigidez altos e índice de Runkel baixo. Portanto, é de fundamental importância o conhecimento destes parâmetros para qualificação de madeiras destinadas à produção de papel (PAULA & ALVES, 1989).

GONZAGA *et al.* (1983), avaliaram anatomicamente madeira de *E. viminalis* com cerca de 9 anos e 5 meses. Os resultados encontrados para comprimento de fibra foi de 0,873 mm, largura de 19,62 μ m e espessura de parede de 3,36 μ m. Com relação aos vasos, comprimento de 0,271 mm e largura de 0,158 mm. Concluíram que, as fibras embora apresentassem valores médios para comprimento e espessura da parede ligeiramente inferiores aos normalmente encontrados, isto não impede o uso desta espécie para finalidade de celulose e papel. As dimensões dos elementos de vasos foram bastante similares aos obtidos em *E. saligna* e *E. grandis* nesta idade. As relações entre as dimensões das fibras indicaram Índice de Runkel de 0,521, Índice de enfeltramento de 44,50, Coeficiente de flexibilidade de 65,75% e fração parede de 34,25%. Indicando baixo valor para Índice de Runkel e fração parede, e um elevado valor para coeficiente de flexibilidade. Certamente estas

características levarão a um papel com elevadas resistências à tração e arrebatamento, por outro lado, volume específico aparente e opacidade poderão ser prejudicados.

Conforme FOELKEL (1978) cita algumas espécies são ricas em células não-fibrosas, portanto indesejáveis. Estas células parenquimatosas constituem-se em "finos" no processo de fabricação do papel, entupindo telas e feltros e criando problemas diversos na reciclagem da água branca. Altos teores de parênquima são próprios de espécies que vegetam demasiado e têm necessidade de células de reserva para os elementos nutritivos que produzem. São abundantes em espécies tipicamente tropicais. WILKES & ABBOTT (1983), concluíram que a porcentagem de volume de parênquima, em algumas espécies de eucalipto não é significativamente afetado pela taxa de crescimento.

Os vasos, elementos de condução da seiva bruta no xilema dos vegetais, são elementos anatômicos curtos e largos. Vasos grandes e abundantes não são desejáveis na fabricação de papéis para impressão e escrita (FOELKEL, 1978). As paredes dos elementos de vasos e das células parenquimatosas, inclusive as dos raios são sempre finas em relação ao espaço ocupado por cada célula. Isso pode ser constatado pela fração parede que é sempre baixa. Consequentemente, madeiras ricas em parênquima axial e radial, e em vasos, notadamente de diâmetro grande, possuem baixo teor de celulose e lignina; são portanto, madeiras leves (PAULA & ALVES, 1989)

WILKES & ABBOTT (1983), comparando anatomicamente algumas espécies de eucaliptos de rápido e lento crescimento, constataram uma alta porcentagem de vasos em troncos que cresceram mais rapidamente, isto pode ser explicado pelo maior diâmetro do poro. Concordando com DAVIDSON

(1972), que estudando as relações entre densidade, diâmetro e porcentagens de vasos de *E. deglupta*, verificou que as correlações estatísticas para estas características, quando encontradas, apresentam-se negativas.

Variações dimensionais também ocorrem em vasos de diferentes espécies, sendo que BUSNARDO *et al.* (1985), constataram que os vasos da madeira de *E. robusta* são mais curtos e estreitos que os de *E. saligna*, isto implica em dificuldade de penetração do licor de cozimento à lignina.

A formação de cerne é uma característica da maioria das espécies de eucalipto. Entretanto, nas idades jovens de corte, entre 5 a 10 anos, o cerne é juvenil e sua madeira não difere significativamente da madeira do alburno. É comum mesmo, nestas idades jovens, que a madeira do cerne seja menos densa que a do alburno. A alta incidência de um cerne denso e rico em extrativos deve preocupar ao fabricante de celulose kraft, quando a madeira for proveniente de árvores muito velhas. Neste caso, os problemas mais comuns que surgem são: dificuldades na picagem, cozimento e branqueamento, resistências físico-mecânicas inferiores. Para o fabricante de celulose sulfito ou de pasta mecânica, o cerne no eucalipto é indesejável, para o primeiro, pelos teores de extrativos e dificuldades de cozimento, para o segundo, pela cor e densidade (FOELKEL, 1978).

A presença de nós em árvores de eucaliptos, provenientes de povoamentos artificiais, é reduzida. Isso porque, a forma florestal das árvores de quase todas as espécies comerciais de eucalipto é boa, com ramificações finas. Nós desenvolvidos ocorrem esporadicamente em árvores velhas, plantadas em espaçamentos amplos. Costumam ocorrer também em árvores provenientes de sementes pouco classificadas, com alta heterogeneidade genética, o que se traduz em fenótipos deficientes (FOELKEL, 1978).

BARRICHELO *et al.* (1984) após analisarem *E. grandis*, *E. saligna* e *E. urophylla* de diferentes idades, constataram maiores comprimentos de fibra e espessuras de paredes em materiais de maior idade. Concordando com BAMBER (1985), que também constatou aumento no diâmetro e queda na frequência de vasos com o aumento da idade.

HILLIS *et al.* (1984) comentam que, comprimento, espessura da parede e diâmetro do lume aumentam com a idade no caso de algumas espécies de *Eucalyptus* spp. Também constataram que o máximo de comprimento de fibra atingido por *E. pilularis* foi aos 30 anos, *E. camaldulensis* aos 20 e *E. regnans* aos 10 anos. O comprimento das fibras tende a aumentar do sentido medula-casca, sendo que no caso do *E. grandis* 5 anos não foi detectado diferenças quanto ao comprimento de fibras entre madeira juvenil e madeira adulta.

BARRICHELO *et al.* (1984) após analisarem *E. grandis*, *E. saligna* e *E. urophylla* de diferentes idades, constataram maiores comprimentos de fibra e espessuras de paredes em materiais de maior idade. Concordando com BAMBER (1985), que também constatou aumento no diâmetro e queda na frequência de vasos com o aumento da idade.

3.6.3 Características químicas

Para uma boa caracterização tecnológica é necessário analisar a composição química da madeira e o seu rendimento em celulose.

A madeira não é uma substância química uniforme ou definida, porém, consiste de uma série enorme de compostos químicos orgânicos e inorgânicos. Os teores destes compostos variam de espécie vegetal para espécie vegetal,

dentro de uma espécie, de região para região em uma mesma árvore e inclusive de célula para célula (BRITO *et al.*, 1978).

Os componentes químicos da madeira podem ser divididos em dois grandes grupos: componentes fundamentais e componentes acidentais. Os componentes fundamentais são aqueles que aparecem em toda e qualquer madeira e sem os quais a mesma perde a sua identidade. Na quase totalidade, estes constituintes são de natureza orgânica e não podem ser removidos pela ação de qualquer solvente sem que haja consequente destruição da estrutura física da madeira. Os componentes fundamentais são usualmente divididos em duas classes: polissacarídeos ou holocelulose (celulose e hemiceluloses) e lignina (BRITO *et al.*, 1978).

Os componentes acidentais compreendem os extrativos e os componentes minerais (BRITO *et al.*, 1978). Extrativos são os componentes acidentais da madeira, podem ser classificados como: materiais de reserva, materiais de proteção ou hormônios vegetais. São considerados constituintes da madeira, mas que não fazem parte da parede celular. As coníferas geralmente possuem de 4 a 10% de extrativos e as folhosas de 1 a 4% (FOELKEL, 1977^C).

Segundo FOELKEL, *et al.* (1979), basicamente, as principais causas determinantes do comportamento das madeiras de *Eucalyptus* spp na produção de celulose são: densidade da madeira e teor de extrativos. Para processos químicos e semi-químicos, o teor de extrativos influencia particularmente o consumo de reagentes químicos e o rendimento em celulose. A densidade da madeira exerce sua maior influência nas propriedades estruturais e mecânicas do papel ou papelão.

A lignina provavelmente é o composto menos desejável na madeira para celulose. Isso porque ela dá origem a compostos coloridos que escurecem o papel. Por esta razão, quando se separam as fibras das matérias-primas para se obter celulose, deve-se remover ou modificar a lignina. A remoção da lignina infelizmente não é totalmente seletiva. A melhor qualidade obtida com sua maior remoção é acompanhada por uma perda de rendimento em celulose. O processo de deslignificação deve ser economicamente balanceado (FOELKEL, 1977^B).

ZVINAKEVICIUS, *et al.* (1986), avaliando 2 plantios de *E. grandis* com 5 anos de idade, de diferentes procedências e origens, constataram que, a madeira de *E. grandis* Belo Oriente apresentou menor teor de lignina, maior dimensão dos vasos e menor densidade, o que propícia a uma mais fácil deslignificação. Porém *E. grandis* Viçosa mostrou um melhor consumo específico, tendo em vista sua densidade estar mais dentro dos padrões usuais em fábricas de celulose kraft.

GONZAGA *et al.* (1983), avaliaram quimicamente madeira de *Eucalyptus viminalis* com cerca de 9 anos e 5 meses. Os resultados obtidos foram: 15,42% de pentosanas, 75,21% de holocelulose, 24,89% de lignina e 0,28% de cinzas. Pode-se concluir que o *E. viminalis* apresenta uma composição química similar às outras espécies de *Eucalyptus* spp

BARRICHELO *et al.* (1984) estudaram *E. grandis*, *E. saligna* e *E. urophylla* de diferentes idades e locais de plantio, sendo constatado variação significativa quanto a porcentagem de componentes químicos.

BLAND (1985) comenta que entre espécies, entre árvores de mesma espécie e dentro de mesma árvore de *Eucalyptus* spp ocorre variação de

composição química. Cita também o trabalho de STEWART *et al.* (1973) que analisa quimicamente a madeira de *E. regnans* de diferentes idades, chegando nos valores abaixo.

TABELA 1 - Variação química entre 20 árvores de *E. regnans*

COMPONENTE	MÁXIMA	MÍNIMA	MÉDIA
lignina (%)	27,1	20,1	23,2
hemiceluloses (%)	19,6	13,5	16,6
holocelulose (%)	81,8	74,8	79,6

BLAND (1985)

PEREIRA & SARDINHA (1984), avaliaram a variabilidade da composição química de um plantio em Portugal de *E. globulus* Lab. Em termos médios esta espécie, neste local, apresentou alta percentagem de celulose e baixa de hemiceluloses e lignina, sendo que, a variação entre árvores do mesmo plantio foram significativas. Principalmente quanto a celulose e hemiceluloses, já lignina se mostrou bastante constante em todas as árvores amostradas.

HARRIS (1981), avaliando as características químicas de *Pinus radiata*, comenta que árvores aparentemente similares, crescendo em “sites” uniformes podem apresentar variações nas propriedades da madeira. Concluindo que, a idade da árvore é o maior responsável pela variação na composição química da madeira de *Pinus radiata*.

De um modo geral, em árvores de diferentes idades é esperado que ocorram diferenças nas características físicas, químicas e anatômicas, a mesma situação é válida ao se comparar material de diferente localização ao longo do tronco. Porém mais importante do que detectar estas variações é sua interpretação, ou seja, de que forma a interação de todas as características influenciará no material resultante, neste caso a polpa de celulose.

3.6.4 Processamento mecânico

A participação brasileira no mercado mundial de madeira serrada é muito pequena, cerca de 0,5%, sendo que o Brasil produz 18 milhões de m³/ano, destas 46% é de coníferas e 54% de folhosas PONCE (1993).

Apesar do *Eucalyptus* spp ser a essência florestal mais intensamente plantada no Brasil a sua utilização em serraria é inexpressiva. Isto normalmente é explicado pela presença das tensões de crescimento, as quais dificultam seu desdobro, exigindo para tanto técnicas que ao menos minimizem seus efeitos. Porém este comportamento do gênero pode ser contornado conforme cita alguns autores.

Segundo FERREIRA (1979), a madeira de *E. grandis* é leve e fácil de ser trabalhada. Na Austrália e na República Sul Africana é utilizada intensivamente, como madeira de construção, quando oriunda de plantações de ciclo longo, e utilizada para caixotaria quando produzida em ciclos curtos. A madeira oriunda de árvores com rápido crescimento, normalmente apresenta problemas de empenamento, contrações e rachaduras quando do desdobro. Plantações, convenientemente manejadas, chegam a produzir madeira excelente para serraria e laminação.

Segundo FREITAS & NETO (1993) os principais problemas relacionados ao processamento mecânico: rachaduras e empenamentos, ocorrem devido elevada tensão de crescimento. Outro problema seria a parte do galho remanescente na tora, ou seja, o nó, porém considerando que o custo de nossa mão de obra é relativamente baixo, e que o eucalipto pode produzir toras em

ciclos bastante curtos, os investimentos realizados nas podas das árvores destinadas a serraria são altamente compensadores.

Segundo PONCE (1995), foram realizados testes de desdobro de toras de *E. saligna* com resultados animadores. Em 1983, foi executado projeto tendo em vista estudar a viabilidade do uso de três espécies de *Eucalyptus* (*E. grandis*, *E. saligna* e *E. urophylla*) para a fabricação de móveis, com resultados excelentes, principalmente o *E. grandis*.

Além da qualidade do produto final obtido, as serrarias brasileiras se debatem com a questão do rendimento dos processamentos mecânicos. Apesar de envolver fatores como características da madeira a ser serrada, técnicas de desdobro, entre outros, dentro da literatura são citados os valores de rendimentos atingidos pelas serrarias.

Segundo FREITAS & NETO (1993) uma empresa localizada em Campo Grande(MS) produz peças serradas para construção civil, paletes e embalagens a partir de toras de *E. grandis* e *E. saligna* com diâmetro médio entre 15 a 30 cm, apresenta rendimento médio entre 42,0 e 50,0%, sendo que a produtividade expressa em m³ de madeira serrada depende fortemente do diâmetro das toras. Outra empresa localizada em Palmares do Sul (RS), serrando *E. grandis* e *E. saligna* com diâmetro médio entre 22,0 e 33,0 cm apresentou rendimento de 55,6%, sendo que esta empresa utiliza os resíduos como fonte de energia.

Comparado com outros gêneros, os valores de rendimento em madeira serrada de *Eucalyptus* spp se mostram animadores. PONCE (1993) comenta que *Eucalyptus* spp apresenta grande potencial para produção de madeira

serrada, sendo que os rendimentos situam-se na faixa de 50%, mesmo com árvores de diâmetro entre 15,0 -20,0cm, porém o mesmo autor cita a dificuldade em se encontrar no Brasil peças adequadas ao seu uso, devido diferenças dimensionais.

Com relação a influência do diâmetro das toras, a literatura associa maiores rendimentos com o aumento do diâmetro das toras, HOWARD (1988) constatou menor produtividade da serraria em função do aumento da classe de diâmetro das toras serradas ($m^3/hora$), sendo que entre coníferas e folhosas esta conclusão foi mais nítida entre as folhosas. Também comenta a queda nos custos ($\$/m^3$) para serrar madeiras com maiores classes de diâmetro, sendo que os maiores custos foram atingidos por folhosas.

Além da questão da qualidade do produto final, pode-se esperar que o diâmetro das toras possa atuar de forma marcante na quantidade, ou seja, no rendimento da serraria, tornando-se assim uma característica de destaque dentro do planejamento de serrarias.

O processamento mecânico da madeira é facilitado e atinge sua melhor qualidade quando a madeira é uniforme, porém como já é sabido as variações ocorrem até mesmo à nível de árvores de mesma espécie. FREITAS & NETO (1993) comentam que, a vantagem de se utilizar toras de maiores diâmetros é a obtenção de uma porcentagem mais elevada de madeira sem medula ou lenho juvenil, que, apresenta altas contrações e baixa resistência mecânica.

Baseado em literatura pode-se acreditar que *Eucalyptus grandis* apresente relativa flexibilidade de uso, pois a finalidade da matéria-prima está diretamente ligada a condução da floresta, mas deve ser salientada a

potencialidade de resposta do material que se está lidando, o que haja visto tem sido considerável. Isto pode explicar a formação dos grandes maciços no território brasileiro, como também a tendência do aumento destes plantios.

Dentro do mercado de madeira serrada o Brasil não demonstra competitividade. Porém a indústria madeireira dos países industrializados é competitiva devido a alta produtividade e o aproveitamento integral da matéria-prima, incluindo os resíduos, sendo esses utilizados na produção de celulose, painéis de madeira, energia ou para condicionadores de solo, caso contrário a indústria madeireira não se torna atrativa pois as margens de lucro são bem pequenas PONCE (1993).

4 MATERIAL E MÉTODOS

Entre os parâmetros considerados para avaliar a qualidade de uma madeira para finalidade de produção de celulose/papel se encontram: densidade, comprimento de fibra, espessura de parede celular, presença de extrativos, etc, ou seja, características físicas, químicas e anatômicas da matéria-prima e suas correlações. A variação nestes parâmetros exige mudanças operacionais na fábrica de celulose, o que não se torna interessante para obtenção de um produto final com qualidade.

Dentre as características de madeira, são consideradas como ideais para cozimento kraft as que apresentem densidade básica em torno de $0,500\text{g/cm}^3$, Índice de Runkel inferior a 1, Fração Parede até 40%, coeficiente de rigidez acima de 60%, baixa porcentagem de parênquima, vasos de baixo diâmetro e baixa frequência (caso de folhosas).

4.1 Material

A madeira utilizada neste trabalho foi amostrada em povoamento comercial de *Eucalyptus grandis* ex Coff's Harbour, sementes de APS procedência Moji Guaçu.

Este povoamento, localizado no município de Barra do Ribeiro (RS), faz parte do Horto Florestal Passo da Estância pertencente a Empresa RIOCELL.

O plantio foi realizado em novembro de 1981 e, conduzido com finalidade de uso para serraria, tendo primeiro desbaste em outubro de 1987 (5 anos e 11 meses), segundo desbaste em setembro de 1988 (6 anos e 10 meses), terceiro desbaste em dezembro de 1989 (8 anos e 11 meses) e, um corte em novembro de 1996 (15 anos) em função de um vendaval.

O talhão constituído por uma área de 19,5 ha, está localizado sob condições de clima Cfa, precipitação média anual de 1400mm. O solo dominante é podzólico vermelho escuro, distrófico, argila de atividade baixa proeminente e moderada, textura média do horizonte A sobre a textura do horizonte B. O solo subdominante é podzólico vermelho alio, argila atividade baixa, plântico sobre textura do horizonte B moderado. Está situado em relevo suave ondulado, com altitude de 100m.

Para efeito de comparação com o material acima descrito foi utilizado cavacos industriais de *Eucalyptus grandis* com 7 anos de idade. Esta madeira foi proveniente de plantio comercial do Horto Florestal Bom Princípio (RS).

4.2 Métodos

4.2.1 Seleção das árvores

Dentro do talhão foram escolhidas 9 árvores. Após caracterização em campo, estas árvores foram agrupadas em 3 grupos de 3 árvores cada, formando assim 3 amostras: A, B e C, cada qual constituída de 3 árvores.

FIGURA 1 - Seleção das árvores e formação das amostras A, B e C

4.2.2 Cálculo do volume

Após a derrubada das árvores, foram anotados o diâmetro e a espessura de casca a cada 1m, como também altura total e comercial até diâmetro mínimo de 5,0cm. Desta maneira pode se obter o volume total e comercial (com e sem casca), como também a porcentagem de casca de cada árvore.

4.2.3 Finalidade da madeira

Após cubagem as árvores foram transformadas em toretes, cujo comprimento variou conforme o diâmetro. Para diâmetros superiores a 30 cm os toretes foram cortados com 4,2 m de comprimento, sendo destinados inicialmente à serraria. Após processamento mecânico destes toretes, os resíduos originados de cada amostra foram picados e denominados conforme sua origem, ou seja, como $A_{\text{costaneira}}$, $B_{\text{costaneira}}$ e $C_{\text{costaneira}}$.

O restante da árvore, com diâmetros entre 5 e 30 cm, foi transformado em toretes de 2,2 m, os quais foram descascados e cominuídos em picador industrial, passando assim à forma de cavacos. Estas amostras foram denominadas: A_{ponta} , B_{ponta} e C_{ponta} .

4.2.4 Processamento mecânico

Os toretes com diâmetro superior a 30 cm e com 4,2 m de comprimento foram transportados até a Serraria Delapieve, no município de Butiá (RS). Após o descasque manual, foram medidos seus diâmetros, menor e maior, cujos valores foram usados no cálculo do volume das toras através da fórmula:

$$V_{\text{tora}} (\text{m}^3) = \frac{A_1 + A_2}{2} \times C \quad \text{onde;}$$

C - comprimento da tora (m);

$$A_1 = \frac{\pi D^2}{4} \quad \text{sendo,}$$

D_i^2 = média do menor diâmetro (m).

$$A_2 = \frac{\pi D^2}{4} \quad \text{sendo,}$$

D_s^2 = média do maior diâmetro (m).

Após processamento mecânico, foram medidas as espessuras, larguras e comprimentos de cada tábua proveniente de cada torete. O volume serrado foi calculado através da fórmula:

$$V_{\text{serrado}} (\text{m}^3) = (e \times l \times c) n$$

Onde:

e - espessura da tábua (m);

l - largura da tábua (m);

c - comprimento da tábua (m);

n - número de tábuas.

Com estes dados foi possível calcular os respectivos rendimentos de cada torete, através da seguinte fórmula:

$$R (\%) = \frac{V_{\text{serrado}}}{V_{\text{tora}}} \times 100$$

Logo após o processamento de cada amostra, seus resíduos (costaneiras) foram transformados em cavacos em picador da própria serraria

(Fabricante DEMUTH). Após a picagem, foi quantificado o volume de cavacos resultante de cada amostra, como também o volume de serragem originada pelo processamento mecânico.

4.2.5 Classificação dos cavacos

Após a obtenção das amostras: $A_{\text{costaneira}}$, $B_{\text{costaneira}}$, $C_{\text{costaneira}}$, A_{ponta} , B_{ponta} e C_{ponta} , os cavacos de cada amostra foram classificados em equipamento Williams Standard, conforme recomendado no UM-20 (Usefull Method TAPPI). Este classificador de cavacos é constituído de 6 peneiras com mm ($1\frac{1}{8}$ "), mm ($7/8$ "), mm ($5/8$ "), mm ($3/8$ "), mm ($3/16$ ") e finos. Os cavacos foram colocados na peneira superior ($1\frac{1}{8}$ "), e, após 10 minutos de agitação do equipamento, as frações de materiais retidos nas peneiras de $7/8$, $5/8$ e $3/8$ foram separados para as futuras análises, sendo o restante descartado.

4.2.6 Ensaios físicos

Junto com a classificação foi obtida a umidade dos cavacos de cada amostra e suas respectivas densidades aparente.

4.2.6.1 Umidade dos cavacos

Foi calculada em três repetições. O material foi colocado para secar em estufa (105°C), com prévio conhecimento da tara do recipiente e do peso úmido dos cavacos. Quando o material atingiu massa constante foi calculado a % seca dos cavacos (%se), através da fórmula:

$$\%se = \frac{PS}{PU} \times 100 ;$$

Onde:

% - porcentagem de cavacos secos em estufa a 105°C, até massa constante;

PS - massa seco da amostra, em g;

PU- massa úmida da amostra, em g.

4.2.6.2 Densidade aparente

Com prévio conhecimento do peso e volume de um recipiente, no caso uma caixa de madeira, foi colocado cavacos de modo a preencher todo o volume. O recipiente foi pesado completo com os cavacos, desta forma pode ser obtida a massa úmida dos cavacos. Como já estava determinada a porcentagem de massa seca das amostras (%a.s), foi possível calcular a sua massa seca (PS). Foram feitas 4 repetições de cada amostra, portanto o valor obtido foi a média destes resultados,

A densidade aparente dos cavacos foi calculada, conforme a fórmula:

$$da = \frac{m_{\text{seca}}}{V_{\text{aparente}}}$$

Onde:

da - densidade aparente (g/cm³);

m_{seca} - massa seca dos cavacos (g);

V_{aparente} - volume do recipiente (cm³).

4.2.6.3 Densidade básica

A densidade básica da madeira na forma de cavacos foi determinada pelo Método do Máximo Teor de Umidade, conforme metodologia relatada por FOELKEL et al (1971)

4.2.7 Análise anatômica

4.2.7.1 Maceração

Maceração consiste na separação das células da madeira (elementos de vaso, fibras, parênquima axial e radial), com o objetivo de se determinar o comprimento, largura e espessura das paredes, principalmente de elementos de vaso (comprimento), e comprimento, largura e espessura das paredes das fibras (BOTOSSO, 1992).

Neste caso o macerado foi obtido através do método de FRANKLIN, a madeira foi cortada nas dimensões de 5,0 x 0,1 x 0,2cm, este material foi colocado em solução macerante que consistia de ácido glacial acético e água oxigenada 30 volumes na proporção 1:1. Após 24 horas em estufa a 60 °C a solução macerante foi esgotada e lavada várias vezes em água, finalmente foi colocado o corante, safranina.

4.2.7.2 Determinações dos elementos anatômicos

Foram montadas 5 lâminas de cada amostra e executadas no total 30 medições de cada um dos seguintes elementos anatômicos: vasos

(comprimento,), fibras (comprimento, largura, espessura de parede, diâmetro do lume).

O número de medições foi seguido conforme COSTA NETO (1977) e ECKBLAD (1991) citados por CECCANTINI (1996):

$$n = \frac{t^2 \cdot s^2}{(X \cdot 0.1)^2}$$

Onde:

t = t de Student para $n-1$;

s = desvio padrão amostral;

X = média;

erro permissível = 0.1 e α = 5%

Para medir comprimento de fibras foi utilizado microscópio com projeção aumento 10/0,25, a largura da fibra e diâmetro do lume foi em aumento 40/0,25.

O comprimento dos vasos foi realizado em microscópio Zeiss com ocular micrométrica de aumento 3,2/0,06.

4.2.7.3 Relações entre dimensões de fibras

A partir das dimensões das fibras foram calculadas as seguintes relações entre dimensões:

a) Índice de enfieltramento (IE)

$$IE = \frac{C}{L} \times 1000$$

b) Coeficiente de flexibilidade (CF)

$$CF = \frac{DL}{L} \times 100$$

c) Fração parede (FP)

$$FP = \frac{2E}{L} \times 100$$

d) Índice de Runkel (IR)

$$IR = \frac{2E}{DL}$$

e) Relação comprimento/espessura (C/E)

$$C/E = \frac{C}{E} \times 1000$$

Onde:

C = comprimento da fibra, mm;

L = largura da fibra, μm ;

E = espessura da parede da fibra, μm ;

DL = diâmetro do lume da fibra.

4.2.8 Análise química da madeira

Estas análises foram realizadas em duplicata para a obtenção do valor médio de cada amostra.

Uma porção dos cavacos de cada amostra, após secos ao ar e na sombra, foram transformados em serragem, portanto moídos em moinho tipo Wiley (tela 10 mesh) e classificados em peneira de 40/60 mesh. Não foi necessário mais que 100g de serragem para as análises.

Estas análises foram realizadas em duplicata para a obtenção do valor médio de cada amostra.

Após a obtenção da porcentagem de secos (%as), através da norma ABCP M 2/71, as seguintes análises foram efetuadas:

- Solubilidade água quente - norma ABTCP M4/68;
- Solubilidade NaOH 1% - norma ABCP M5/68.
- Extrativos: norma ABCP M 6/68
- Lignina Klason: norma TAPPI T222
- cinzas - norma TAPPI T211
- Holocelulose: determinada por diferença, através da seguinte expressão:
$$\%H = 100 - \%ET - \%L$$

Onde:

ET - extrativos totais;

L - lignina.

4.2.9 Deslignificação Kraft

As deslignificações ao sulfato ou kraft foram realizadas em digestor rotativo de aço inoxidável com capacidade de 20 litros, com aquecimento indireto, de fabricação REGMED. As condições das deslignificações foram: 14% de álcali ativo como Na_2O , 25% de sulfidez, 4:1 de relação licor/madeira, tempo de 60 minutos até 170°C e de 30 minutos a 170°C .

As amostras de madeiras identificadas como: costaneiras, ponta, *Eucalyptus grandis* 7 anos e 7 misturas destes materiais, foram colocadas em

células perfuradas de aço inoxidável para permitir uma deslignificação simultânea dos diferentes materiais sob mesmas condições. Em cada célula foi colocado o equivalente a 30g de cavacos secos. Foram realizadas duas deslignificações kraft, sendo que em cada uma foram colocadas 2 células com cada amostra, totalizando 20 células for cozimento.

4.2.10 Rendimento bruto e Número Kappa

Após deslignificação a polpa de cada célula foi lavada e desintegrada para determinação do Rendimento bruto e depurada para obtenção do número Kappa (norma ABTCP C5/59).

4.2.11 Consumo específico de madeira

Através dos resultados da densidade básica e do rendimento pode ser calculado o consumo específico de madeira para produção de 1000 t se/dia de pasta, através da fórmula:

$$V_{\text{madeira}} (\text{m}^3) = \frac{(1000 \text{ t} \text{ polpa} / \text{RB})}{\text{Db}}$$

Onde:

V_{madeira} - consumo de madeira, em m^3 ;

RB - rendimento bruto %;

Db - densidade básica (g/cm^3).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Cubagem das árvores

A TABELA 2 demonstra os dados obtidos no campo. Neste caso, foi considerado como volume comercial todo volume utilizado para serraria e para celulose, sendo resíduo florestal apenas a porção da árvore com diâmetro inferior a 5,0cm.

A média geral das 9 árvores para a porcentagem de resíduo florestal mantido no campo foi de 0,85% do volume total com casca. Segundo (ESTEP, s.d.) este material pode atingir volumes significativos dependendo do volume da floresta a ser explorada. A TABELA 3 sintetiza os dados obtidos nas planilhas de cubagem.

TABELA 2 - Volume com casca das 9 árvores amostradas

ÁRVORE	DAP cm	Htotal m	Vtotal cc m ³	Vcomercial cc m ³	Vresíduo florestal m ³	%resíduo florestal
A1	54,0	46,1	4,696	4,659	0,037	0,80
A2	43,5	45,3	2,908	2,885	0,022	0,77
A3	40,5	43,8	2,116	2,097	0,019	0,92
B1	42,0	43,4	2,085	2,064	0,020	0,98
B2	48,0	43,5	3,435	3,402	0,032	0,95
B3	46,0	42,9	2,717	2,691	0,026	0,96
C1	52,0	47,4	4,290	4,259	0,031	0,73
C2	46,0	46,2	3,478	3,454	0,023	0,68
C3	46,0	43,7	3,096	3,069	0,027	0,88

TABELA 3 - Volume comercial sem casca das 9 árvores amostradas

ÁRVORE	DAP (cm)	H _{com.} (m)	V _{com. sc} (m ³)	V _{serraria sc} (m ³)	V _{ponta árvore} (m ³)	casca (%)
A1	54,0	42,9	4,308	3,703	0,605	7,5
A2	43,5	41,9	2,671	1,950	0,721	7,4
A3	40,5	40,7	1,885	1,071	0,814	10,0
B1	42,0	39,9	1,888	1,080	0,808	8,5
B2	48,0	40,3	3,127	2,523	0,604	8,1
B3	46,0	39,3	2,458	1,707	0,751	8,7
C1	52,0	44,4	3,861	3,249	0,612	9,3
C2	46,0	43,1	3,211	2,501	0,709	7,0
C3	46,0	41,0	2,756	2,152	0,603	10,2

Onde:

DAP - diâmetro à altura do peito (cm);

H_t - altura total da árvore (m);

H_{com.} - altura comercial da árvore, diâmetro até 5,0cm (m);

V_{com. sc} - volume da árvore até 5,0cm de diâmetro, sem casca (m³);

V_{serraria} - volume da árvore em diâmetros superiores a 30,0cm (m³);

V_{ponta árvore} - volume da árvore em diâmetros de 5,0 a 30,0cm (m³);

casca (%) - porcentagem de casca em função do volume total (%).

A literatura apresenta vários modelos para se estimar altura total (m), altura comercial (m), volume comercial (m³), volume para serraria (m³), e volume da ponta da árvore (m³), todos em função do diâmetro à altura do peito (DAP), medido em centímetros.

Tendo-se em vista que neste trabalho dispõe-se de apenas nove observações, utilizou-se a técnica “Jackknife” para se estimar os coeficientes, como apresentada por SCHREUDER & BRINK (1983). Os modelos sugeridos por esses pesquisadores são válidos para o intervalo de diâmetro compreendido entre os valores de 40 e 55 cm.

Os modelos usados neste trabalho, com os coeficientes estimados mais os coeficientes de determinação e do erro padrão da estimativa foram os seguintes:

- altura total

$$H_t = 1,3 + \frac{DAP^2}{(0,772438 + 1,33846DAP)^2}$$

$$R^2 = 0,968 \quad \text{STD (Y)} = 0,15904$$

- altura comercial

$$H_c = 1,3 + \frac{DAP^2}{(-59,3991 + 2,85882DAP - 0,00894DAP^2)}$$

$$R^2 = 0,942 \quad \text{STD (Y)} = 2,0354$$

- volume comercial

$$V_c = 0,00037981DAP^{2,3405324}$$

$$R^2 = 0,896 \quad \text{STD (Y)} = 0,01784$$

- volume para serraria

$$V_s = 0,0000068324DAP^{3,31797899}$$

$$R^2 = 0,873 \quad \text{STD (Y)} = 0,0325$$

- volume ponta da árvore

$$V_p = 4,937809 - 0,170959DAP + 0,0016855DAP^2$$

$$R^2 = 0,763 \quad \text{STD (Y)} = 0,0685$$

O diâmetro é uma das características utilizadas para determinar a viabilidade de uso de toras. Conforme os dados pode-se dizer que, em árvores de DAP superiores, o volume comercial sem casca se mostra maior em relação as árvores de DAP inferiores.

Dentro de uma árvore, o volume de madeira encaminhado para serraria diminui com o decréscimo do DAP e o inverso ocorre com o volume da árvore entre 5 a 30 cm de diâmetro, ou seja, com a queda do DAP ocorre um aumento do volume de madeira na porção da árvore que compreende esta faixa de diâmetro conforme mostrado na FIGURA 2.

FIGURA 2 - Volume de madeira em função do DAP

Como se pode ver nesta figura, os volumes de madeira nas pontas cresce ligeiramente conforme o DAP diminui.

As percentagens de casca das mesmas árvores de *E. grandis* 15 anos foram medidas em diversas alturas e calculadas as médias aritméticas, sendo que os valores atingidos ficaram entre 7 e 10,2 %, concordando com aqueles obtidos por LIMA & SPERANDIO (1990).

Com esses dados, a seguinte hipótese foi testada:

H_0 : a porcentagem de casca é independente do DAP da árvore;

H_1 : a porcentagem de casca é dependente do DAP, tendendo a aumentar com o aumento deste.

Para se testar a hipótese acima, utilizou-se a prova de independência descrita por LEHMANN & D'ABRERA (1975). Esta prova é feita mediante o cálculo da estatística D, através da seguinte fórmula:

$$D = \sum (R_i - S_j)^2 \text{ onde:}$$

D = estatística para a prova de independência;

R_i = posto da variável DAP ($i = 1, \dots, 9$);

S_j = posto da variável porcentagem de casca ($j = 1, \dots, 9$).

Utilizou-se um nível de significância de 95% e o cálculo da probabilidade de significância foi feito através da aproximação pela normal (LEHMANN & D'ABRERA, 1975).

O resultado da prova mostrou que o valor da estatística D foi de 138 e a probabilidade de significância foi de 0,3177. Portanto, como este valor é maior que 0,05, não se rejeita H_0 , ou seja, há evidências, ao nível de 95% de significância, que a porcentagem da casca é independente do diâmetro à altura do peito.

5.2 Volume de madeira na serraria

As toras com diâmetros superiores a 30 cm foram encaminhadas para desdobro em serraria. Na TABELA 4 apresenta-se os volumes de madeira adequados para serrar, o volume de material serrado e, o rendimento desta operação. Estes dados foram obtidos através de planilha de cubagem, baseado no volume comercial sem casca.

TABELA 4 - Dados sobre a madeira desdobrada

amostra	Nº toras	D médio (cm)	Vserraria m ³	Vserrado m ³	R %
A1	6	43,8	3,703479	2,143823	57,9
A2	5	37,6	1,950044	0,859385	44,1
A3	3	34,6	1,071578	0,572999	53,5
B1	3	33,5	1,080352	0,558887	51,7
B2	5	38,9	2,523212	1,181951	46,8
B3	4	37,1	1,707212	0,847703	49,7
C1	6	41,4	3,249680	1,643675	50,6
C2	5	38,9	2,501213	1,307534	52,3
C3	5	37,6	2,152467	1,307534	60,7

Nº toras: número de toras por árvore (diâmetro superior a 30,0 cm); D_{médio}: diâmetro médio de cada árvore (cm); V_{serraria}: volume de madeira destinada a serraria (m³); V_{serrado}: volume de madeira serrada (m³); R: rendimento de madeira serrada (%).

A TABELA 4 mostra o número de toras obtidas de cada árvore. Vê-se que com o aumento do diâmetro médio da árvore, o número de toras também tende a aumentar, conforme apresentado na FIGURA 3 abaixo.

As toras das árvores, cujas características individuais foram apresentadas na TABELA 4, foram agrupadas de modo a se obter as amostras

A, B e C das quais foram obtidos o diâmetro médio, o volume destinado à serraria e o volume de madeira serrada. Os resultados estão na TABELA 5.

Como em termos silviculturais, há o interesse por valores globais, conforme TABELA 5, pode-se concluir que, de um total de 19,9 m³ de madeira das 9 árvores, obteve-se 10,4 m³ de madeira serrada, resultando num rendimento na serraria que teve como média global 52,3%. Este valor é condizente com aqueles já obtidos por outros pesquisadores, tais como PONCE (1993) e FREITAS & NETO (1993).

TABELA 5 - Agrupamento das árvores em amostras: A, B, C

AMOSTRA	D médio	Nº toras	V _{serraria sc} (m ³)	V _{serrado} (m ³)	R (%)
A	38.67	14	6,725	3,576	53,2
B	36.50	12	5,311	2,589	48,7
C	39.30	16	7,903	4,259	53,9

Vê-se ainda na TABELA 5 que a amostra C apresentou o maior rendimento, mas apresentou também o maior número de toras e o maior diâmetro médio das 16 toras. A amostra B, apresentando um número de toras menor e menor diâmetro médio destas toras, obteve um menor rendimento (FIGURA 4).

FIGURA 4 - Diâmetro médio x Rendimento na serraria

Com estes dados, o volume de resíduo pode ser calculado, sendo isto feito por diferença entre o volume de madeira apto para serraria e o volume serrado obtido, conforme apresentado na TABELA 6.

Como se pode extrair deste trabalho, com a amostra C obteve-se o maior volume comercial de madeira sem casca e, com isto, um maior volume de madeira com diâmetro superior a 30 cm, e por consequência, gerou um maior volume de madeira serrada como também de resíduo na serraria (costaneiras e serragem).

TABELA 6 - Resultados obtidos na serraria

amostra	Vcomercial scca	Vserraria m ³	Vserrado m ³	Vresíduo m ³
A1	4,309	3,703	2,144	1,560
A2	2,671	1,950	0,859	1,091
A3	1,885	1,072	0,573	0,499
A	8,865	6,725	3,576	3,149
B1	1,888	1,080	0,559	0,521
B2	3,127	2,523	1,182	1,341
B3	2,458	1,707	0,848	0,860
B	7,473	5,311	2,589	2,722
C1	3,861	3,250	1,644	1,606
C2	3,211	2,501	1,308	1,194
C3	2,756	2,152	1,308	0,845
C	9,828	7,903	4,259	3,645

Como em termos silviculturais é interessante de se ter valores percentuais de rendimentos em serraria e disponibilidade de resíduos, têm-se na TABELA 7 abaixo os resultados da TABELA 6 em termos de porcentagem.

O volume de resíduo gerado pode ser utilizado para alimentar uma fábrica de pasta celulósica, pois caso contrário se torna um problema.

TABELA 7 - Porcentagem de madeira na serraria, baseado no volume comercial sem casca das árvores

amostra	DAP	%Vserraria	% Vserrado	% Vresíduo
A1	54,0	86,0	49,8	36,2
A2	43,5	73,0	32,2	40,8
A3	40,5	56,8	30,4	26,4
B1	42,0	57,2	29,6	27,6
B2	48,0	80,7	37,8	42,9
B3	46,0	69,4	34,5	35,0
C1	52,0	84,2	42,6	41,6
C2	46,0	77,9	40,7	37,2
C3	46,0	78,1	47,4	30,7

5.3 Volume de resíduo primário (costaneira e serragem)

Durante o processamento mecânico na serraria, toda serragem foi coletada, tiveram seu volume e massa mensurados através de caixas taradas. O mesmo foi feito com os cavacos originados pela picagem das costaneiras. Estes resultados são apresentados na TABELA 8.

TABELA 8 - Volume de serragem e cavacos das costaneiras após processamento mecânico

AMOSTRAS	volume obtido no pátio	
	V _{serragem} (m ³)	V _{cavacos} (m ³)
A _{costaneira}	5,35	5,61
B _{costaneira}	3,92	4,39
C _{costaneira}	5,53	7,13

Os volumes de cavacos gerados pelas costaneiras pode parecer pouco, entretanto, considerando que para muitos produtos feitos à base de madeira, seu custo chega a representar mais que 30%, este volume pode ajudar em muito a viabilização econômica de um produto.

Quanto serragem a sua utilização em processo sulfato ou soda não é recomendada em grandes proporções devido aos problemas de processo e produto (entupimento de peneiras, resistência da polpa, consumo de reagentes). Porém pode ser utilizada como fonte de energia para uma possível secagem de madeiras serradas.

5.4 Volume comercial de madeira

Na TABELA 9 apresenta-se o quanto de volume de uma árvore foi utilizado na serraria (diâmetro superior a 30 cm) e, representado pelas pontas e costaneiras quanto deste volume se transformou em cavacos adequados à utilização em polpação para gerar pasta celulósica.

TABELA 9 - Madeira para serraria e para celulose

amostra	V _{comercial scca} m ³	V _{serrado} m ³	V _{ponta} m ³	V _{costaneira} m ³
A	8,865	3,576	2,140	3,149
B	7,473	2,588	2,163	2,722
C	9,828	4,259	1,925	3,644

Pelos mesmos motivos já citados, na TABELA 10 têm-se os dados da TABELA 9 em valores percentuais. Cabe lembrar que esses valores percentuais variam principalmente em função do DAP das árvores originais.

TABELA 10 - Porcentagem de madeira serrada e celulose

amostra	%V _{serrado}	%V celulose	
		%V _{ponta}	%V _{costaneira}
A	40	25	35
B	35	29	36
C	43	20	37

5.5 Classificação dos cavacos

Após cominuição da madeira de cada amostra em cavacos, estes foram classificados quanto às suas dimensões. Os resultados são apresentados na TABELA 11. Esta tabela apresenta também os valores de classificação dos cavacos de uma amostra de cavacos regulares usados numa fábrica de celulose.

TABELA 11 - Classificação dos cavacos

	<i>E. grandis</i> 15 anos						<i>E. grandis</i>
amostras	A _{ponta}	B _{ponta}	C _{ponta}	A _{costaneira}	B _{costaneira}	C _{costaneira}	7 anos
%as	71,13	73,50	74,00	76,78	71,86	70,1	82,78
m _{classificada} , **	22,21kg	26,88kg	22,81kg	19,71kg	22,43kg	20,37kg	21,85
m _{desprezada}	6,31kg	6,91kg	5,62kg	5,27kg	4,57kg	4,49kg	5,78
m _{retida}	15,90kg	19,97kg	17,19kg	14,44kg	17,86kg	15,88kg	16,07

** massa em bae seca em estufa, material retido em peneiras de (7/8"), (5/8") e (3/8").

Cabe salientar que, pelo método utilizado na classificação dos cavacos, mais de 70 % da madeira classificada ficou retida nas peneiras de aceitação, ou seja, cerca de 30 %, das amostras foi descartado.

Isto numa fábrica não se torna um grande problema, pois o descarte pode fazer parte de uma biomassa que leva a geração de energia para a fábrica.

Por outro lado, vê-se na TABELA 11, que os valores de material aceito diferem pouco daquele exibido pela amostra usada regularmente na fábrica. Isto indica, que os cavacos obtidos estão em condições de aproveitamento para uma fábrica.

5.6 Densidade aparente

Como se sabe, a densidade aparente é a relação entre sua massa e o seu volume. É determinada como sendo a quantidade dos cavacos que cabe dentro de um dado recipiente, seja uma caixa, caminhão, ou o que é mais importante, o digestor. Esta característica é extremamente variável e imprecisa, sendo influenciada pela densidade básica da madeira, teor de umidade, tamanho ou dimensão dos cavacos, distribuição do tamanho dos cavacos, e grau de compactação mecânica.

Como se pretende verificar a viabilidade de uso dos cavacos de pontas e costaneiras, foram feitas misturas destes com cavacos de *E. grandis* 7 anos.

Na TABELA 12 são apresentados os resultados da densidade aparente de 10 amostras de cavacos de *E. grandis* 7 anos, ponta, costaneiras e misturas. Através de teste t pode-se afirmar que há 95% de probabilidade das amostras apresentarem densidade aparente com diferenças significativas.

TABELA 12 - Resultados de densidade aparente

Amostra	Damédia (g/cm ³)	DVPAD	C.V. %
1 <i>E. grandis</i> 7 anos	0,157	0,001	0,83
2 Ponta	0,227	0,001	0,60
3 Costaneira	0,176	0,002	1,32
4 2/3Eg+1/3ponta	0,177	0,001	0,69
5 1/3Eg+2/3ponta	0,189	0,002	0,80
6 2/3Eg+1/3costaneira	0,161	0,000	0,26
7 1/3Eg+2/3costaneira	0,176	0,000	0,22
8 2/3ponta+1/3costaneira	0,193	0,004	1,92
9 1/3ponta+2/3costaneira	0,182	0,002	1,03
10 1/3Eg+1/3ponta+1/3costaneira	0,182	0,002	0,96

Ponta: *E. grandis* 15 anos; costaneira: *E. grandis* 15 anos; Eg: *E. grandis* 7 anos

Os resultados de densidade aparente dos cavacos resultantes de árvores de *E. grandis* 15 anos, mostraram-se superiores aos dos resultados das árvores inteiras de *E. grandis* 7 anos e das costaneiras de *E. grandis* de 15 anos (FIGURA 5)

FIGURA 5 - Densidade aparente

HARRIS & PHILLIPS (1989) comentam que é importante o conhecimento da densidade aparente quando se pensa em armazenamento, manuseio e transporte da madeira (serragem, casca, raspa, resíduos, cavacos da árvore inteira).

5.7 Densidade Básica

A densidade básica foi obtida através do Método do Máximo Teor de Umidade (MTU). Através de análise estatística constatou-se que há diferenças significativas, ao nível de 95% de certeza, entre os resultados das amostras da TABELA 13.

A maior diferença ocorre entre as densidades básicas dos cavacos resultantes das pontas de árvores de *E. grandis* 15 anos e de árvores inteiras de *E. grandis* 7 anos e, a menor diferença ocorre entre os resultados referentes às costaneiras de *E. grandis* 15 anos e de árvores inteiras de *E. grandis* 7

anos.

TABELA 13 - Resultados da densidade básica

Amostra	Dbmédia (g/cm ³)	DVPAD	C.V. %
1 <i>E.grandis</i> 7 anos	0,408	0,003	0,78
2 Ponta	0,502	0,002	0,46
3 Costaneira	0,424	0,004	0,88
4 2/3Eg+1/3ponta	0,446	0,003	0,65
5 1/3Eg+2/3ponta	0,469	0,002	0,49
6 2/3Eg+1/3costaneira	0,417	0,003	0,61
7 1/3Eg+2/3costaneira	0,423	0,007	1,74
8 2/3ponta+1/3costaneira	0,475	0,004	0,76
9 1/3ponta+2/3costaneira	0,463	0,006	1,29
10 1/3Eg+1/3ponta+1/3costaneira	0,454	0,001	0,17

Ponta: *E. grandis* 15 anos; costaneira: *E. grandis* 15 anos; Eg: *E. grandis* 7 anos

FIGURA 6 - Densidade básica (g/cm³)

É evidente que estes resultados já eram esperados, principalmente devido à variação da densidade básica no sentido base-topo de cada árvore.

Os dados foram avaliados segundo metodologia simplex (programa Stat graf). os resultados são apresentados na FIGURA 7.

Pode-se ver que com a presença das pontas, há um aumento claro da densidade básica do material como um todo. Quanto à presença de costaneiras

(resíduos), praticamente não há influências.

FIGURA 7 - Análise segundo metodologia simplex de densidade básica

Cabe lembrar que MANFREDI (1985), CARPIM & BARRICHELO (1983), já haviam mostrado que para a madeira de *E. grandis* a variação da densidade básica no sentido base-topo segue um modelo quadrático, ou seja, os valores mais elevados de densidade básica são encontrados na base e ponta das árvores.

Pode ser constatado o mesmo comportamento das amostras com relação a densidade aparente, ou seja, árvores inteiras de *E. grandis* 7 anos apresentaram densidade aparente inferior em relação a outras amostras

5.8 Características anatômicas

As TABELAS 14 e 15 resumem os resultados anatômicos das 10 amostras analisadas. Apesar destes resultados apresentarem diferenças numéricas, estatisticamente estas não se mostraram significativas.

Amostras das árvores de 15 anos, costaneira e ponta, apresentaram valores maiores de espessura de parede quando em relação à árvore integral de *E. grandis* 7 anos.

Recordando BARRICHELO et al (1984), ao comentarem aumento na espessura da parede com o aumento da idade e ZOBEL et al (1989) que a espessura de parede tem efeito direto sobre a densidade básica, as fibras resultantes destas frações provavelmente serão mais rígidas, contribuindo negativamente na conformação da folha de papel.

TABELA 14 - Resultados das dimensões dos elementos anatômicos

Amostra	FIBRAS				VASOS
	Comp*	Larg.**	E.P.**	D.L**	Comp**
1 <i>E. grandis</i> 7 anos	1,14	20,78	3,96	12,86	12,43
2 Ponta	1,09	21,88	4,51	12,94	8,69
3 Costaneira	1,14	20,08	4,47	11,14	10,08
4 2/3Eg+1/3ponta	1,04	20,31	4,04	12,24	9,04
5 1/3Eg+2/3ponta	1,19	19,92	4,16	11,61	7,93
6 2/3Eg+1/3costaneira	1,18	20,31	4,20	12,00	10,36
7 1/3Eg+2/3costaneira	1,20	21,33	4,20	12,94	9,76
8 2/3ponta+1/3costaneira	1,16	20,71	3,84	13,02	8,80
9 1/3ponta+2/3costaneira	1,23	19,69	4,08	11,53	9,69
10 1/3Eg+1/3ponta+1/3costaneira	1,14	24,16	4,35	15,45	9,53

Ponta: *E. grandis* 15 anos; costaneira: *E. grandis* 15 anos; Eg: *E. grandis* 7 anos

*mm - comprimento de fibra; **mm - fibra: largura, espessura de parede, diâmetro do lume; vaso; comprimento.

A TABELA 15 descreve as relações entre as dimensões das fibras. Vê-

se que a amostra de *E. grandis* 7 anos, em comparação às de costaneira e de ponta, apresentou resultado inferior para Fração Parede, superior para Coeficiente de Flexibilidade e por consequência menor Índice de Runkel.

TABELA 15 - Relações entre dimensões de fibras

Amostra	IE	CF, %	FP, %	IR
1 <i>E.grandis</i> 7 anos	59,12	61,67	38,33	0,65
2 Ponta	51,12	58,91	41,25	0,72
3 Costaneira	57,82	55,66	44,34	0,85
4 2/3Eg+1/3ponta	52,11	59,82	40,18	0,69
5 1/3Eg+2/3ponta	60,00	57,78	42,22	0,81
6 2/3Eg+1/3costaneira	59,47	51,00	41,76	0,94
7 1/3Eg+2/3costaneira	57,31	60,41	37,93	0,70
8 2/3ponta+1/3costaneira	56,96	62,76	37,24	0,62
9 1/3ponta+2/3costaneira	64,38	57,89	42,11	0,78
10 1/3Eg+1/3ponta+1/3costaneira	47,71	63,80	36,20	0,58

Ponta: *E. grandis* 15 anos; costaneira: *E. grandis* 15 anos; Eg: *E. grandis* 7 anos

Relembrando FOELKEL (1978), que comenta que um maior Coeficiente de Flexibilidade e menor Índice de Runkel indicam que o material apresenta paredes celulares mais finas e com uma maior possibilidade de colapso (achatamento) das fibras, propiciando assim maior ligação entre fibras numa conformação de folha de papel.

Vê-se que as amostras de costaneira e ponta das árvores apresentam valores superiores a 40% para Fração Parede, indicando isto que as fibras são mais rígidas, pouco flexíveis, e irão influir negativamente na conformação da folha de papel.

Estatisticamente essas diferenças não são significativas, isto pode ser explicado pela presença de madeira de transição, ou seja, a madeira passando de uma fase juvenil para adulta.

5.9 Análise química

As análises de caracterização química das amostras foram realizadas segundo as normas citadas no item material e método, e realizadas em duplicata. Os resultados estão na TABELA 16.

Estes resultados obtidos mostram que para as costaneiras valores ligeiramente superiores de lignina e inferiores para holocelulose são obtidos assim com solubilidades em água quente e em NaOH 1%. A madeira das pontas das árvores em relação a madeira integral de *E. grandis* apresentou valores ligeiramente inferiores de holocelulose e lignina (FIGURA 8) e, maiores solubilidades em NaOH 1%.

Com relação aos valores de extrativos totais, os resultados mostram valores superiores para madeira de costaneira quando comparada ao material das pontas. Os resultados obtidos concordam com HILLIS & BROWN (1984), quando citam que há um aumento na porcentagem de extrativos no sentido medula-casca e uma diminuição no sentido base-topo de árvores.

Isto indica que uma mistura com material de costaneira provavelmente, num cozimento ao sulfato ou kraft, consumirá mais reagentes.

A composição química das madeiras das pontas e de costaneira indicam que há uma ligeira desvantagem para sua polpação quando em relação à madeira integral de *E. grandis* de 7 anos.

TABELA 16 - Dados obtidos através das análises químicas

tratamentos	repetições	sol. água	sol. NaOH	%ET	%L	%HOL	cinzas
1 <i>E. grandis</i> 7 anos	1	3,33	12,60	4,26	24,79	70,63	0,32
1 <i>E. grandis</i> 7 anos	2	3,24	12,55	4,12	24,47	71,10	0,31
2 Ponta	1	3,39	13,60	3,84	24,42	70,62	1,12
2 Ponta	2	3,38	13,95	3,84	24,39	70,63	1,14
3 Costaneira	1	2,61	11,66	4,04	25,62	69,29	1,05
3 Costaneira	2	2,59	11,65	3,79	24,53	70,53	1,15
4 2/3Eg+1/3P	1	7,14	16,93	8,24	23,61	67,87	0,28
4 2/3Eg+1/3P	2	7,29	16,98	8,34	23,98	67,41	0,27
5 1/3Eg+2/3P	1	6,43	15,56	6,80	24,75	68,23	0,22
5 1/3Eg+2/3P	2	6,44	15,69	6,93	24,70	68,15	0,22
6 2/3Eg+1/3C	1	6,17	15,55	6,41	24,06	69,26	0,27
6 2/3Eg+1/3C	2	6,10	15,58	6,66	23,74	69,37	0,23
7 1/3Eg+2/3C	1	4,02	13,21	4,64	25,20	69,96	0,20
7 1/3Eg+2/3C	2	3,95	13,23	4,30	25,18	70,30	0,22
8 2/3P+1/3C	1	4,90	13,90	5,44	25,33	69,08	0,15
8 2/3P+1/3C	2	4,70	13,70	5,78	25,13	68,96	0,13
9 1/3P+2/3C	1	3,56	12,91	3,68	25,23	70,92	0,17
9 1/3P+2/3C	2	3,79	12,79	3,74	25,23	70,87	0,16
10 1/3Eg+1/3P+1/3C	1	5,23	14,71	5,95	24,44	69,37	0,24
10 1/3Eg+1/3P+1/3C	2	5,25	14,83	5,88	24,06	69,82	0,24
	mínimo	2,59	11,7	3,7	23,6	67,4	0,1
	máximo	7,29	17,0	8,3	25,6	71,1	1,2
	média	4,61	14,00	5,27	24,69	69,62	0,42
	dvp	1,574539	1,660016	1,594208	0,582681	1,162072	0,384735
	variancia	2,479174	2,755654	2,541500	0,339518	1,350410	0,14802

Ponta: *E. grandis* 15 anos; costaneira: *E. grandis* 15 anos; Eg: *E. grandis* 7 anos

MANFREDI (1985) já comentava que, de um modo geral, os maiores teores de holocelulose e os menores teores de lignina estão localizados na região central da árvore.

Assim, quando se separa partes de uma árvore se perde um pouco do efeito de diluição, ou seja, relativamente a árvore como um todo apresenta menores teores de lignina e outros componentes.

5.10 Designificação kraft

Foram realizados 2 cozimentos com uso de células. Cada cozimento continha 2 células com 30 g seca de cavacos de cada amostra, totalizando 20 células por cozimento. Após cozimento foram obtidos: rendimento bruto e número kappa.

5.10.1 Rendimento bruto

A TABELA 17 mostra a média dos resultados obtidos do rendimento de cada amostra. Foram realizadas correlações entre a densidade básica do cavaco com o rendimento bruto e a quantidade de madeira expressa em m³ para produzir 1000t as/polpa.

Utilizou-se o processo de regressão linear simples para se avaliar a hipótese $H_0: \rho = 0$ ou seja, que as variáveis são independentes, com a alternativa $H_1: \rho \neq 0$, com o nível de significância de 5%.

A primeira análise foi entre as variáveis densidade e rendimento bruto. O valor do coeficiente de correlação foi de - 0,57, com uma probabilidade de significância de 0,0135. Portanto, não se aceita H_0 , ou seja, há evidências ao nível de 5% de significância de que o coeficiente de correlação é diferente de zero. No presente caso, o valor desse coeficiente é negativo, indicando que à medida que a densidade aumenta, o rendimento bruto diminui.

Através dos resultados da densidade básica e do rendimento pode ser calculado o consumo específico de madeira para produção de 1000 t a.s./dia de polpa, TABELA 18.

A segunda análise foi entre as variáveis densidade básica e a quantidade de madeira para produzir uma tonelada de pasta. Com valor de coeficiente de correlação de -0,914, rejeitou-se H_0 , com uma confiança de 95%.

TABELA 17 - Rendimento bruto

Amostra	RB _{médio} %	Db _{média} (g/cm ³)
1 <i>E. grandis</i> 7 anos	53,05	0,408
2 Ponta	50,91	0,502
3 Costaneira	52,39	0,424
4 2/3Eg+1/3ponta	54,17	0,446
5 1/3Eg+2/3ponta	53,24	0,469
6 2/3Eg+1/3costaneira	54,55	0,417
7 1/3Eg+2/3costaneira	53,96	0,423
8 2/3ponta+1/3costaneira	52,24	0,475
9 1/3ponta+2/3costaneira	52,31	0,463
10 1/3Eg+1/3ponta+1/3costaneira	52,49	0,454

Ponta: *E. grandis* 15 anos; costaneira: *E. grandis* 15 anos; Eg: *E. grandis* 7 anos

Como se observa, o valor deste coeficiente é alto e também é negativo, indicando uma correlação forte entre as duas variáveis, sugerindo que a medida em que a densidade básica aumenta, a quantidade de madeira para produzir uma tonelada de polpa tende a diminuir.

Isto não deixa de ser uma comprovação do que se sabia na prática e de citações da literatura.

Como o consumo específico de madeira tende a diminuir com o aumento da densidade básica, vale lembrar que atingir um ponto de equilíbrio seria o ideal para a obtenção de madeira serrada e resíduo com Qualidade para polpação.

TABELA 18 - Relação densidade básica com consumo específico de madeira

Amostra	Db _{média} (g/cm ³)	m ³ /t as polpa
1 <i>E. grandis</i> 7 anos	0,408	4,62
2 Ponta	0,502	3,91
3 Costaneira	0,424	4,50
4 2/3Eg+1/3ponta	0,446	4,14
5 1/3Eg+2/3ponta	0,469	4,00
6 2/3Eg+1/3costaneira	0,417	4,40
7 1/3Eg+2/3costaneira	0,423	4,38
8 2/3ponta+1/3costaneira	0,475	4,03
9 1/3ponta+2/3costaneira	0,463	4,13
10 1/3Eg+1/3ponta+1/3costaneira	0,454	4,20

Ponta: *E. grandis* 15 anos; costaneira: *E. grandis* 15 anos; Eg: *E. grandis* 7 anos

5.10.2 Número Kappa

Os resultados de Número Kappa das amostras em questão estão na TABELA 19. Vê-se que material proveniente de costaneiras contribuem para a apresentação de menores números kappa, não tendo muitas diferenças os resultados exibidos pelas amostras de *E. grandis* 7 anos e de pontas.

TABELA 19 - Número kappa

Amostra	NK médio	DVPAD	C.V. %
1 <i>E. grandis</i> 7 anos	20,10	0,342	1,70
2 Ponta	20,80	0,265	1,27
3 Costaneira	17,70	0,222	1,25
4 2/3Eg+1/3ponta	23,45	0,263	1,12
5 1/3Eg+2/3ponta	21,95	0,408	1,86
6 2/3Eg+1/3costaneira	19,55	0,411	2,10
7 1/3Eg+2/3costaneira	21,30	0,191	0,90
8 2/3ponta+1/3costaneira	19,20	0,400	2,08
9 1/3ponta+2/3costaneira	19,30	0,265	1,37
10 1/3Eg+1/3ponta+1/3costaneira	19,10	0,258	1,35

Ponta: *E. grandis* 15 anos; costaneira: *E. grandis* 15 anos; Eg: *E. grandis* 7 anos

Através de análises estatísticas pode-se afirmar que as diferenças que

ocorrem entre as amostras são significativas. As maiores diferenças estão entre as amostras de ponta e costaneira, sendo as menores diferenças entre ponta e *E. grandis* de 7 anos. Isto pode ser evidenciado pela FIGURA 8

FIGURA 8 - Análise segundo metodologia simplex de número kappa

Como número kappa indica o grau de deslignificação de uma polpa, isto implica que, material composto por costaneiras de *E. grandis* de 15 anos tende a deslignificar com maior facilidade quando comparado a material de *E. grandis* 7 anos e ponta de *E. grandis* de 15 anos.

6 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos permitiram verificar que:

- a quantidade de material comercial gerado em um maciço florestal sofre influência direta do diâmetro a altura do peito (DAP);
- árvores com DAP superior gera uma maior porcentagem de madeira para utilização em serraria, como também um maior volume de resíduo primário (serragem, costaneira);
- o rendimento em serraria se mostrou plenamente satisfatório, viabilizando o uso da madeira em questão;
- as diferenças entre madeira juvenil (*E. grandis* 7 anos) e madeira adulta (*E. grandis* 15 anos) não foram tão evidenciadas, principalmente em termos anatômicos, isto pode ser explicado pela presença de uma madeira em estado transição;
- a possibilidade de realizações de deslignificações Kraft conjuntas de misturas de *E. grandis* 7 anos e costaneiras ou ponta de árvores é plenamente viável;

- a madeira das costaneiras caracteriza-se por apresentar maior teor de lignina e menores teores de extrativos totais e solubilidades em água quente e NaOH 1%. As fibras apresentam maiores fração parede e índice de enfiamento que *E. grandis* 7 anos;
- a madeira das pontas das árvores apresenta menores teores de extrativos totais solubilidades em água quente e NaOH 1%. A densidade básica da madeira é mais elevada e as fibras apresentam maiores frações parede e menores coeficientes de flexibilidade que *E. grandis* 7 anos;
- a deslignificação Kraft de costaneiras resultou em ligeira perda de rendimentos mas produzindo polpa com menor número kappa que *E. grandis* 7 anos;
- a deslignificação kraft de pontas de árvores resultou em perda de rendimento bruto mas com menor consumo específico de madeira;
- as misturas *E. grandis* 7 anos e costaneiras permitiram observar aumentos na densidade básica, fração parede, índice de enfiamento e teor de lignina e decréscimos nos teores de extrativos totais e solubilidades em água quente e NaOH 1%, a medida que a proporção de madeira de costaneiras era aumentada. O Rendimento bruto e grau de deslignificação da polpa decrescem com a elevação da proporção de costaneiras;
- as misturas *E. grandis* 7 anos e ponta das árvores permitiram observar aumento na densidade básica, espessura da parede da fibra e decréscimo do índice de enfiamento, a medida que a

proporção de madeira de pontas era aumentada. O Rendimento bruto e consumo específico de madeira decrescem com a elevação da proporção de pontas de árvores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVIM, P. T. Periodicidade do crescimento das árvores em climas tropicais
CEPLAC : Centro de Pesquisas do Cacau, Itabuna, 16p., 1965.
- ASSOCIAÇÃO Nacional dos Fabricantes de Papel e Celulose. Relatório
Estatístico 1994. São Paulo. p.1-8.20.
- BAMBER, R. K. The wood anatomy of eucalyptus and papermaking. Appita,
Melbourne, v.38, n.3, p.210-216, mai. 1985.
- BANCO Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. Papel e celulose de
mercado : Diagnóstico da competitividade Brasileira, 33p. 1994.
- BARRICHELO, L. E. G., BRITO, J. O., COUTO, H. T. Z., CAMPINHOS JR. E.
Densidade básica, teor de holocelulose e rendimento em celulose de madeira
de *Eucalyptus grandis*. Silvicultura, São Paulo, v. 8, n. 32, p.802-808, set/out.
1982.
- BARRICHELO, L. E. G., BRITO, J. O., BAZANELI, A. V. Densidade básica e
características das fibras de madeira de *Eucalyptus grandis*. In: CONGRESSO
LATINO-AMERICANO DE CELULOSE E PAPEL, 3, 1983, São Paulo.
Anais...São Paulo: ABTCP, 1983. p.113-125.
- BARRICHELO, L. E. G., NARIYOSHI, A. H., BEIG, O., DINIZ, A. S. Variação das
características da madeira de eucalipto para diferentes espécies, idades e
locais. In: CONGRESSO ANUAL DE CELULOSE E PAPEL, 17, 1984, São
Paulo. **Anais** São Paulo: ABCP, 1984. p.9-22.
- BASSO JR, P. Setor fecha 1999 com balanço positivo. O Papel, v.60, n.1, p. 1,
jan 2000
- BEIGEL'MAN, A. V., GASINETS, A. M., ANTOSHINA, T. N. Possible methods for
complete utilization of wood at pulp and paper mills in Siberia and the far east.
Problemy Kompleks, Riga, 109-110, 1984. (ABICP, v. 58, n. 6, dez 1987).
- BLAND, D. E. The composition and analysis of eucalypt woods. Appita,
Melbourne, v.38, n.4, p.291-294, jul,1985.

- BRITO, J. O., BARRICHELO, L. E. G., FERREIRA, M. O melhoramento dos caracteres da madeira frente a produção de celulose e papel Boletim IPEF, Piracicaba, v.6, n.19, p. 95-115, out. 1978.
- BULHÕES, O. C. A., CERQUEIRA, C. C., ALBENY, M. M., *et alii*. Do planejamento e critérios adotados pela CVRD para identificação de clones de *Eucalyptus grandis* para serraria. IN: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO PARA SERRARIA, 1995, São Paulo. **Anais...**Piracicaba: IPEF/IPT, 1995. 165p. p.42-49.
- BUSNARDO, C. A., FOELKEL, C. E. B., ZVINAKEVICIUS, C. *et alii*. Estudo comparativo da qualidade da madeira de algumas espécies de eucaliptos tropicais. Cenibra técnica, Belo Oriente, v. 67, 27p. (s.d.).
- BUSNARDO, C. A., FOELKEL, C. E. B., ZVINAKEVICIUS, C., *et alii*. Estudo comparativo da qualidade da madeira de algumas espécies de eucaliptos tropicais. In: CONGRESSO ANUAL DA ABCP: SEMANA DO PAPEL, 11, 1978, São Paulo. **Anais...**São Paulo: ABCP, 1978. 232p. p.191-197.
- BUSNARDO, C. A., GONZAGA, J. V., FOELKEL, C. E. B., VESZ, J. B. V. Em busca da qualidade ideal da madeira do eucalipto para produção de celulose. II. Inter-relações entre propriedades das árvores e de suas madeiras. IN: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE CELULOSE E PAPEL, 3, 1983, São Paulo. **Anais...**São Paulo, 1983. p.31-47.
- BUSNARDO, C. A., MENOCELLI, S., DIAS, C., *et alii*. Potencialidade do *Eucalyptus robusta* para produção de celulose kraft. In: CONGRESSO ANUAL DA ABCP: SEMANA DO PAPEL, 18, 1985, São Paulo,. **Anais...**São Paulo: ABCP, 1985. v.1. 354p. p.81-100.
- CAMARGO, F. R. A., BARRICHELO, L. E. G., AMARAL, W. A. N. Caracterização tecnológica da madeira de povoamentos de *Eucalyptus grandis* - Hill Ex Maiden. In: CONGRESSO ANUAL DE CELULOSE E PAPEL, 20, 1987, São Paulo. **Anais...**São Paulo: ABCP, 1987. p.1-15.
- CARPIM, M. A., BARRICHELO, L. E. G. Variabilidade da densidade de madeira de *Eucalyptus* spp. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE CELULOSE E PAPEL, 3, São Paulo, 1983. **Anais...**São Paulo, 1983. p.127-137.

- CARPIM, M. A., BARRICHELO, L. E. G. Influência da procedência e da classe de diâmetro sobre as características da madeira de *Eucalyptus grandis*. In: CONGRESSO ANUAL DE CELULOSE E PAPEL, 17, 1984, São Paulo. **Anais...**São Paulo: ABCP, 1984. p. 19-23.
- CECCANTINI, G. Anatomia ecológica do lenho de espécies de cerrado e mata: casearia sylvestris sw. E machaerium villosum vog. São Paulo, IB - INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS, 1996. 117p.
- COSTA NETO, P.L.O. Estatística. São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 1977, 264p.
- COUTO, H. T. Z. Manejo de florestas e sua utilização em serraria. IN: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO PARA SERRARIA, 1995, São Paulo. **Anais...**Piracicaba: IPEF/IPT, 1995. 165p. p.20-30.
- DAVIDSON, J. Variation, association and inheritance of morphological and wood caracteres in a improvment programe for *Eucalyptus deglupta*. Thesis PhD. Australian University, 1972. 263p.
- ECKBLAD, J.W. How many samples should be taken? BioScience, n.41, v.5, p. 346-348, 1991.
- ESTEP, E. M. Wood residue: what and where. Madison: FPRS, (s.d). 14p. (sep/MW 73-S1).
- FANTINI, JR, M., GRAÇA, M. E. C. Propagação "in vitro" de *Eucalyptus saligna*. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6, Campos do Jordão, 1990. **Anais...**São Paulo: SBS/SBEF, 1990, p.377-378.
- FERNANDES, P. de S. Condução de Eucaliptais com alternativas de uso. IPEF, Piracicaba, v. 24, p. 55-56, 1983.
- FERREIRA, M. Estudo da variação da densidade básica da madeira de *Eucalyptus alba* Reinw e *Eucalyptus saligna* Smith. IPEF, Piracicaba, n.1, p.83-96, 1970.

- FERREIRA, M., KAGEYAMA, P. Y. Melhoramento genético da densidade da madeira de eucalipto. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 3, Manaus, 1978. Anais...São Paulo:SBS, 1978, v.2. p.148-152.
- FERREIRA, M. Escolha de espécies de eucalipto. IPEF, Piracicaba, n. 47, 29p., mai. 1979.
- FOELKEL, C. E. B., BRASIL, M. A. M., BARRICHELO, L. E. G. Métodos para determinação da densidade básica de cavacos para coníferas e folhosas. IPEF, Piracicaba, v. 213, p. 65-74, 1971.
- FOELKEL, C. E. B., BARRICHELO, L. E. G. Avaliação das madeiras para produção de celulose através de suas características estruturais: uma referência especial para o gênero *Eucalyptus*. IN: SEMINÁRIO DE INTEGRAÇÃO FLORESTA-INDÚSTRIA, 1975, Piracicaba. Anais...Piracicaba: IPEF, 1975. 180p. p.5-33.
- FOELKEL, C. E. B. Qualidade da madeira: determinação da densidade básica da madeira. Cenibra, Viçosa, n. p.2, 3p., mar. 1977.
- FOELKEL, C. E. B. Qualidade da madeira: lignina. Cenibra: UFV, Viçosa, n. t4. 37p. 1977^b
- FOELKEL, C. E. B. Qualidade da madeira: extrativos da madeira. Cenibra: UFV, Viçosa, n. t7. 25p. jun.1977^c
- FOELKEL, C. E. B., ZVINAKEVICIUS, C., SIQUEIRA, L. R. O., ANDRADE, J. O. M. Casca desmedulada de eucalipto: uma nova opção como fonte de fibras para a indústria de celulose kraft. Cenibra, Belo Oriente, n. 34, 48 p., jul 1977.
- FOELKEL, C. E. B. Madeira do eucalipto: da floresta ao digestor. IPEF, Piracicaba, v. 6, n. 20, nov. 1978^a, p.E1-E25.
- FOELKEL, C. E. B., ZVINAKEVICIUS, C., ANDRADE, J. R. O cancro do eucalipto e sua influência sobre a qualidade da celulose kraft. Cenibra Pesquisa, Belo Oriente, v. 58, 34p., mai. 1978.
- FOELKEL, C. E. B., BUSNARDO, C. A., ZVINAKEVICIUS, C., *et alii*. Em busca da qualidade ideal da madeira de eucalipto para produção de celulose. In: SIMPÓSIO IUFRO DE MELHORAMENTO GENÉTICO E

PRODUTIVIDADE DE ESPÉCIES FLORESTAIS DE RÁPIDO CRESCIMENTO, 1983, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Silvicultura, 1983. p.822-826.

FOREST products laboratory. Uses for sawdust and shavings. Forest Products Laboratory, Madison, FPL 047, 5p., abr. 1964.

FORSSTROM, A., THOREN, A. Karlsborg project report: experimental mill under transformation. Svensk Papeerstad, Suécia, v.87, n. 14, p.6-11, out. 1984. (ABIPC v.55, n.7, jan 1985).

FREITAS, A. R., NETO, B. O. Os avanços tecnológicos no processamento e uso de produtos florestais: produção de madeira serrada de eucalipto. Publicação IPT 2054, São Paulo, 1993, s.p.

GELES, I. S., KORZHITSKAYA, Z. A., AGEEVA, M. I. Use of small-diameter wood from logging residues in kraft pulp production. Mezhvuz, Leningrado, 1982. (ABIPC v.57, n.4, out. 1986).

GEMMELL, A. R. Anatomia do vegetal em desenvolvimento. São Paulo : EDUSP, 1981, 73p. v.12.

GOMIDE, J. L. Produção de celulose e papel com madeira de eucalipto. Informativo Agropecuário, Belo Horizonte, n. 12, v. 141, p.80-82, set. 1986.

GONZAGA, J. V., BUSNARDO, C. A., DIAS, C., MENOCELLI, S., FOELKEL, C. E. B. Caracterização da qualidade da madeira de *Euclyptus viminalis* introduzido na região de Guaíba-RS. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE CELULOSE E PAPEL, 3, 1983, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 1983. p. 1053-1071.

HARRIS, J. M. The heritability of wood density. In: INTERNATIONAL UNION OF FOREST RESEARCH ORGANIZATION MEETING SECTION 41, Melbourne, 1965. Proceedings. Melbourne, IUFRO, v.2, 14p.

HARRIS, J. M. Wood quality of radiata pine. Apitta, Melbourne, v.35, n.3, p.211-215, nov. 1981.

HARRIS, R. A., PHILLIPS, D. R. Bulk density of seven typical industrial wood fuels. Forest Products Journal, Madison, n.1, v. 39, p. 31-32, jan. 1989.

HOWARD, A. F. Modeling sawmill production, costs, and profitability as a guide to preparing bids for timber. Forest products journal, Madison, n.3, vol. 38, p. 29-34, mar. 1988.

JANKOWSKY, I., P. Madeira juvenil: formação e aproveitamento industrial. IPEF Série Técnica, Piracicaba, n. 81, 18p., dez. 1979.

KAGEYAMA, P. Y., KRUGNER, T. L., MORA, A. L. *et alii*. Avaliação de progênies de árvores superiores de *Eucalyptus grandis*. IPEF Série técnica, Piracicaba, v. 80, p. 1-11, 1979.

KIKUTI, P., FIER, I. S. N., SPELTZ, R. Manejo de eucalipto para uso múltiplo na Klabin. IN: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO PARA SERRARIA, 1995, São Paulo. **Anais...**Piracicaba: IPEF/IPT, 1995. 165p. p. 41.

LEHMANN, E. L. & D'ABRERA, H. J. M. Nonparametrics: statistical methods based on ranks. McGraw Hill International Book Co., 1975, 457 p.

LIMA, J. T., SPERANDIO, J. P. Densidade da casca de clones de *Eucalyptus grandis* avaliada em função da idade. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6, Campos do Jordão, 1986. **Anais...**São Paulo, 1986. p.705-708.

MANFREDI, V. Variação do rendimento em celulose sulfato ao longo do tronco do *Eucalyptus grandis* Hill ex maiden e *E. saligna* Smith. Piracicaba, ESALQ, 1985. 94p.

MIGLIORINI, A. J., BARRICHELO, L. E. G., KAGEYAMA, P. Y., *et alii*. Variação da densidade básica da madeira de *E. grandis* Hill Ex Maiden em função de diferentes níveis da floresta. In: CONGRESSO ANUAL DE CELULOSE E PAPEL, 21 São Paulo, 1988. **Anais...**São Paulo: ABCP, 1988. p.25-35.

MOREY, P. R. . O crescimento das árvores. São Paulo : EDUSP, 1980. 72p./v.19.

NAHUZ, M. A. R. Aspectos de tecnologia e produção no uso múltiplo das florestas. Reunião FLORAM 95, Belo Horizonte, out 1995, 10p.

- NICOLIELO, N. Possibilidades de usos múltiplos das florestas. IN: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 3, 1985, Olinda. **Anais...** Olinda: SBS, 1985. P. 141-144.
- PANSIN, A. J., ZEEUW, C. Textbook of wood technology: structure, identification, uses, and properties of the commercial woods of the United States and Canada. New York: McGraw-Hill Book Company, 1970. 3 ed. 705p.
- PANSIN, A. J., DE ZEEUW, C., BROWN, H. P. Textbook of wood technology. New York, MacGraw-Hill, 4.ed., 1980, v.1, 722p.
- PATTERSON, D. W., CLARK, A. Bulk density of southern pine logs. Forest Products Journal, Madison, v. 38, n. 11/12, p. 36-40, dez. 1988..
- PAULA, J. E., ALVES, J. L. H. Estrutura anatômica de madeiras indígenas para produção de energia e papel. Informativo Agropecuário, Belo Horizonte, n. 24, v. 12, p. 1461-1471, dez. 1989.
- PEPIÓ, M., POLO, C., VIDAL, T. Análisis y control estadístico de la viscosidad de una pasta kraft. El Papel, p.73-78, mai-jun 1989.
- PEREIRA, H., SARDINHA, R. Chemical composition of *Eucalyptus globulus* Lab. Appita, Melbourne, v.37, n.8, p.661-664, set. 1984.
- PONCE, R. H. Novas tecnologias de desdobro e beneficiamento da madeira: a busca da competitividade. Publicação IPT 2055, São Paulo, 1993, n.p.
- PONCE, R. H. Madeira serrada de eucalipto: desafios e perspectivas. IN: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO PARA SERRARIA, 1995, São Paulo. **Anais...** Piracicaba: IPEF/IPT, 1995. 165p. p.50-58.
- RELAÇÕES entre características da madeira e propriedades da celulose e papel. In: SEMINÁRIO DE INTEGRAÇÃO FLORESTA-INDÚSTRIA, 1975, Piracicaba. **Anais**. Piracicaba: ESALQ, 1975. 180p. p.11-33.
- SARAVIA, O. M. N., SOUZA, A. L., VALE, A. B., et alii. Contribuição ao estudo da aplicação do uso múltiplo no planejamento de florestas nacionais. Revista Árvore, Viçosa, v. 15, n. 3, p. 224-240, 1991.

SCHREUDER, H. T. & BRINK, G. E. The jackknife: a useful statistical tool. In: Proceedings of an international Conference: renewable resources inventories for monitoring changes and trends. Corvalis, Oregon, p. 531-535, 1983.

SETOR de química celulose e energia. Diâmetro versus densidade básica. Parte I: valores individuais dentro do mesmo povoamento. Informações SQCE, Piracicaba, n. 14, 4p., nov. 1984.

SETOR de química, celulose e energia. Diâmetro versus densidade básica. Parte II: valores médios dentro de diferentes classes de DAP para um mesmo povoamento. Informações SQCE, Piracicaba, n. 15, 4p., jan. 1985.

SETOR começa a viver um novo ciclo de crescimento. Celulose e Papel, v.15, n.66, p.6-9, 1999.

SHIMOYAMA, V. R. S., BARRICHELO, L. E. G. Influências de características anatômicas e químicas sobre a densidade básica de madeira de *Eucalyptus* spp. In: CONGRESSO ANUAL DE CELULOSE E PAPEL, 24, 1991. Anais... São Paulo: ABTCP, 1991. p.23-35.

SILVA JÚNIOR, F. G. Utilização múltipla da madeira de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* para produção de celulose kraft. IN: WORKSHOP QUALIDADE DA MADEIRA EM *Pinus*, Piracicaba, 1992. Anais... Piracicaba: IPEF, 1993. p.1-98.

SILVA JÚNIOR, F. G., VALLE, C. F., MUNER, J. C. G. Programa de qualidade da madeira da Votorantim Celulose e Papel - VCP. O Papel, São Paulo, n.1, jan. 1996.

SOUZA, V. R., CARPIM, M. A., BARRICHELO, L. E. G. Densidade básica entre procedências, classes de diâmetro e posições em árvores de *Eucalyptus grandis* e *E. saligna*. IPEF, Piracicaba, v. 33, p. 65-72, ago. 1986.

SUSWEL, L. Le poids spécifique des bois d' *Eucalyptus camadulensis* par rapport a quelques facteurs relatifs a l'individu et en millien. In: IUFRO CONGRESS, 11 Rome, 1954. Proceedings Rome, 1954p. 1065-1075.

TEIXEIRA, M. L., SOARES, A. R. Qualidade da madeira e celulose de quatro procedências de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. In: CONGRESSO

ANUAL DE CELULOSE E PAPEL, 22, São Paulo, 1989. **Anais...** São Paulo: ABTCP, 1989. 781p. p.07-15.

VASCONCELLOS-DIAS, R. L., CLAUDIO-DA-SILVA JR., E. A influência da densidade básica da madeira de híbridos de *E. grandis* em suas características químicas, e propriedades de polpação e do papel. In: CONGRESSO ANUAL DE CELULOSE E PAPEL, 18, 1985. **Anais...** São Paulo: ABTCP, 1985. p.31-56, v.1, 354p.

WILKES, J., ABBOTT, D. Influence of the rate of tree grown on the anatomy of eucalypt species. Appita, Melbourne, v.37, n.3, p.231-232, nov. 1983

ZOBEL, B., CAMPINHOS JR, E., IKEMORI, Y. Selecting and breeding for desirable wood. Tappi, Atlanta, v. 66, n. 1, p. 70-74, 1983.

ZOBEL, B. J., BUIJTENEN, J. P. Wood variation: its causes and control. New York, Springer-Verlag, 3. ed., 1989, 363p.

ZOETTI, H. W. Possibilidades de utilização da casca de essências florestais para o melhoramento do solo. Revista Floresta, Curitiba, v.11, n. 2, p. 45-51, 1980.

ZVINAKEVICIUS, C., FOELKEL, C. E. B., KATO, J. *Eucalyptus grandis* com 5 anos: matéria-prima para a indústria de celulose. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 4, São Paulo, 1986. **Anais...** São Paulo, 1986. p.904-907.