INFLUÊNCIA DE DIFERENTES INTENSIDADES DE
DESBASTE NA QUALIDADE DA MADEIRA DE *Pinus taeda* L.
PARA PRODUÇÃO DE CELULOSE KRAFT

TELMA SINICIO MUNER

Orientador : Prof. LUIZ ERNESTO GEORGE BARRICHELO

Dissertação apresentada à Escola
Superior de Agricultura "Luiz de
Queiroz", da Universidade de São
Paulo, para obtenção do título de
Mestre em Engenharia Florestal.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Agosto - 1983

Aos meus pais,

Adônis e Gianete Yvone

OFEREÇO

Ao meu marido,

João Carlos,

DEDICO

AGRADECIMENTOS

- Ao Prof. Dr. Luiz Ernesto George Barrichelo, pela orientação e estímulo.
- Aos professores Dr. Epaminondas Sansigolo de Barros Ferraz, Dr. Mario Tomazello Filho e Dr. Hilton Thadeu Z. do Couto pela contribuição a esse trabalho.
- À EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Unidade Regional de Pesquisa Florestal - Centro Sul, na pessoa do Engº Antonio R. Higa, pelo fornecimento do material para esse estudo, e ao Engº José Carlos D. Pereira, pelos esclarecimentos e sugestões.
- À Marialice Metzker Poggiani pelo auxílio nas consultas bibliográficas, assim como à Maria Helena M.O. Rodrigues e Magali Aparecida de Oliveira pela atenção.
- Aos amigos do SQCE, em especial à Raquel Degaspari e Maria Regina Buch, pela indispensável colaboração.
- À CAPES - Coordenação do Aperfeiçoamento do Ensino Superiores, pelo apoio econômico.
- Ao Departamento de Silvicultura, pela oportunidade.
- A todos aqueles que, de qualquer forma, contribuíram para a execução desse trabalho.

ÍNDICE

página

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Influência de desbastes sobre as característi- cas anatômicas e químicas da madeira	3
2.2. Influência de desbastes sobre a densidade da madeira e percentagem de lenhos	9
2.3. Influência de desbastes sobre o processo de deslignificação e propriedades físico mecâni- cas da celulose	13
3. MATERIAL E MÉTODOS	21
3.1. Material	21
3.2. Métodos	23
3.2.1. Incremento volumétrico e percentagem de casca	23
3.2.2. Densidade básica	24
3.2.2.1. Discos	24
3.2.2.2. Anéis de crescimento	26
3.2.3. Densidade aparente por atenuação de ra- dição gama	26
3.2.3.1. Anéis de crescimento	26
3.2.4. Espessuras, volumes e percentagens de lenhos	28

3.2.5. Incremento em massa por lenho e por anel	28
3.2.6. Dimensões de traqueídeos	29
3.2.7. Análises químicas	30
3.2.7.1. Ao nível do DAP para regiões do lenho formadas antes e de- pois do desbaste	30
3.2.7.2. Amostras compostas, represen- tando a árvore como um todo ..	31
3.2.8. Produção de celulose	32
3.2.8.1. A partir dos discos	32
3.2.8.2. Utilização de madeira produzi- da antes e após o desbaste ...	32
3.2.9. Desintegração e lavagem da polpa	34
3.2.10. Determinação do número Kappa	35
3.2.11. Moagem da celulose	35
3.2.12. Preparação das folhas para testes	36
3.2.13. Avaliação das propriedades físico-mecâ- nicas das celulosas produzidas	36
4. RESULTADOS	38
5. DISCUSSÃO	71
5.1. Influência dos desbastes no volume e massa de madeira produzidos	71

5.2. Influência dos desbastes na altura dos indiví- duos remanescentes	73
5.3. Densidade básica e teor de lenhos	74
5.4. Características dos traqueídeos	79
5.5. Composição química	85
5.6. Rendimento do processo de deslignificação e ca- racterísticas da celulose	89
6. CONCLUSÕES	98
7. LITERATURA CITADA	102
APÊNDICE	112

INFLUÊNCIA DE DIFERENTES INTENSIDADES DE
DESBASTE NA QUALIDADE DA MADEIRA DE *Pinus taeda* L.
PARA PRODUÇÃO DA CELULOSE KRAFT

Autora: TELMA SINICIO MUNER

Orientador: LUIZ ERNESTO GEORGE BARRICHELO

RESUMO

O presente trabalho analisa os efeitos pós-desbastes sobre o incremento volumétrico e as repercussões do ritmo de crescimento na qualidade da madeira para produção de celulose.

Os estudos foram dirigidos no sentido de analisar as influências dos desbastes nas características anatômicas e químicas da madeira, assim como suas relações com as propriedades físico-mecânicas da celulose.

O material utilizado foi obtido de 80 árvores da espécie *Pinus taeda* L. com idade de 17 anos. O povoamento foi implantado em 1962, no município de São Francisco de Paula-RS, sendo propriedade da EMBRAPA.

.viii.

A amostragem foi feita cinco anos após a aplicação dos desbastes em três intensidades a saber: 25, 50 e 75%. Foram amostradas 20 árvores por tratamento incluindo uma parcela como testemunha.

Nas árvores seleccionadas foram tomadas alturas comercial e total, diâmetro à altura do peito e retirados discos em 6 posições ao longo do tronco.

O material foi ensaiado quanto à densidade básica, percentagem de lenhos, composição química, características anatômicas, produção de celulose e suas propriedades físico-mecânicas.

Ficou constatado que a população em estudo apresentou-se homogênea em termos de altura porque, mesmo adotando-se a técnica de desbaste por baixo, não se detectou variação da altura média do povoamento em função dos tratamentos.

A densidade básica da madeira mostrou-se com tendência a diminuição em função dos tratamentos, mostrando-se o fenômeno relacionado com aumento na espessura dos anéis de crescimento, redução do teor de lenho tardio, aumento na largura e redução no comprimento dos traqueídeos.

Os teores de extrativos em álcool benzeno e em água quente apresentaram-se com tendência de elevação para os

indivíduos de crescimento acelerado. O teor de holocelulose teve um comportamento inverso, assim como os rendimentos do processo de deslignificação, o número kappa, e a viscosidade das celuloses produzidas.

Em relação as propriedades físico-mecânicas observou-se redução na resistência ao rasgo e porosidade em função dos desbastes, aumento na resistência à tração e no peso específico das folhas produzidas.

THE EFFECTS OF DIFFERENT THINNING INTENSITIES
ON THE QUALITY OF *Pinus taeda* L. KRAFT PULPWOOD

Author: TELMA SINICIO MUNER

Adviser: LUIZ ERNESTO GEORGE BARRICHELO

SUMMARY

An analysis was made of the after-thinning effects on the volumetric development and the influence of growth rate on the quality of pulpwood.

The study was conducted with the objective of analysing the consequences of the thinning process on the anatomical and chemical characteristics of the wood as well as its relationship with the physical and mechanical properties of cellulose.

Eighty 17 years old *Pinus taeda* L. planted in 1962 at the EMBRAPA property, São Francisco de Paulo, RS, were used in this experiment.

The sampling was made five years after crop application of three thinning intensities of 25, 50, and 75%. Twenty trees were sampled for each treatment and another

twenty were included for control purposes.

The selected subjects were measured for their commercial and total heights and breast-height diameter. Discs were cut out along their stem in 6 positions.

Samples were analysed as to specific gravity, late wood/early wood rate, chemistry composition, anatomical characteristics, kraft pulping process and the physical and mechanical properties of the cellulose.

The thinnings applied did not affect the height of the population but the wood specific gravity showed a decrease, which was probably due to the thickness enlargement of the growth-rings, rate reduction of late wood, the width increase and shortening of tracheids length.

Alcohol benzen and hot water extractives showed a tendency of heigher rates in the samples of fast-growing individuals. Holocellulose content, yields of the deslignification process, KAPPA number, and pulp viscosity showed opposite results.

Thinnings, particularly that of 75% intensity, presented a weakening of tear resistance, decrease of porosity, and showed an increase in tensile strength and specific gravity of the handsheets.

1. INTRODUÇÃO

A prática de desbaste é bastante difundida, sendo seu objetivo principal otimizar a rentabilidade dos povoamentos florestais.

Os desbastes concentram a capacidade potencial de produção de madeira do povoamento sobre um número limitado de árvores selecionadas.

Em consequência consegue-se o incremento volumétrico dessas árvores remanescentes, além do aumento da produção total de madeira pela utilização do material proveniente do desbaste.

Todavia, surgem algumas questões quanto aos possíveis reflexos da aceleração metabólica sobre as características dos tecidos lenhosos formados pós-desbaste.

Este tema é de fundamental importância quando se analisa a qualidade da madeira para sua industrialização e, sobretudo, na produção de celulose.

Diversos autores têm explorado exaustivamente o assunto e a abordagem mais generalizada propõe que a taxa de crescimento pode controlar, em grande parte, a qualidade da madeira e conseqüentemente as propriedades físico-mecânicas da celulose.

No entanto, outros autores afirmam ser o assunto ainda polêmico, justificando a necessidade de maiores estudos, tendo em vista os critérios que se adotam na conceituação da qualidade da madeira.

Como contribuição ao tema, o presente trabalho foi elaborado com o objetivo de analisar a influência de diferentes intensidade de desbaste, na qualidade da madeira de *Pinus taeda* L., considerando-se os aspectos anatômicos, físicos e químicos, assim como suas relações com as propriedades físico-mecânicas da celulose kraft produzida.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Influência de desbastes sobre as características anatômicas e químicas da madeira

KRAMER e KOZLOWSKY (1972) propõem que a alteração ambiental em povoamentos florestais submetidos a desbastes podem influenciar a quantidade e a qualidade dos elementos anatômicos do lenho.

Os desbastes agem promovendo maior disponibilidade de luz, água e sais minerais, o que predispõe o indivíduo a aumentar a taxa fotossintética. Dentro de limites, esses efeitos estão relacionados com o espaçamento entre as árvores e conseqüentemente com o nível de desbaste adotado (Burns e Irwin, 1942 citados por KRAMER e KOZLOWSKY, 1972).

Esses fatores do meio controlam os processos

hormonais envolvidos na formação do lenho, de acordo com KOCH (1972). Segundo o mesmo autor, a periodicidade da atividade cambial é função de níveis auxínicos interagindo com outros hormônios de crescimento como giberelinas e citoquininas.

As diferenças anatômicas tão marcantes entre os lenhos inicial e tardio, segundo ESAU (1974) são decorrentes de variações nos períodos estacionais. Os fatores ambientais agem controlando a atividade das células cambiais e, conseqüentemente, as características do lenho produzido.

Nos períodos favoráveis ao crescimento, são produzidos estímulos hormonais responsáveis pela formação de células mais largas, com paredes mais delgadas e maior diâmetro do lúmen. KOCH (1972) explica que com nível de auxina elevado, supostamente o ácido indol acético, ocorre formação de células que caracterizam o lenho inicial. As condições ambientais podem afetar indiretamente o número e diâmetro radial das células cambiais em desenvolvimento em função de ação direta sobre desenvolvimento de copa e raízes e alterando conseqüentemente os níveis de ácido indol acético.

MOREY (1976) constatou a ação da auxina sobre o crescimento em diâmetro das células do xilema em diferenciação. O autor ressalta as evidências de que o controle hormonal induzido pelo meio age na estrutura dos traqueídeos, como proposto nos experimentos de LARSON (1969).

Vários pesquisadores têm concluído que as variáveis, diâmetro radial e espessura de paredes são independentes fisiologicamente, embora na natureza estejam associados na formação do anel de crescimento (Wodzicki e Witkowska, 1961; Larson, 1962; Zahner e Oliver, 1962; citados por KOCH, 1972).

São bastante complexas as inter-relações durante a xilogênese, tanto no aspecto anatômico como químico. De acordo com HALL, FLOWERS e ROBERTS (1974) a constituição anatômica e química das células do lenho varia enormemente durante a sua formação assim como está relacionada com o tempo disponível para consumação dos mecanismos metabólicos envolvidos. Por essa razão é válida a abordagem feita para o que ocorre durante a diferenciação entre os lenhos, o que, na realidade, implica em alterações no ritmo de crescimento por indução externa.

Trabalhos na literatura, citados por PANSHIN e DE ZEEUW (1970), mostram que em algumas espécies de coníferas o teor de celulose no lenho tardio não é somente maior em termos de quantidade mas que apresenta-se com maior grau de polimerização, maior densidade e consequentemente maior cristalinidade do que no lenho inicial. Verifica-se que o lenho tardio é produzido de maneira mais gradativa e lenta, o que induz maior polimerização.

Estendendo esses conceitos para um ritmo de crescimento acelerado após o desbaste, pressupõe-se que os lenhos formados nesta fase estariam propensos a apresentarem menores graus de polimerização para seus carboidratos. Segundo MEIER (1964) a composição química dos lenhos varia e está relacionada com o ritmo de crescimento. Isso é bastante coerente porque a diferença entre os lenhos reflete diferentes níveis de atividade cambial. O autor constatou em seus estudos que o teor de arabionogalactanas é mais elevado para os traqueídeos de lenho inicial. WAKELEY (1969) observou maiores teores de holocelulose para madeiras provenientes de talhões sem desbastes.

Segundo DADSWELL (1957) os fatores do meio são condicionantes das características do lenho embora suas quantificações e possíveis manipulações não estejam ainda bem definidas.

As variações estacionais são dotadas de um poder de ação primário no controle da atividade cambial, tanto que são capazes de imprimir no indivíduo a formação de lenhos inicial e tardio tão distintos anatomicamente (ESAU, 1974). Os desbastes porém, são capazes de induzir alterações hormonais positivas a nível cambial como proposto por KRAMER e KOZLOWSKY (1972) e BRAYTON (1964). Embora sejam alterações secundárias, comparadas às possibilidades das induções estacionais,

são eficientes a ponto de alterar a proporção entre lenhos e/ou a própria anatomia dos elementos constituintes.

RICHARDSON (1964) cita que o comprimento do traqueídeo formado está relacionado com a intensidade de luz. Segundo o autor, o fato é decorrente de uma interação entre a atividade de meristemas terminais e divisões cambiais. Essa interação controla a taxa hormonal interferindo de maneira específica no comprimento, na largura e espessura da parede do traqueídeo.

COWN (1974) determinou os efeitos de desbaste leve e moderado na taxa de crescimento e propriedades da madeira. Não foram detectadas diferenças significativas entre os tratamentos, porém as árvores provenientes dos povoamentos que sofreram desbastes em qualquer das intensidades, apresentaram seus traqueídeos reduzidos em comprimento de até 10%. Apesar de esse autor não ter apresentado valores relativos à largura dos traqueídeos, observa-se nas demais citações que este é o parâmetro mais fortemente afetado pelo ritmo de crescimento.

Autores como SPURR e HSIUNG (1954) e SUTTON e HARRIS (1973) propõem questões ainda sobre essas considerações.

SAVINA e YAKIMOV (1976) comprovam que a pró-

pria velocidade de formação das células é alterada, além de suas modificações anatômicas. Os autores analisaram a atividade cambial de *Pinus sylvestris* e concluíram que os primeiros traqueídeos do lenho inicial foram formados entre 10 e 14 dias mais cedo nos talhões desbastados, além de terem sido produzidos em maior quantidade.

Estudando um talhão desbastado de *Quercus ibérica*, LOBZANIDZE (1968) já havia constatado uma reativação cambial depois de 2 a 5 dias após os desbastes. O autor observou ainda que a largura dos anéis, o diâmetro dos vasos do lenho inicial e o comprimento das fibras libriiformes apresentaram-se maiores para os talhões desbastados.

O mesmo autor, trabalhando com *Pinus sylvestris*, observou que num talhão submetido a desbastes com 58% de intensidade, o período de atividade cambial foi prolongado por mais 5 anos em confronto com as árvores testemunhas.

BRAYTON (1964) apresentou em seus estudos, diferenças marcantes entre a atividade cambial de árvores dominantes e dominadas.

KROMHOUT (1968) estudando o comportamento anatômico da madeira de *Pinus pinaster* em função de variações na taxa de crescimento, concluiu que o diâmetro radial celular e o diâmetro do lúmen dos lenhos inicial e tardio foram signifi

cativamente influenciados. O fato ocorreu em proporção direta à aceleração do ritmo de crescimento. O autor não observou variação no comprimento da fibra e/ou variações sistemáticas nos ângulos microfibrilares.

O autor considera viável pensar-se na manipulação da morfologia da fibra através de práticas silviculturais, com base nos resultados de seu trabalho.

2.2. Influência de desbastes sobre a densidade da madeira e percentagem de lenhos

A influência do ritmo de crescimento sobre a densidade da madeira tem sido motivo de debates principalmente após a publicação dos trabalhos de Turnbull (1947), citado por BRAZIER (1970). O enfoque para o assunto, segundo o autor, é dado normalmente de duas formas, isto é, o ritmo de crescimento pode ser acelerado já desde o início da implantação da floresta, com adoção de espaçamentos amplos ou por desbastes (KARANI, 1976; REUKEMA e BRUCE, 1977; BASSET, 1964).

A densidade é um parâmetro meramente quantitativo mas adotada comumente como índice de qualidade por estar diretamente relacionada com as características anatômicas e químicas da madeira. Constitui-se em variável que reflete a qualidade do tecido vegetal constituinte do lenho, representa

do pelos tipos de elementos anatômicos, seu número relativo, dimensões e particularmente as relações entre as percentagens de lenho inicial e tardio (HARRIS, 1963; FOELKEL, 1977 e BARRICHELO, 1979).

As diferenças entre os lenhos está fundamentada na anatomia dos traqueídeos. Para coníferas, em função da uniformidade de sua estrutura anatômica, as alterações na espessura da parede celular estão intimamente relacionadas com a densidade da madeira (FOELKEL e BARRICHELO, 1975). Além disso, existe uma alta correlação entre a densidade da madeira e as percentagens de lenho tardio e inicial. De acordo com estes autores, essas são as razões pelas quais a densidade básica para coníferas é tida como um bom índice de qualidade.

A importância relativa do lenho tardio, segundo BROWN, PANSIN e FORSAITH (1952), está relacionada ao fato de que, na maioria das espécies, o lenho tardio contém maior quantidade de massa por unidade de volume.

LARSON (1957) destaca que mais de 60% da variação total da densidade é devida à percentagem de lenho tardio na madeira.

Por isso, recomenda-se examinar a relação entre as alterações na taxa de crescimento e a formação dos le-

nhos tardio e inicial o que significa analisar paralelamente as possíveis variações anatômicas. De acordo com BROWN, PANSHIN e FORSAITH (1952) o ritmo de crescimento acelerado promove inevitavelmente formação de anéis mais largos. Estes por sua vez, apresentam-se normalmente menos densos, pois o lenho tardio, constituído por traqueídeos de paredes mais espessas é menos afetado pela taxa de crescimento do que o lenho inicial.

ZVIEDRIS e KALNIN'S (1968) observaram aumento na largura dos anéis de crescimento de *Pinus silvestris*, no mesmo ano em que se efetuaram desbastes, com 25% de intensidade, em talhões com idades superiores a 30 anos. Os incrementos alcançaram o ponto máximo entre 3 e 5 anos após a aplicação dos desbastes.

KROMHOUT (1968), COWN (1974), PARKER *et alii* (1976), SÿDE (1976), SAVINA e YAKIMOV (1976) observaram reduções da densidade em indivíduos cujo ritmo de crescimento foi acelerado por desbastes.

A explicação mais comum para o fenômeno é o alargamento dos anéis de crescimento com alteração da proporção entre os lenhos e consequentemente nas proporções entre os traqueídeos de paredes espessas e de paredes delgadas. BARRICHELO (1979) apresentou como resultados de seus estudos correlações lineares positivas, estatisticamente significativas entre den

sidade básica e percentagem de lenho tardio, tanto em volume como em peso.

ECHOLS (1959) analisando uma população de *Pinus taeda* com 20 anos de idade não constatou diferenças de densidades para madeiras de árvores que se desenvolveram em espaçamentos diferentes, variando de 2 a 10 m². Após desbastes, porém, ocorreram tendências de redução da densidade para os talhões onde o espaçamento anteriormente era maior.

PEREIRA (1982) mostrou que as diferenças no ritmo de crescimento estão relacionadas com a densidade básica. Os dados do autor revelam alta correlação entre densidade básica e ritmo de crescimento, com regressões parciais inversas com o aumento das árvores em diâmetro e diretas com a altura dos indivíduos.

Ericson (1966), citado por BRAZIER (1976) trabalhando com *Pinus sylvestris* não observou diferenças para densidade básica e teor de lenho tardio entre os indivíduos submetidos a vários níveis de desbastes em confronto com talhões testemunhas. O mesmo autor, analisando a influência de desbastes pesados e rigorosos para povoamentos de *Picea* sp. concluiu que a tendência é a diminuição da densidade de 10 a 17% dos indivíduos dos talhões desbastados em confronto com aqueles dos talhões testemunhas.

BRAZIER (1970) concluiu para essa mesma espécie, que a densidade da madeira é significativamente influenciada pela taxa de crescimento, principalmente como resultado de um acréscimo no teor de lenho inicial sem correspondente aumento do lenho tardio. Como essa situação é o que ocorre normalmente, segundo o autor, quando um desbaste é seguido de incremento radial existe sempre uma redução da densidade básica da madeira.

2.3. Influência de desbastes sobre o processo de deslignificação e propriedades físico mecânicas da celulose

Segundo FOELKEL e BARRICHELO (1975) existe um grande número de variáveis influenciando o rendimento e a qualidade final da celulose no processo kraft. As características da matéria-prima constituem-se segundo RYDHOLM (1965), em parâmetros de efeitos dominantemente influentes nos processos de produção de celulose.

Durante o processo de deslignificação da madeira ocorre uma interação físico-química entre matéria-prima e licor de cozimento onde agem influenciando conjuntamente às variáveis do processo, aquelas referentes à madeira. Estão incluídas nesse contexto a densidade básica, regida pelas características anatômicas e químicas da madeira; a composição química

mica, o tamanho dos cavacos, etc.

RYDHOLM (1965) cita que o rendimento do proceso estaria predominantemente influenciado pela composição química da madeira, enquanto que as propriedades da polpa seriam determinadas principalmente pelas características dos elementos estruturais da madeira.

THOMAS (1976), FOELKEL (1977), BARRICHELO e BRITO (1978) têm mostrado em seus estudos, a interdependência das variáveis envolvidas no processo de deslignificação.

Como foi constatado por COWN (1974), o ritmo de crescimento pode alterar as características da madeira. Interessa portanto, analisar, tecnologicamente como essas modificações podem influir na topoquímica dos processos de conversão.

Como ressaltado anteriormente, a maioria dos autores que estudaram a influência do ritmo de crescimento na qualidade da madeira, observaram alargamento das células e aumento do diâmetro do lúmen quando produzidas durante metabolismo ativado (LOBZANIDZE, 1969 e KROMHOUT, 1968).

Um dos fatores que regem a penetração do licor de cozimento no interior dos cavacos é exatamente a percentagem de espaços vazios. Segundo FOELKEL (1977) a madeira do lenho inicial é mais facilmente penetrada que a de lenho tardio, pois possui maior lúmen e maior número de pontuações. O

mais importante fator a regular a penetração em coníferas, de acordo com o mesmo autor, é o número e as dimensões das pontuações.

Com base nessas observações pode levantar-se a hipótese de que as madeiras de crescimento mais rápido estariam mais aptas a favorecer a penetração dos agentes de deslignificação.

WAKELEY (1969), pôde comprovar essa teoria com os resultados de seus estudos. O autor utilizou madeira de *Pinus elliottii* e *Pinus taeda* provenientes de talhões submetidos a desbastes leves e pesados para produção de celulose kraft. Foram constatados que os rendimentos totais em celulose eram maiores para os indivíduos que se encontravam sob regime de competição. O referido autor propõe que o fato possa estar relacionado à maior percentagem de lenho tardio apresentado pelas árvores testemunhas.

MARTON, STAIRS e SCHREINER (1968) detectaram variações do número KAPPA fortemente associado à efeitos clonais e ritmo de crescimento.

BARRICHELO e BRITO (1978) obtiveram maiores rendimentos na produção de celulose quando utilizavam amostragem contendo maior percentagem de lenho tardio para madeira de *Pinus taeda*. Os autores sugerem inclusive o uso de prático

cas silviculturais visando alterar as proporções de lenho inicial e tardio e/ou seleção de clones que apresentem madeiras com lenho inicial de densidades mais elevadas.

O interesse é bem enfocado também por MITCHELL (1956) que concluiu que o rendimento em celulose está diretamente relacionado com a percentagem de lenho tardio.

BYRD (1965) apresentou uma justificativa para o fato, observando que o teor de lenho tardio está diretamente correlacionado com teor de alfa-celulose existente na parede celular.

Esse mesmo autor mostrou que os teores de hemiceluloses e extrativos estão relacionados positivamente com o teor de lenho inicial, o que está de acordo com PANSWIN e DE ZEEW (1970) e MEIER (1964).

Os mesmos mecanismos que diferenciam os tra-queídeos do lenho inicial e tardio, segundo KOCH (1977) tendem a agir e diferenciar as madeiras de crescimento acelerado e lento. WAKELEY (1969) analisando madeiras provenientes de regimes de competição em confronto com outras de indivíduos submetidos a desbastes constatou diferenças que são comparáveis ao que BARRICHELO e BRITO (1978) observaram para lenhos inicial e tardio.

As madeiras de crescimento acelerado tendem a apresentar menores teores de holocelulose, como citado por WAKELEY (1969), como ocorre para o lenho inicial (PANSIN e DE ZEEUW, 1970).

Em contraposição as madeiras submetidas a regimes de competição apresentam-se geralmente com maiores teores de lenho tardio como observado por BROWN, PASHIN e FORSAITH (1952), ZVIEDRIS e KALNIN'S (1968) e inevitavelmente com comportamento mais próximo ao da celulose originada somente de lenho tardio.

A interpretação dessas observações propõe que as madeiras com maiores teores de lenho inicial ou de crescimento acelerado estão propensas a produzirem polpas com menores valores para viscosidade em função do menor grau de polimerização dos carboidratos, segundo PANSIN e DE ZEEUW (1970); da mesma forma estão propensas a apresentarem menores valores numéricos para rendimentos do processo de deslignificação em função do menor teor de holocelulose, segundo WAKELEY (1969).

Os traqueídeos tendem a ficar mais largos e mais curtos quando provenientes de madeiras de crescimento acelerado, respectivamente segundo KROMHOUT (1968) e COWN (1974), o que os aproxima anatomicamente das células do lenho inicial. Para uma similaridade de comportamento, RYDHOLM

(1965) define como mais flexíveis os traqueídeos do lenho inicial. Segundo o autor, esse tipo de traqueídeo, geralmente mais largo e com paredes mais delgadas estaria mais apto a produzir polpas mais resistentes à tração e ao arrebentamento. A justificativa é que essas células tendem a se colapsar e a promover maior área de contato entre fibras favorecendo as propriedades da ligação (FOEKEL e BARRICHELO, 1975; FOKEL *et alii*, 1976; RYDHOLM, 1965).

Os traqueídeos provenientes de madeiras formadas em regime de forte competição por sua vez tenderiam a formar folhas mais volumosas pois seriam mais resistentes ao colapso. BARRICHELO e BRITO (1978) citam que os traqueídeos do lenho tardio mantêm a forma tubular formando folhas com maior volume, menor peso específico e menores resistência à tração e ao arrebentamento, quando são requisitadas forças de ligação, e maior resistência ao rasgo, em função da estrutura do corpo fibroso, fundamentada na maior espessura da parede (CASEY, 1960; PANSIN e DE ZEEUW, 1970).

Um outro parâmetro a se considerar além dos lenhos inicial e tardio é a diferença existente entre as madeiras juvenil e adulta, que poderia ser usada também como termo de comparação entre madeiras de diferentes ritmos de crescimento. As propriedades da madeira juvenil diferem completamente da madeira adulta (FOELKEL *et alii*, 1976). As células

de madeira juvenil são geralmente mais curtas, com paredes mais delgadas e a madeira é de densidade menor. Além disso MOORE e EFFLAND (1974) comprovam que ocorrem variações químicas entre madeira juvenil e adulta, sendo que a primeira apresenta-se com menores teores de alfa-celulose e maiores teores de lignina. A similaridade de comparação para madeiras de indivíduos já submetidos a desbaste foi citada por LOBZANIDZE (1968), KROMHOUT (1969) e MEIER (1964).

FOELKEL *et alii* (1976) constataram ainda que a madeira juvenil produz celuloses com menores rendimentos e resistência ao rasgo, e maiores resistências à tração e ao arbentamento além de maior peso específico aparente. São escasas as citações em relação a esses parâmetros comparando-se madeira proveniente de indivíduos de talhões desbastados em confronto com testemunhas.

Segundo PANSIN e DE ZEEUW (1970), um parâmetro de fundamental importância a se considerar, quando analisando resistências de polpas, é o ângulo microfibrilar. Os autores afirmam que o ângulo microfibrilar é o mais importante fator a governar a resistência individual da fibra e consequentemente do papel. Quando a resistência da fibra é expressa em termos de resistência/unidade de área da parede celular, o aumento do ângulo microfibrilar, de acordo com os autores, significa decréscimo nas propriedades de resistência

da fibra e vice-versa.

Os mesmos autores citam que os traqueídeos de lenho inicial apresentam-se geralmente com maiores ângulos microfibrilares do que do lenho tardio, segundo CASEY (1960). As microfibrilas dos traqueídeos do lenho inicial são fibriladas mais facilmente durante o processo de refinação porque são cortadas, ou arrebetadas, com menor esforço. Segundo o autor este fato está relacionado com a densidade da parede celular. Este parâmetro, por sua vez pode influenciar as características da celulose produzida (WATSON e DADSWELL, 1964; VAN BUIJTENEN, 1969; SIEGEL, WANGAARD e TAMOLANG, 1968; WANGAARD e WOODSON, 1972).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Material

O material utilizado foi obtido de 80 árvores de espécie *Pinus taeda* L.; com idade de 17 anos.

O povoamento foi implantado em 1962 no município de São Francisco de Paula - RS, sendo propriedade da EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Essa região está localizada nas coordenadas de latitude 29.27° Sul e longitude de 50.35° Oeste de Greenwich.

A precipitação média anual da região é de 2468 mm com temperaturas médias anuais ao redor de $14,4^{\circ}\text{C}$, segundo MOTA, BEIRSDORF e GARCEZ (1971).

O tipo de solo é cambisol húmico álico, com textura argilosa, relevo ondulado e forte ondulado, substrato

basalto de acordo com dados do levantamento de reconhecimento dos solos do Rio Grande do Sul elaborado pelo Ministério da Agricultura em 1973.

O plantio foi executado com espaçamento 2,50 x 2,30 metros em talhões com 12,8 hectares. Aos 8 anos foi escolhido um talhão onde efetuou-se um desbaste por baixo com remoção de 30% do número de indivíduos, passando de 1750 para 1220 árvores/hectare.

Em 1974 foi instalado o ensaio de desbaste e escolhidas parcelas de 20 x 40 m, com 10 m de bordadura distribuídas ao acaso dentro do talhão e que receberam a numeração de 1 a 8.

As duas primeiras parcelas foram escolhidas para testemunha (T_0). As parcelas de números 3 e 4 sofreram um desbaste de 25% (T_1), as de números 5 e 6 foram submetidas a 50% (T_2) de desbaste e as duas últimas, por sua vez, receberam um tratamento em que o nível de desbaste atingiu 75% (T_3).

Em 1979, 5 anos após o tratamento, foram amostradas 10 árvores de cada parcela, totalizando 20 árvores por tratamento.

De cada árvore selecionada foram anotadas altura comercial e total e diâmetro à altura do peito (DAP).

A partir dessas árvores foram retirados discos nas seguintes posições:

1. Base (altura do corte)
2. DAP (1,30 m do solo)
3. 25% da altura comercial
4. 50% da altura comercial
5. 75% da altura comercial
6. 100% da altura comercial

3.2. Métodos

3.2.1. Incremento volumétrico e percentagem de casca

De cada disco amostrado foram tomadas 2 medições perpendiculares com e sem casca, sendo utilizado o resultado médio com precisão de 0,1 cm.

3.2.1.1. Percentagem de casca em volume

A percentagem de casca em volume foi calculada através da expressão:

$$\% \text{ de casca em volume} = \left(1 - \frac{d^2}{D^2}\right) \times 100$$

sendo:

d = diâmetro médio sem casca (cm)

D = diâmetro médio com casca (cm)

3.2.1.2. Volume de madeira por árvore

O volume real da madeira por árvore foi calculado pela fórmula de Smalian,

$$\sum_{v_o}^{v_{n-1}} v = \frac{H}{8} \ell [(d_o^2 + d_n^2) + 2(d_1^2 + d_2^2 + d_3^2 + \dots + d_{n-1}^2)]$$

sendo

V = volume total por árvore (dm³)

ℓ = % da altura comercial

d_o e d_n = diâmetros externos da tora

d_1 a d_{n-1} = diâmetros das toras-seções ao longo do tronco.

3.2.2. Densidade básica

3.2.2.1. Discos

A densidade básica foi determinada a partir de

2 cunhas opostas de cada disco, de aproximadamente 30° , perfazendo um total de 960 corpos de prova. As cunhas, devidamente identificadas, foram mantidas em água e sob vácuo intermitente até a saturação.

Foi empregado o método da balança hidrostática (Norma ABCP M14/70), em que determina-se o peso imerso da cunha, seu peso úmido e seu peso absolutamente seco, obtido após secagem em estufa a $105 \pm 2^{\circ}\text{C}$.

A densidade básica foi calculada pela expressão:

$$db = \frac{PS}{PU - PI}$$

onde:

db = densidade básica (g/cm^3)

PS = peso absolutamente seco da cunha (g)

PU = peso úmido da cunha (g)

PI = peso imerso da cunha (g)

A densidade básica média da árvore foi calculada de acordo com BARRICHELO, BRITO e MIGLIORINI (1982). Para cada tratamento, foram efetuadas regressões lineares entre os valores de densidade básica média da árvore com aqueles obtidos ao nível do DAP.

3.2.2.2. Anéis de crescimento

Foram tomadas baguetas a partir de 5 discos ao nível do DAP, escolhidos ao acaso dentro de cada tratamento e efetuadas amostragens dos lenhos no sentido radial.

Esses corpos de prova foram desmembrados no maior número possível de amostras ao longo do raio das cunhas, com secções definidas dentro de cada anel. O objetivo foi um levantamento sistemático da variação gradativa da densidade no sentido medula-casca. Adotou-se a média aritmética dos valores obtidos para expressar a densidade do anel.

A densidade básica das amostras foi determinada através do método do máximo teor de umidade, segundo FOELKEL, BRASIL e BARRICHELO (1971).

3.2.3. Densidade aparente por atenuação de radiação gama

3.2.3.1. Anéis de crescimento

Para essas determinações foram utilizadas 5 árvores de cada tratamento, escolhidas ao acaso.

A amostragem foi feita a partir dos discos ob-

tidos a 1,30 m de altura do solo. Foram retiradas desses discos, cunhas com cerca de 30° e com 2 cm de espessura constante.

As amostras foram primeiramente secas ao ar e depois acondicionadas em ambiente com umidade relativa controlada e igual a 60%, de maneira a possibilitar a homogeneização do teor de água nos corpos de prova. As amostras ficaram submetidas a esse tratamento durante 45 dias consecutivos.

Pelo método de atenuação de radiação gama foi levantado o perfil de densidade (variação da densidade com a distância) ao longo do raio mais centralizado da cunha, no sentido medula-casca. A determinação foi feita ponto por ponto, isto é, com distância de 1 mm entre cada leitura, conforme preconizado por FERRAZ (1976).

A metodologia consiste basicamente em um feixe colimado de radiação gama de uma fonte ^{241}Am que é atenuado pela amostra de madeira e, posteriormente detectado por um cristal cintilador de NaI (TI) para ser contado num espectrômetro gama monocanal.

Para este trabalho foram utilizadas as médias das densidades obtidas, para cada tipo de lenho, dentro de cada tratamento.

3.2.4. Espessuras, volumes e percentagens de lenhos

A partir dos mesmos corpos de prova do ensaio descrito em 3.2.2.2., foram tomadas medidas lineares das espessuras dos lenhos. Com base nesses valores foi feita uma estimativa do volume dos lenhos e/ou dos anéis, segundo TOMAZELLO (s/d)*, através da expressão:

$$\text{Volume do lenho} = H(R_2^2 - R_1^2)$$

onde:

R_1 = raio do círculo correspondente linearmente ao início do lenho

R_2 = raio do círculo correspondente linearmente ao final do lenho

H = altura do disco igual a 1 cm.

O volume do lenho nesse caso é estimado pela coroa circular de um cilindro hipotético com espessura de 1 cm.

3.2.5. Incremento em massa por lenho e por anel

Com base nos dados obtidos nos ensaios descritos em 3.2.2.2. e 3.2.4. foi possível calcular também a massa de madeira produzida por indivíduo, em cada tratamento.

* Informação pessoal.

A expressão seguinte permitiu essa estimativa

$$M_L = V_L \times db_L$$

onde:

M_L = massa produzida por lenho (g)

V_L = volume do lenho (cm³)

db_L = densidade básica do lenho.

3.2.6. Dimensões de traqueídeos

Os traqueídeos utilizados para esse ensaio foram provenientes das cunhas citadas no item 3.2.2.2.

Foram amostrados traqueídeos em cada anel de crescimento, e em cada tipo de lenho, ao longo do raio das cunhas. Para esse ensaio foram escolhidas, ao acaso, 3 árvores de cada tratamento.

As amostras foram identificadas e separadas em tubos de ensaio e submetidas a um processo de separação de traqueídeos.

Como agente macerante foi utilizada uma solução de ácido nítrico concentrado e ácido acético na proporção de 1:5, por 30 minutos em banho-maria, segundo técnica descrita por BARRICHELO e FOELKEL (1982).

A seguir foram montadas as lâminas utilizando-se safranina como corante. Para cada amostra foram preparadas 5 lâminas e medidos 5 traqueídeos por lâmina.

Cada amostra continha, em média, 14 anéis de crescimento, portanto foram mensurados cerca de 2100 traqueídeos e consequentemente 8400 no total.

Foram tomadas as dimensões fundamentais dos traqueídeos: comprimento, largura, diâmetro do lúmen e espessura da parede celular utilizando-se parafuso micrométrico. Posteriormente foram calculadas as principais relações entre essas dimensões como índice de enfeitramento, coeficiente de flexibilidade, fração parede e índice de Runkel.

A partir dos resultados das análises anatômicas foram feitas correlações entre esses dados com aqueles obtidos para densidade básica por anel, assim como testadas equações que melhor representassem as variações anatômicas decorrentes da idade da árvore e da intensidade dos desbastes.

3.2.7. Análises químicas

3.2.7.1. Ao nível do DAP para regiões do lenho formadas antes e depois do desbaste

Para esse ensaio foram tomadas amostras a par-

tir de discos ao nível do DAP. Foi determinada a composição química quantitativa das amostras selecionando-se as regiões formadas antes (R_2) e depois do desbaste (R_1).

Para análise, o material foi transformado em serragem em moinho Wiley e classificado em jogos de peneiras para a obtenção das frações necessárias para os ensaios.

Foram feitas análises quanto a:

- a. Solubilidade em água quente, segundo Norma ABCP M4/88;
- b. Solubilidade em álcool-benzeno, segundo Norma ABCP M6/68;
- c. Teor de pentosanas, segundo a Norma TAPPI T19 m-50;
- d. Teor de holocelulose, segundo MOORE e JOHNSON (1967);
- e. Teor de lignina, segundo Norma ABCP M10/71;
- f. Teor de cinzas segundo a Norma TAPPI T15 m-8.

3.2.7.2. Amostras compostas, representando a árvore como um todo

As mesmas análises químicas mencionadas foram efetuadas para amostras representando a árvore inteira. Para isso foi feita uma amostra composta de todos os discos, a diferentes alturas, dentro de cada tratamento.

3.2.8. Produção de celulose

3.2.8.1. A partir dos discos

Para cada tratamento foram produzidos, manualmente, cavacos provenientes de todos os discos amostrados. Os cavacos foram retirados no sentido tangencial do disco.

Para esse ensaio produziu-se 4 lotes de cavacos. Para o cozimento, o material foi colocado em recipientes de tela de aço, permitindo separarem-se os tratamentos dentro de um mesmo digestor.

Trabalhou-se com 4 recipientes por cozimento, cada um contendo uma quantidade de madeira equivalente a 300 g absolutamente seca. Os cozimentos foram efetuados com repetição.

3.2.8.2. Utilização de madeira produzida antes e após o desbaste

Dessa vez trabalhou-se com 8 recipientes por cozimento sendo que para cada tratamento separou-se as regiões do lenho formadas antes e depois do desbaste. Por medida de segurança considerou-se madeira formada pós-desbaste aquela correspondente a dos últimos quatro anéis de crecimento.

Nos dois itens mencionados as celulosas foram produzidas empregando-se o processo kraft em que se usam como agentes deslignificantes o hidróxido de sódio e sulfeto de sódio.

Os cozimentos foram efetuados em digestor rotatório de aço inoxidável com capacidade para 20 litros e com aquecimento elétrico.

As condições de cozimento foram as seguintes:

- a. Alkali ativo (percentagem de hidróxido de sódio e sulfeto de sódio, expressos como óxido de sódio, base quantidade de madeira absolutamente seca) = 16%;
- b. Sulfidez (percentagem de sulfeto de sódio baseado nas quantidades de hidróxido e sulfeto, expressa como óxido de sódio) = 25%;
- c. Atividade: (percentagem de hidróxido e sulfeto de sódio baseada nas quantidades de hidróxido, sulfeto e carbonato, expressos como óxido de sódio) = 100%;
- d. Relação licor-madeira (relação entre volume do licor de cozimento e massa de madeira absolutamente seca) 4:1;
- e. Temperatura máxima de cozimento = 170°C;

f. Tempo de aquecimento até a temperatura máxima = 120 minutos;

g. Tempo à temperatura máxima = 60 minutos.

3.2.9. Desintegração e lavagem da polpa

Após cada cozimento, os cavacos foram desintegrados mecanicamente em desintegrador padrão a 3000 rpm e posteriormente lavadas. Foram então determinados:

a. Rendimento depurado

Após a lavagem, as amostras foram depuradas e foi calculado o rendimento depurado através da expressão:

$$\text{RCD (\%)} = \frac{\text{PSCD}}{\text{PSC}} \times 100$$

onde:

PSCD = peso absolutamente seco da celulose depurada (g)

PSC = peso absolutamente seco dos cavacos (g)

RCD = rendimento em celulose depurada

b. Percentagem de rejeitos

Os rejeitos foram posteriormente secos em estudo

fa à $105 \pm 3^{\circ}\text{C}$ e calculado o teor de rejeitos pela expressão:

$$R(\%) = \frac{\text{PSR}}{\text{PSC}} \times 100$$

onde:

PSR = peso absolutamente seco de rejeitos

PSC = peso absolutamente seco de cavacos

R = teor de rejeitos

c. Rendimento bruto

O rendimento bruto foi calculado com base nos resultados obtidos anteriormente com base na expressão:

$$\text{RB}(\%) = \text{RD}(\%) + \text{R}(\%)$$

onde: RB = rendimento bruto; RD = Rendimento depurado; R =
= teor de rejeitos

3.2.10. Determinação do número Kappa

A determinação do nº kappa foi feita segundo a Norma ABCP C5/69.

3.2.11. Moagem da celulose

A moagem da celulose foi feita em moinho Jokro sendo estipulados 3 tempos diferentes: 60, 75 e 90 minutos.

Trabalhou-se com uma consistência igual a 5% utilizando-se 16 gramas de polpa absolutamente seca em cada etapa de refino.

3.2.12. Preparação das folhas para testes

As folhas foram preparadas no formador e secador Koethen-Rapid. O grau de moagem, de cada polpa foi expresso em graus Schopper-Riegler, segundo a Norma ABCP C10/73.

3.2.13. Avaliação das propriedades físico-mecânicas das celulose produzidas

As folhas, uma vez preparadas, foram levadas a um processo de climatização, em ambiente com condições controladas com umidade relativa do ar de $65 \pm 2\%$ e temperatura igual a $20^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$ (Norma ABCP P4/70), e depois foram submetidas a seguintes testes (Norma TAPPI T220 •s-71).

- a. Resistência à tração, expressa como comprimento de auto-ruptura em metros;
- b. Resistência ao rasgo, expressa pelo índice de rasgo;
- c. Peso específico aparente, expresso em g/cm^3 ;

- d. Volume específico aparente, expresso em cm^3/g ;
- e. Resistência à passagem do ar, expressa em $\text{seg}/100 \text{ cm}^3 \text{ ar.}$

4. RESULTADOS

Estão apresentados nas Tabelas de números 1 e 2 os resultados médios para cada tratamento referentes a altura, DAP, densidade básica, volumes comercial e total e percentagem de casca.

TABELA 1. Resultados médios para altura, DAP e densidade básica.

Intensidade de desbaste (%)	Altura total (m)	CV (%)	DAP (cm)	CV (%)	Dens. básica da árvore (g/cm ³)	Dens. básica no DAP (g/cm ³)
0	19,9	5,8	26,7	12,6	0,361	0,395
25	20,6	4,0	32,7	8,6	0,356	0,391
50	20,0	4,6	33,4	8,6	0,368	0,399
75	20,4	4,7	44,6	9,6	0,336	0,357

TABELA 2. Resultados médios para volumes comercial e total, e percentagem de casca.

Intensidade de desbaste	Volume comercial (dm ³)		Volume total* (dm ³)		Percentagem de casca em volume
	c/casca	s/casca	c/casca	s/casca	
0	583,6	466,7	586,8	469,9	20,9
25	858,8	691,8	861,4	694,4	19,6
50	883,2	726,5	885,8	729,4	18,0
75	1530,1	1237,9	1532,3	1240,2	19,2

*A variação do volume total com casca para os 3 níveis de desbaste adotado foi de 47%, 51% e 161% em relação ao valor numérico médio apresentado pelas parcelas testemunha.

TABELA 3. Análise de variância da densidade básica ao nível do DAP em relação aos tratamentos de desbaste.

CV	GL	QM	F
Tratamento	3	0,0075	8,08**
Resíduo	76	0,0009	
Total	79		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Teste de Tukey : diferença mínima significativa = 0,3120 (1% de probabilidade) e 0,0255 (5% de probabilidade).

TABELA 4. Análise de variância de densidade básica média da árvore em relação aos tratamentos de desbaste.

CV	GL	QM	F
Tratamento	3	0,0038	8,06**
Resíduo	76	0,0047	
Total	79		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Teste de Tukey : diferença mínima significativa = 0,0222 (1% de probabilidade) e 0,0181 (5% de probabilidade)

TABELA 5. Dados relativos às regressões lineares para as densidades básicas obtidas ao nível do DAP (x) e aqueles referentes à média da árvore (y), para cada tratamento de desbaste.

Intensidade de desbaste (%)	Equação	Coefficiente de correlação (r)
0	$y = 0,0049 + 0,7897x$	0,92
25	$y = 0,1203 + 0,6042x$	0,87
50	$y = 0,2436 + 0,3026x$	0,47
75	$y = 0,1357 + 0,5604 x$	0,71

Os efeitos dos diferentes níveis de desbaste nos incrementos volumétricos anuais estão ilustrados nas figuras de números 01 a 04 enquanto que as de números 05 a 08 ilustram-nos para os incrementos anuais de massa.

FIGURA 1. Incrementos volumétricos anuais
- parcelas testemunhas.

FIGURA 2. Incrementos volumétricos anuais
- parcelas submetidas a 25% de
desbaste

FIGURA 4. Incrementos volumétricos anuais
- parcelas submetidas a 75% de
desbaste.

FIGURA 3. Incrementos volumétricos anuais
- parcelas submetidas a 50% de
desbaste.

FIGURA 5. Incrementos anuais de massa - parcelas testemunhas.

FIGURA 6. Incrementos anuais de massa - parcelas submetidas a 25% de desbaste

FIGURA 7. Incrementos anuais da massa - parcelas submetidas a 50% de desbaste.

FIGURA 8. Incrementos anuais da massa - parcelas submetidas a 75% de desbaste.

FIGURA 9. Variações longitudinais das médias da densidade básica dos discos.

As figuras de números 10 a 13 apresentam a variação radial da densidade básica média por anel para as diferentes intensidades de desbaste.

FIGURA 10. Variação radial da densidade básica média por anel - par-celas testemunhas.

FIGURA 11. Variação radial da densidade básica média por anel - par-celas submetidas a 25% de desbaste.

FIGURA 12. Variação radial da densidade básica média por anel - par-celas submetidas a 50% de desbaste.

FIGURA 13. Variação radial da densidade básica média por anel - par-celas submetidas a 75% de desbaste.

As espessuras dos lenhos e dos anéis, assim co
mo suas variações dentro e entre os tratamentos podem ser vi-
sualizadas nas figuras de números 14 a 17.

FIGURA 14. . Variação radial da espessura do anel de crescimento e percentagem dos lenhos inicial e tardio - parcelas temunhas

FIGURA 15. Variação radial da espessura do anel de crescimento e percentagem dos lenhos inicial e tardio - parcelas submetidas a 25% de desbaste

FIGURA 16. Variação radial da espessura do anel de crescimento e percentagem dos lenhos inicial e tardio - parcelas submetidas a 50% de desbaste.

FIGURA 17. Variação radial da espessura do anel de crescimento e percentagem dos lenhos inicial e tardio - parcelas submetidas a 75% de desbaste.

A radiação radial da densidade está ilustrada nas figuras de números 18 a 21. Referem-se aos resultados obtidos pelo método de atenuação de radiação gama.

FIGURA 18. Perfil de densidade - parcelas testemunhas

FIGURA 19. Perfil de densidade - parcelas submetidas a 25% de desbaste

FIGURA 20. Perfil de densidade - parcelas submetidas a 50% de desbaste.

FIGURA 21. Perfil de densidade - parcelas submetidas a 75% de desbaste.

As tabelas de números 6 a 13 apresentam os resultados referentes ao equacionamento da variação radial do comprimento, largura, diâmetro do lúmen e espessura de parede para os dois tipos de lenhos, conforme proposto por BARRICHELO (1979).

As tabelas de números 14 a 17 mostram as correlações entre variação radial da densidade e demais parâmetros anatômicos, além de suas relações.

TABELA 6. Correlações entre as variações dimensionais dos traqueídeos do lenho inicial e tardio em função dos anéis de crescimento. Modelo da equação $y = a + bx$.

Variável independente (x)	Variável dependente (y)	Intensidade de desbaste	tipo de lenho	
			inicial r	tardio r
número do anel de crescimento consideran- do-se senti- do medula- -casca	comprimento do traqueídeo	0	0,96	0,95
		25	0,96	0,96
		50	0,90	0,82
		75	0,87	0,86
	largura do traqueídeo	0	0,43	0,70
		25	0,83	0,91
		50	0,84	0,86
		75	0,87	0,88
	diâmetro do lúmen	0	0,50	0,30
		25	0,70	0,40
		50	0,82	0,55
		75	0,90	0,73
	espessura de parede	0	0,12	0,86
		25	0,71	0,90
		50	0,78	0,81
		75	0,55	0,85

TABELA 7. Correlações entre as variações dimensionais dos traqueídeos do lenho inicial e tardio em função dos anéis de crescimento. Modelo da equação $\log y = a + b \cdot 1/x$.

Variável independente (x)	Variável dependente (y)	Intensidade de desbaste	Tipo de lenho	
			inicial r	tardio r
número do anel de crescimento consideran- do-se senti- do medula- -casca	comprimento	0	0,91	0,93
		25	0,91	0,93
		50	0,93	0,98
		75	0,95	0,94
	largura	0	0,91	0,91
		25	0,70	0,70
		50	0,90	0,87
		75	0,92	0,91
	diâmetro do lúmen	0	0,88	0,12
		25	0,75	0,07
		50	0,89	0,52
		75	0,89	0,81
	espessura de parede	0	0,33	0,73
		25	0,71	0,56
		50	0,73	0,83
		75	0,17	0,82

TABELA 8. Correlações entre as relações das dimensões dos traqueídeos do lenho inicial e tardio em função dos anéis de crescimento. Modelo da equação: $y = a + bx$.

Variável independente	Variável dependente	Intensidade de desbaste	tipo de lenho	
			inicial r	tardio r
número do anel de crescimento consideran- do-se senti- do medula- -casca	índice de enfeltra- mento	0	0,96	0,97
		25	0,95	0,93
		50	0,84	0,73
		75	0,80	0,58
	coeficiente de flexibi- lidade	0	0,55	0,76
		25	0,30	0,80
		50	0,10	0,33
		75	0,57	0,61
	fração parede	0	0,11	0,61
		25	0,26	0,65
		50	0,26	0,84
		75	0,00	0,41
	índice de Runkel	0	0,12	0,76
		25	0,28	0,82
		50	0,46	0,41
		75	0,10	0,61

TABELA 9. Correlações entre as relações das dimensões fundamentais dos traqueídeos do lenho inicial e tardio em função dos anéis de crescimento. Modelo da equação $\log y = a + b \cdot 1/x$.

Variável independente (x)	Variável dependente (y)	Intensidade de desbaste (%)	Tipo de lenho	
			inicial r	tardio r
número do anel de crescimento consideran- do-se senti- do medula- -casca	índice de enfeltra- mento	0	-0,80	-0,87
		25	-0,86	-0,91
		50	-0,87	-0,97
		75	-0,88	-0,90
	coeficiente de flexibili- dade	0	-0,26	0,47
		25	0,26	0,45
		50	-0,02	0,44
		75	0,70	0,54
	fração parede	0	0,14	-0,46
		25	-0,21	0,50
		50	-0,42	-0,45
		75	0,48	-0,50
	índice de Runkel	0	0,09	-0,49
		25	-0,23	0,47
		50	-0,30	-0,41
		75	0,28	-0,55

TABELA 10. Correlações entre as variações dimensionais dos traqueídeos do lenho inicial e tardio em função da variação da densidade no sentido medula-casca. Modelo da equação $y = a + bx$.

Variável independente (x)	Variável dependente (y)	Intensidade de desbaste	Tipo de lenho	
			inicial r	tardio r
comprimento		0	0,87	0,92
		25	0,80	0,89
		50	0,67	0,76
		75	0,74	0,78
largura		0	0,33	0,85
		25	0,71	0,90
		50	0,73	0,70
		75	0,61	0,57
densidade		0	0,37	0,01
		25	0,67	0,21
		50	0,73	0,31
		75	0,74	0,45
diâmetro do lúmen		0	0,37	0,01
		25	0,67	0,21
		50	0,73	0,31
		75	0,74	0,45
espessura da parede		0	0,10	0,78
		25	0,38	0,80
		50	0,60	0,80
		75	0,03	0,58

TABELA 11. Correlações entre as relações das dimensões fundamentais dos traqueídeos do lenho inicial e tardio, em função da variação da densidade no sentido medula-casca. Modelo da equação $y = a + bx$.

Variável independente (x)	Variável dependente (y)	Intensidade de desbaste	Tipo de lenho	
			inicial r	tardio r
índice de enfeltra- mento		0	0,86	0,92
		25	0,59	0,85
		50	0,61	0,74
		75	0,72	0,81
coeficiente de flexibi- lidade	densidade	0	0,56	0,55
		25	0,02	0,70
		50	0,22	0,53
		75	0,14	0,46
fração● parede		0	0,08	0,52
		25	0,01	0,74
		50	0,22	0,62
		75	0,53	0,44
índice de Runkel		0	0,09	0,58
		25	0,00	0,71
		50	0,29	0,59
		75	0,44	0,46

As tabelas 12 e 13 apresentam os resultados relativos às análises químicas efetuadas.

As tabelas 24 e 15 apresentam os resultados relativos aos cozimentos efetuados.

TABELA 12. Resultados das análises químicas efetuadas para as regiões do lenho formadas antes e depois do desbaste.

	Região interna - madeira formada antes do desbaste					Região externa - madeira formada depois do desbaste						
	solubilidade em água quente (%)	solubilidade em álcool benzeno (%)	teor de pentosa nas lulose (%)	teor de holocelulose (%)	teor de lignina cinzas (%)	solubilidade em água quente (%)	solubilidade em álcool benzeno (%)	teor de pentosa nas lulose (%)	teor de holocelulose (%)	teor de lignina cinzas (%)		
0	3,78	2,9	12,0	79,7	28,1	0,2	2,55	2,0	11,5	80,1	27,5	0,1
25	2,84	3,2	12,2	79,7	27,5	0,2	2,61	2,9	11,2	79,9	27,0	0,2
50	3,98	3,1	12,0	79,5	26,5	0,2	3,92	2,8	11,3	79,6	26,9	0,2
75	4,96	3,0	11,9	77,4	26,9	0,2	3,78	2,9	11,0	78,2	27,6	0,2

TABELA 13. Resultados das análises químicas efetuadas para as amostras de todos os discos, representando a árvore inteira.

Intensidade de desbaste	solubilidade em água quente (%)	solubilidade em álcool benzeno (%)	teor de pentosa nas (%)	teor de holocelulose (%)	teor de lignina (%)	teor de cinzas (%)
0	3,10	2,8	11,7	79,2	27,9	0,2
25	3,00	3,1	12,0	77,8	27,5	0,2
50	3,15	3,2	12,1	77,8	27,3	0,1
75	3,88	3,1	11,6	77,0	27,4	0,2

TABELA 14. Resultados médios dos cozimentos efetuados utilizando-se regiões do lenho formado antes e depois dos desbastes.

Intensidade de desbaste (%)	Região interna - madeira formada antes do desbaste					Região externa - madeira formada depois do desbaste				
	RB	RD	% de rejeitos	NK	Viscosidade CPS	RB	RD	% de rejeitos	NK	Viscosidade CPS
0	50,2	48,5	1,7	70,7	28,3	51,7	50,0	1,7	73,8	29,6
25	50,5	49,2	1,3	67,3	28,1	51,8	49,5	2,3	71,4	28,3
50	51,3	50,0	1,3	70,0	27,2	49,2	48,2	1,0	72,0	28,0
75	46,6	46,2	0,1	64,6	25,7	48,1	48,1	0,0	64,2	26,7

TABELA 15. Resultados médios dos cozimentos efetuados utilizando-se amostra composta referente a árvore inteira.

Intensidade de desbaste	RB	RD	% de rejei- tos	NK	Viscosi- dade CPS
0	51,2	50,5	0,7	74,7	27,7
25	52,6	51,0	1,6	65,3	29,1
50	50,5	49,5	1,0	70,0	27,9
75	48,5	48,5	0,0	65,0	26,1

As tabelas 16, 17 e 18 apresentam os resultados obtidos para os testes físico-mecânicos realizados para as celulose produzidas.

TABELA 16. Resultados relativos aos ensaios físico mecânicos efetuados para as folhas de celulose produzidas a partir da madeira formada antes dos desbaste.

Intensidade de desbaste (%)	Tempo de moagem (min)	Graus Shopper Riegler	Índice de Rasgo	Comprimento de auto-ruptura (m)	Espessura (mm)	Peso específico aparente	Volume específico aparente (cm ³ /g)	Resistência ao ar (seg/100 cm ² ar)
0	60	9	189	6680	0,093	0,624	1,60	3,0
	75	16	177	6900	0,089	0,645	1,55	30,0
	90	36	154	7080	0,083	0,670	1,50	120,0
25	60	19	152	6500	0,094	0,622	1,60	2,0
	75	23	137	7080	0,091	0,631	1,58	3,0
	90	53	123	6940	0,088	0,645	1,55	100,0
50	60	19	163	7300	0,096	0,623	1,60	6,0
	75	32	152	8000	0,093	0,631	1,57	30,0
	90	49	142	7900	0,088	0,667	1,50	190,0
75	60	21	123	7640	0,091	0,673	1,48	32,0
	75	44	110	8140	0,088	0,687	1,45	132,0
	90	64	106	8020	0,083	0,735	1,40	702,0

TABELA 17. Resultados relativos aos ensaios físico mecânicos efetuados para as folhas de celulose produzidas a partir da madeira formada depois dos desbastes.

Intensidade de desbaste (%)	Tempo de moagem (min)	Graus Shopper Riegler	Índice de rasgo	Comprimento de auto-ruptura (m)	Espessura (mm)	Peso específico aparente (g/cm ³)	Volume específico aparente (cm ³ /g)	Resistência ao ar (seg/100 cm ³ ar)
0	60	14	195	7410	0,099	0,568	1,76	12,0
	75	29	182	7650	0,095	0,583	1,71	82,0
	90	50	160	7700	0,090	0,619	1,61	180,0
25	60	14	235	6000	0,099	0,594	1,68	3,0
	75	29	214	6390	0,094	0,615	1,62	23,0
	90	47	197	6390	0,091	0,625	1,60	90,0
50	60	19	198	7220	0,096	0,626	1,60	3,0
	75	22	180	7420	0,092	0,634	1,58	33,0
	90	48	158	7610	0,088	0,634	1,54	140,0
75	60	28	152	7700	0,092	0,671	1,48	11,0
	75	44	135	7950	0,089	0,686	1,46	30,0
	90	62	118	7750	0,084	0,724	1,38	480,0

TABELA 18. Resultados relativos aos ensaios físico-mecânicos efetuados para as folhas de celulose produzidas a partir da amostra composta.

Intensidade de desbaste (%)	Tempo de moagem (min)	Graus Shopper Riegler	Índice de rasgo	Comprimento de tura	Espessura (mm)	Peso específico aparente (g/cm³)	Volume específico aparente (cm³/g)	Resistência ao ar (seg/100 cm³ ar)
0	60	15	165	7720	0,098	0,613	1,63	6,0
	75	20	155	8110	0,095	0,629	1,59	22,0
	90	38	144	7980	0,091	0,645	1,55	74,0
25	60	15	172	8020	0,096	0,629	1,59	6,0
	75	20	165	8200	0,093	0,641	1,56	12,0
	90	39	150	8000	0,089	0,662	1,51	114,0
50	60	14	165	7920	0,096	0,645	1,55	8,0
	75	19	142	8150	0,093	0,653	1,53	14,0
	90	41	130	8200	0,088	0,667	1,50	136,0
75	60	19	129	8280	0,090	0,662	1,51	20,0
	75	26	126	8420	0,088	0,671	1,49	64,0
	90	50	122	8350	0,084	0,685	1,46	500,0

5. DISCUSSÃO

5.1. Influência dos desbastes no volume e massa de madeira produzidos

Os resultados apresentados nas tabelas 1 e 2 mostram a influência direta dos desbastes, principalmente sobre o DAP e, conseqüentemente, sobre o volume total de madeira produzida. De acordo com MELLO (1979) foi atingido o objetivo prioritário da prática adotada.

Nesse caso, especificamente, o volume de madeira produzida chegou a triplicar-se para os indivíduos submetidos a 75% de intensidade de desbaste. Tomando-se como padrão o volume total de madeira produzida pelas parcelas testemunhas, os incrementos para os níveis de desbaste de 25, 50 e 75% foram respectivamente de, 47, 51 e 161%. O peso de casca manteve a mesma tendência, sendo que a relação casca/madeira permaneceu

constante, como apresentado na Tabela 2.

As Figuras 1 a 4 mostram os incrementos volumétricos anuais ocorridos para cada tratamento. É possível observar a influência do desbaste comercial, efetuado entre 1969 e 1970. Os desbastes efetuados para o presente estudo foram aplicados quando uma nova situação de competição começou existir, por volta de 1973 e 1974, onde os incrementos anuais decresceram. De acordo com HARRINGTON e KARNIG (1975), o decréscimo de incremento anual indica o momento do desbaste (FORREST, 1974 e BASSET, 1964).

A resposta ao desbaste, em termos de volume, foi praticamente imediata, já que o incremento anual imediatamente próximo à aplicação do desbaste foi sensivelmente maior que os anteriores (Figuras 1 a 4), como também foi constatado por autores como KROMHOUT (1968) e PARKER *et alii* (1976).

As Figuras 5 a 8 ilustram os incrementos de massa anuais ocorridos dentro de cada tratamento. Os desbastes de 25 e 50% não promoveram nítidas diferenças entre si enquanto que o de 75% apresenta valores extraordinariamente mais elevados. PARKER *et alii* (1976) propuseram correlação direta entre intensidade de desbaste e incremento de massa e volume.

Essas observações complementam os dados apresentados na Tabela 2, porém com maior detalhamento em rela-

ção à distribuição radial do incremento volumétrico constatado.

5.2. Influência dos desbastes na altura dos indivíduos remanescentes

A altura total dos indivíduos porém, não se mostrou afetada pelos tratamentos de desbaste. Como já citado, as parcelas estudadas sofreram um desbaste comercial em 1970, aos 8 anos de idade. Considerando-se que a técnica utilizada foi a de "desbaste por baixo", é evidente que nessa ocasião foi retirada a maioria das dominadas e/ou intermediárias.

A remoção de indivíduos atingiu um nível de 30%, o que é considerado significativo para o nível de competição em que se encontrava o povoamento segundo MELLO (1978), CAMPBELL (s/d) e ANDRULOT (1972).

Em consequência disso, a população adquiriu um certo grau de homogeneidade em relação a altura que, desde 1970, não mais se alterou significativamente, mesmo por ocasião dos desbastes experimentais impostos em 1974. Aliás, é importante notar que os valores de coeficientes de variação para altura e DAP apresentados na Tabela 1 indicam tratar-se de povoamento homogêneo, dentro de cada tratamento.

Salienta-se o fato de que os desbastes "por baixo" tendem a selecionar árvores superiores dentro de um povoamento (MELLO, 1978 e PARKER *et alii*, 1976). Em decorrência disso, os indivíduos provenientes das parcelas com desbastes mais rigorosos já pertenciam automaticamente a uma população elite, que anteriormente já se diferenciavam das demais, em termos de ritmo de crescimento. Os desbastes propiciaram ainda mais seu desenvolvimento, destacando o seu potencial. Nesse caso, os dados levantados para esse povoamento estão relacionados não apenas com o efeito da aceleração do ritmo de crescimento pós-desbaste, mas também com a seleção de indivíduos superiores em função da técnica adotada para remoção de árvores.

As Tabelas 23 a 26 no apêndice permitem observar que o desbaste tende a afetar a forma das árvores. Observam-se incrementos ao nível da base e DAP e diretamente relacionado com a intensidade dos desbastes enquanto que os diâmetros a 75 e 100% da altura total e comercial dos indivíduos permanecem praticamente constantes.

5.3. Densidade básica e teor de lenhos

O ritmo de crescimento acelerado pós-desbaste provoca uma alteração fisiológica que pode, dentro de limites,

ser detectada pela densidade. Isto se justifica pelo fato de ser a densidade um parâmetro fundamentalmente quantitativo e decorrente das características anatômicas e químicas (FOEKELE e BARRICHELO, 1975; BARRICHELO, 1979).

As análises de variância, apresentada nas tabelas 3 e 4 mostram que os desbastes promoveram alterações para os valores de densidade média da árvore e ao nível de DAP para 75% de desbaste. O fenômeno resultou em valores de F significativos ao nível de 1% de probabilidade.

A Tabela 5 apresenta os resultados das correlações entre densidade básica média da árvore e ao nível de DAP, mostrando que a tendência foi a diminuição dos valores de r em função dos desbastes até o nível de 50% de desbaste. Este tratamento apresentou-se com valores para densidade média comercial mais elevado do que aquele referente à testemunha. A maior amplitude de variação foi de 0,026 g/cm³ quando confrontando-se os valores numéricos da densidade para as parcelas testemunhas e aquelas submetidas a 75% de desbaste. Essa variação significa uma redução de 7% para densidade básica. Autores como COWN (1974), PARKER *et alii* (1976) e SAVINA e YAKIMOV (1976) observaram também reduções nos valores numéricos para densidade básica e atribuíram o fenômeno principalmente ao incremento na largura dos anéis e consequente elevação no teor de lenho inicial.

Além de uma análise abrangente, tomando-se valores médios de densidade dos indivíduos, foram efetuadas observações mais rigorosas com a finalidade de detectar onde e como o ritmo de crescimento pode influenciar na densidade básica da madeira, como proposto por BROWN, PANSHIN e FORSAITH (1952) e KOCH (1972).

A Figura 9 mostra que, longitudinalmente, a densidade básica dos indivíduos submetidos a rigoroso desbaste (75%) apresenta-se sempre com valores numéricos inferiores aos demais, fato observado em trabalhos elaborados por COWN (1964), KROMHOUT (1968), PARKER *et alii* (1976), SYDE (1976), SAVINA e YAKIMOV (1976).

A partir da análise dessa mesma figura observa-se o modelo da curva de decréscimo da densidade básica, no sentido base-topo, para a espécie estudada. A amplitude de variação da densidade básica teve menor valor para os desbastes com 75% de intensidade ($0,045 \text{ g/cm}^3$), não se observando, porém uma gradação definida para os outros tratamentos.

A variação radial da densidade básica, apresentada nas Figuras 10 a 13, não mostrou uma resposta muito definida em se tratando de densidade média dos anéis de crescimento.

Nos anéis mais jovens, porém, para o tratamen-

to mais intenso (Figura 13), a densidade decresceu ligeiramente na mesma proporção em que aumentou a percentagem de lenho inicial, apresentado na Figura 17.

As Figuras 10 a 13 paralelamente as 14 e 17 mostraram que a influência dos desbastes se fez sentir respectivamente na espessura dos anéis, na percentagem de lenhos e finalmente na densidade. BARRICHELO (1979) apresentou como resultado de seus estudos correlações lineares, estatisticamente significativas entre densidade básica e teor de lenho tardio em volume e em peso.

O alargamento dos anéis em função do ritmo de crescimento pode ser visualizado nas Figuras 18 a 21. ZVIEDRIS e KALNINS (1968) obtiveram resultados similares estudando povoamentos de *Pinus sylvestris*.

A distância entre os picos de alta densidade para os 4 últimos anéis apresentou-se com valor médio de 4,0 mm para as árvores testemunhas, aumentando para 6,1; 7,5 e 12,0 mm respectivamente para os três níveis de desbastes. Isso significa aumentos da ordem de 53, 87 e 200% na largura dos anéis em função do ritmo de crescimento. O aumento na largura dos anéis é geralmente consequência imediata do desbaste segundo BROWN, PANSHIN e FORSAITH (1952).

A Figura 18 mostra que a densidade dos anéis

mais jovens, em consequência da competição no povoamento florestal, adquiriram valores cada vez mais elevados.

Considerando-se as parcelas testemunhas, o aumento da idade dos indivíduos, submetidos a uma forte pressão de competição, fez com que os anéis ficassem mais estreitos. KROMHOUT (1968), COWN (1974), PARKER *et alii* (1976) e SAVINA e YAKIMOV (1976) observaram fenômenos semelhantes.

Os perfis de densidade apresentados nas Figuras 18 a 21 mostraram que nos anéis mais jovens das árvores testemunhas a densidade do anel se elevou pela ação conjunta dos lenhos inicial e tardio. O que está de acordo com o proposto por BARRICHELO e BRITO (1978).

Nos últimos anéis da Figura 18 a densidade dos lenhos iniciais oscilou entre 0,400 e 0,450 g/cm³. São valores que ocorreram normalmente para densidades de lenhos tardios. Para os indivíduos que sofreram desbastes, no entanto, as amplitudes de variação da densidade entre os lenhos aumentaram sendo que suas densidades individuais apresentaram menores variações radiais. Para o tratamento mais intenso, 75% de desbaste, esses valores permaneceram praticamente constantes.

Nas Figuras 14 a 17 estão apresentadas as relações percentuais entre os lenhos inicial e tardio. Pode-se no

tar que a variação no incremento anual afetou a relação percentual entre os lenhos, fenômeno principalmente evidente para o desbaste mais rigoroso. Para as parcelas testemunhas e aquelas com 25% de desbaste ocorreram as menores relações lenho inicial/lenho tardio, o mesmo foi observado por BRAZIER (1970). Essa relação aumentou à medida que ocorreu maior incremento volumétrico. Nas parcelas submetidas a 75% de desbaste o lenho inicial chegou a atingir 80% do volume do anel durante quase todos os anos após o desbaste.

5.4. Características dos traqueídeos

A variação radial dos parâmetros anatômicos dos traqueídeos foi equacionada em função dos tratamentos de desbaste.

As Tabelas 6 e 7 mostram que os modelos linear e logarítmico testados explicam matematicamente a variação do comprimento do traqueídeo no sentido radial com altos coeficientes de correlação. O modelo logarítmico inverso, proposto por BARRICHELO (1979) e apresentado na Tabela 7 se adaptou

mais adequadamente ao sistema porque não diminuiu o coeficiente de correlação com a intensificação do desbaste. Ao contrário, sofreu um ligeiro acréscimo mostrando que para o desbaste mais drástico houve uma tendência de redução do comprimento dos traqueídeos.

Não se verificou para os outros tratamentos uma distinção nítida e/ou uma gradação de redução de comprimento dos traqueídeos em função dos desbastes. Esses resultados estão de acordo com as constatações feitas por COWN (1974) e em contraposição com LOBZANIDZE (1968).

Discute-se o fato de que na realidade não se observou uma redução no comprimento dos traqueídeos, mas sim uma estabilização desta dimensão para indivíduos com baixos níveis de competição. Para regimes de competição os traqueídeos apresentaram tendências ao alongamento. Por isso, principalmente para parcelas testemunhas, uma regressão linear pode explicar a variação radial do comprimento com coeficiente de correlação da ordem 0,96 e decrescendo, logicamente, para 0,87 quando o modelo logarítmico inverso foi preferencial, para indivíduos com crescimento em ausência de competição.

Para largura do traqueídeo, no entanto ocorreu uma situação inversa pois os traqueídeos originados dos indivíduos sujeitos a desbastes rigorosos apresentaram-se com tendência de ficar mais largos (KROMHOUT, 1968). O modelo li-

near, da Tabela 6 mostra então que essa tendência fez com que o coeficiente de correlação fosse maior para desbastes mais intensos. É fato porém, que esse modelo analisou apenas as tendências crescentes em termos de número do anel e alargamento do traqueídeo. • modelo matemático mais adequado para esse caso, no entanto, continua sendo o logarítmico que não se alterou em significância para indivíduos com diferentes níveis de desbaste.

O objetivo do equacionamento dos dados obtidos não foi o de propor um modelo matemático que melhor expressasse as variações dos elementos anatômicos no sentido radial, mas sim o de levantar quantificações com finalidade de comparações entre os tratamentos.

A Tabela 6 traduz claramente essa perspectiva. Em primeiro lugar, a análise proposta para o comprimento do traqueídeo mostra que a tendência de aumentar o seu comprimento com a idade do indivíduo é maior para as árvores testemunhas, pois o seu coeficiente de correlação foi maior, 0,96. À medida em que se intensificou o desbaste, o valor numérico para o coeficiente decresceu para 0,87, mostrando que, nos ritmos mais acelerados de crescimento, não houve tendência de alongamento para os traqueídeos.

Os valores numéricos para coeficientes de correlação apresentaram-se crescentes em função dos desbastes,

quando em referência à largura e diâmetro do lúmen dos traqueídeos. Observou-se que tal correlação foi dinâmica e regida pelos tratamentos aplicados. Verifica-se tal fenômeno para os lenhos inicial e tardio na Tabela 6.

O modelo linear testado para analisar a variação radial da espessura de parede mostrou-se adequado para o lenho tardio, confirmando porém a não verificação de influência dos regimes de desbaste, sobre esse parâmetro.

O segundo modelo testado para análise desses fenômenos, esquematizado na Tabela 7, expressa algumas inversões quando comparado com os resultados anteriores.

A variação do comprimento do traqueídeo, para o modelo logarítmico inverso, apresentou valores crescentes de correlação à medida em que se intensificava o desbaste. A justificativa é que o modelo propõe uma estabilização do comprimento dos traqueídeos na fase adulta do indivíduo (BROWN, PANSIN e FORSAITH, 1952; RYDHOLM, 1965 e BARRICHELO, 1979).

A competição, porém, pareceu induzir ainda modificações mesmo após a fase juvenil, isto é, não se definiu um patamar para as curvas de variação radial do comprimento dos traqueídeos de indivíduos submetidos a regimes de competição.

Essa hipótese pode ser estendida, quando se

analisa os dados obtidos para largura dos traqueídeos.

Nas tabelas 8 e 9 estão apresentadas as correlações obtidas para as relações das dimensões dos traqueídeos mostrando que o índice de enfeltramento apresentou maiores valores de correlação - já que relaciona as variáveis mais afetadas pelo ritmo de crescimento.

As variações anatômicas radiais mostraram-se relacionadas, em diferentes graus, com a variação da densidade. Algumas considerações sobre esse aspecto podem ser feitas com base nos resultados apresentados nas Tabelas 10 e 11.

O fenômeno de alongamento dos traqueídeos das árvores testemunhas e provenientes de parcelas submetidas a 25% de desbaste, está relacionado com o aumento radial da densidade no sentido medula-casca com coeficientes de regressões lineares da ordem de 0,87 a 0,80.

O ritmo de crescimento alterado pelos desbastes induziu modificações anatômicas e conseqüentemente na densidade, sendo que os modelos matemáticos testados não se adaptaram da mesma forma para os indivíduos das parcelas submetidas a desbastes da ordem de 50 e 75%, pois os índices foram respectivamente 0,67 e 0,74.

Os valores dos índices de correlação possibilitaram concluir que à medida em que aumentou a densidade do le

nho inicial para as parcelas testemunhas não ocorreram aumentos na largura da célula. Por isso foi encontrado um baixo índice de correlação, 0,33. Para o lenho tardio, no entanto, a largura dos traqueídeos apresentou-se com menores variações e um modelo mais próximo ao da densidade. Para esse caso, os índices mostraram que a largura dos traqueídeos teve tendência de aumentar. Os dados da Tabela 10 permitem inferir que a espessura de parede acompanhou o incremento na largura do traqueídeo do lenho tardio, pois os índices de correlação foram 0,78 e 0,80 para as testemunhas, 25 e 75% de desbaste.

Os desbastes modificaram essas relações, principalmente para o lenho inicial quando o desbaste atingiu 75%

O ritmo de crescimento acelerado, para os tratamentos com 25 e 50% de intensidade, promoveu aumento na largura dos traqueídeos e esse fenômeno mostrou-se relacionado com a variação da densidade.

Para o nível de desbaste mais intenso a largura dos traqueídeos do lenho inicial foi extraordinariamente maior. Em consequência, os valores de densidade decresceram, por isso o índice de correlação foi menor, 0,61.

O lenho tardio não modificou suas correlações matemáticas tão sensivelmente quanto o inicial, em função dos tratamentos, o que pode ser constatado com base nos valores da Tabela 10.

5.5. Composição química

Dentro de cada tratamento foram efetuadas as análises químicas considerando-se madeiras formadas antes e depois dos desbastes.

Em consequência disso foi possível observar também a distinção entre madeira juvenil e adulta, além dos tratamentos de desbaste (ZOBEL, 1961).

A Tabela 12 mostra que os teores de solúveis em água quente e em álcool benzeno apresentaram-se maiores para a região do lenho formado antes do desbaste, que se refere à porção de madeira juvenil. O que interessa comparar é a variação para esses teores quando dentro de uma mesma região do tronco, porém, sendo estes provenientes de diferentes regimes de desbaste. Na mesma tabela em discussão, encontram-se dados mostrando que a solubilidade em água e em álcool benzeno aumentaram a medida em que se intensificou o desbaste. Nesse caso comparando-se os diferentes tratamentos para madeira juvenil e adulta.

Para o primeiro caso, apenas para o último tratamento, referente a 75% de intensidade de desbaste, observou-se acréscimo do teor de solúveis em água quente de 35% em confronto com a testemunha.

Para as amostras tomadas a partir de madeira

formada depois dos desbaste, não se determinou variações nítidas para desbaste leve (25%), embora para 50 e 75% de intensidade ocorreu elevação nos teores de solúveis em água quente de 53,7% e 48,2%, respectivamente.

Quanto à solubilidade em álcool benzeno não ocorreram variações nítidas para região do lenho formada antes do desbaste embora para as amostras tomadas após a aplicação dos tratamentos, o primeiro nível de desbaste induziu um aumento de 45% que não se alterou para os níveis mais rigorosos.

Para as amostras representando árvore inteira (Tabela 13), que simulam o que aconteceria num processo industrial, a solubilidade em água quente aumentou no máximo de 25%, a solubilidade em álcool benzeno se manteve praticamente constante assim como o teor de pentosanas, de lignina, de cinzas, enquanto que o teor de holocelulose apresentou um decréscimo de 1,8% para os primeiros tratamentos e de 2,8% para o nível mais acentuado.

Os resultados, de modo geral apresentaram-se mais específicos dentro dos tratamentos do que entre regiões. Cita-se o fato de que o teor de solúveis em álcool benzeno para madeira formada depois do desbaste com 75% de intensidade é semelhante ao teor encontrado para madeira formada antes do desbaste das parcelas testemunhas. Muito provavelmente a na-

tureza desses solúveis seja diferente, pois o metabolismo ativado na região ao alburno, segundo KRAMER e KOZLOWSKY (1972), pode implicar em depósitos de extrativos que não sejam necessariamente idênticos àqueles que se depositam no cerne, cuja atividade fisiológica é bastante diferente (ESAU, 1974).

Essa dupla comparação, madeira juvenil e adulta e influência do desbaste, pode ser estendida para os demais componentes da madeira. O teor de pentosanas apresentou-se mais elevado para a região interna do tronco o que está em concordância com RYDHOLM (1965) e PANSIN e DE ZEEW (1970), mantendo porém, teores praticamente constantes em relação aos tratamentos. O teor de holocelulose, ao contrário, mostrou-se mais elevado para a região de madeira adulta e, em todos os casos, com valores numéricos maiores para as madeiras de parcelas testemunhas e decrescendo ligeiramente em função da intensidade dos tratamentos. A partir do valor do teor de holocelulose constatado para testemunha, os decréscimos foram de 0,2 , 0,6 e 2,4 %, sendo que WAKELEY (1969) observou tendência similar para talhões desbastados.

Os teores de lignina comportaram-se diferentemente, para madeira formadas antes e depois do desbaste. Para a testemunha e o primeiro tratamento esses valores apresentaram-se maiores para a região interna do lenho. Para os outros tratamentos não se observaram variações significativas .

Quanto a região interna do lenho, no entanto, os teores de lignina mostraram-se mais elevados para os indivíduos que não sofreram desbastes ou apenas com 25% de intensidade.

Os valores percentuais oferecem estimativas úteis aos estudos, porém são valores que oscilam em função dos demais componentes da amostra. Uma árvore pode produzir continuamente as mesmas quantidades de determinado componente, e este pode oscilar percentualmente em função de outros que são metabolizados paralelamente (BROWN, PANSIN e FORSAIT, 1952 e RYDHOLM, 1965). O teor de pentosanas, por exemplo, mostrou uma tendência a decrescer com a idade do indivíduo, enquanto o teor de celulose aumentou (PANSIN e DE ZEEW, 1970). Isso não significa necessariamente que o indivíduo deixou de produzir pentosanas, mas provavelmente que mais carboidratos de cadeia longa foram metabolizados.

Nesse estudo, especificamente observou-se aumento no teor de holocelulose com o aumento da idade do indivíduo e diminuição desse teor como efeito pós-desbaste, como observado por WAKELEY, 1969) e BYRD (1965).

De acordo com PANSIN e DE ZEEW (1970), a maturidade do indivíduo predispõe-o a metabolizar carboidratos de cadeias mais longas, e que o teor de celulose contido nas paredes celulares aumenta radialmente no sentido medula-casca da mesma forma que ocorre para comprimento de traqueídeos.

Em decorrência, tendem a decrescer os valores percentuais referentes aos teores de lignina e hemiceluloses (RYDHOLM, 1965).

Com base nessa discussão infere-se que o aumento no teor de holocelulose estaria relacionado mais diretamente com o acréscimo nas quantidades de polímeros de celulose do que de hemiceluloses produzidas pelo vegetal. Esses fatores de certa forma são também regidos pelos desbastes, já que a quantidade e qualidade de carboidratos produzida está diretamente relacionada com a atividade cambial (KRAMER e KOZ-
LOWSKY, 1972).

5.6. Rendimento do processo de deslignificação e características da celulose

Nas tabelas 14 e 15 são apresentados resultados referentes à celulose kraft produzida. Para a análise confrontaram-se dados comparativos das polpas originadas de madeiras com diferentes ritmos de crescimento, referentes aos regimes de desbaste, assim como de material proveniente de regiões dos lenhos formadas antes e depois da aplicação dos tratamentos.

A separação das regiões do lenho possibilitou a análise das variações das características para o material

formado após a aplicação dos tratamentos.

Essa metodologia permitiu observar através dos dados da Tabela 14 que as variações entre tratamentos foram detectadas também para as regiões internas do lenho. Novamente levanta-se o problema discutido anteriormente. Refere-se ao fato de que os desbastes com remoção de árvores inferiores selecionaram indivíduos cujo ritmo de crescimento já era mais intenso. Isto por razões de localização no povoamento, em termos de serem mais favorecidas pelos fatores do meio, ou por caracteres condicionados geneticamente e/ou uma provável associação entre as duas hipóteses.

Com a instalação dos ensaios provocou-se apenas um efeito de adição sobre uma tendência pré-existente. Essa hipótese pode ser muito bem embasada com a análise das figuras 18 a 21. Considerou-se os quatro últimos anéis formados como referentes ao material produzido pós-desbaste. O incremento volumétrico durante esses anos foi realmente maior para os indivíduos submetidos a desbastes. O incremento anterior aos tratamentos já era superior para as árvores dos tratamentos mais intensos. Com base nessas mesmas ilustrações pode-se observar que aos 17 anos, o raio da cunha das árvores testemunhas é inferior ao apresentado pelas árvores provenientes do talhão submetido a 75% de intensidade de desbaste, quando com 7 anos de idade. Além do volume, as diferenças entre

os tratamentos, para as duas regiões do lenho, foram detectadas para rendimentos do cozimento, número kappa e viscosidade das polpas, o que está apresentado nas Tabelas 14 e 15.

Esses citados parâmetros apresentaram-se decrescentes à medida em que se intensificou o desbaste e apresentam-se com valores maiores para região formada depois dos tratamentos.

É coerente essa observação final porque trata-se de uma distinção entre madeira juvenil e adulta. De acordo com os resultados das análises químicas, apresentados nas Tabelas 12 e 13 esses dados se justificam, assim como com dados apresentados por RYDHOLM (1965) e ZOBEL (1961). A madeira formada na fase adulta do indivíduo apresenta-se com características anatômicas mais definidas além de ser quimicamente mais adequada, considerando-se os requisitos para produção de celulose e papel (FOELKEL e BARRICHELO, 1975).

As variações constatadas na Tabela 14 são complementadas pelos dados da Tabela 15. Em se tratando de uma amostra composta analisa-se a possibilidade de mascaramento do fenômeno. Para os dois cozimentos, cujos resultados estão na Tabela 15, a amostragem da árvore inteira ainda permite detectar tendências de queda de rendimento em função dos desbastes. O grau de deslignificação, representado pelo número kappa, reflete nitidamente um decréscimo em função da intensida-

de dos tratamentos. As viscosidades das polpas apresentaram-se com as mesmas tendências.

Não foi detectada uma queda progressiva do rendimento do processo de deslignificação em função dos níveis dos tratamentos adotados; no entanto, para o desbaste mais intenso os rendimentos sempre foram menores. Em relação às parcelas testemunhas essas variações oscilaram entre 4 e 7%. Para o número kappa foram observadas as maiores variações percentuais. Adotando-se os mesmos parâmetros de comparação para a madeira proveniente da região do tronco formada antes do desbaste, o tratamento mais intenso provocou uma redução de 9% no valor do número kappa. Para a madeira formada após a aplicação dos tratamentos a variação foi de 13%, semelhante ao obtido para a amostragem feita sobre a árvore inteira.

Para os valores das viscosidades ocorreram pequenas alterações entre os primeiros tratamentos sendo que o último nível promoveu reduções entre 6 e 10%. As menores variações percentuais foram constatadas para a amostragem efetuada longitudinalmente no tronco.

As madeiras provenientes de arvores com ritmo de crescimento acelerado mostraram-se com tendências a terem menores valores de densidade (Tabela 1, Figuras 9 a 13 e 18 a 21); traqueídeos mais largos e com maiores valores para diâmetro do lúmen (Tabelas 6 a 9) (COWN, 1974; SAVINA e YAKIMOV ,

1976; KROMHOUT, 1968). Esses dados possibilitam afirmar que essas madeiras tendem a ser mais permeáveis ao licor de cozimento. Os reagentes químicos penetram, mais facilmente, nos cavacos menos densos e com traqueídeos de lúmen maior (FOELKEL, 1977 e THOMAS, 1976). Em se tratando de condições de cozimento semelhantes para todos os tratamentos, esses cavacos sofrem maior ataque do licor de cozimento, simplesmente em função de sua maior área de exposição. Como resultado, o nível de deslignificação constatado foi maior, os rendimentos menores, e conseqüentemente as viscosidades foram menores.

Além da influência do referido fator físico, as madeiras provenientes de indivíduos cujo ritmo de crescimento foi acelerado pelos desbastes apresentaram-se com menores teores de holocelulose (Tabelas 12 e 13), parâmetro definido principalmente para madeira adulta. Resultaram, portanto, menores rendimentos durante o processo de deslignificação (ZOBEL, 1961; RYDHOLM, 1965; WAKELEY, 1969 e MOORE e EFFLAND, 1974), assim como as polpas apresentam menores viscosidades, confirmando as afirmações de MEIER (1964).

Durante o processo de deslignificação ocorreram interações físico-químicas onde atuaram de maneira específica as variáveis envolvidas.

As diferenças anatômicas e químicas induzidas

pela aceleração do ritmo de crescimento mostraram sensíveis reflexos nos parâmetros relacionados à qualidade da celulose produzida. De maneira global os dados obtidos inferem que as madeiras de rápido crescimento requisitariam condições menos drásticas de cozimento em virtude de facilitarem principalmente o processo de impregnação (FOELKEL, 1977). Essa conclusão pode ser também embasada pela redução na percentagem de rejeitos em função dos tratamentos aplicados (Tabelas 14 e 15).

Os reflexos dos tratamentos de desbaste puderam ser observados também nas propriedades das celulosas produzidas.

Os dados das Tabelas 16 a 18 mostram que as madeiras provenientes de árvores com ritmo de crescimento acelerado tendem a produzir polpas com menor resistência ao rasgo. A resistência de uma folha estaria relacionada principalmente com entrelaçamento dos traqueídeos e resistência do próprio corpo fibroso quando sujeito à ação de rasgo (FOELKEL e BARRICHLO, 1975; RYDHOLM, 1965). Fundamentando-se nos dados obtidos pode-se dizer que à medida em que se intensificam os desbastes, ocorrem tendências de se compor sistemas de fibras com comprimentos médios menores, com maiores diâmetros do lúmen e largura, além de espessura de parede apenas ligeiramente menores. São fatores que contribuem para menores resistências ao rasgo.

Para esse caso as diferenças entre os tratamentos são mais nítidas para a região do lenho formada nos 4 últimos anos do povoamento, isto é após os desbastes. As diferenças de resistência ao rasgo entre os tratamentos se mantêm, independentemente da amostragem (ao nível do DAP ou árvore inteira), variando porém o nível em que ocorrem as diferenças.

Para a amostra composta, as variações colocam-se dentro de limites mais estreitos em relação ao observado para o material obtido ao nível do DAP.

Seguramente, no primeiro caso ocorre maior grau de heterogeneidade entre os elementos do sistema. Isso pode ser válido porque inclui a variação anatômica longitudinal e transversal dos traqueídeos dentro do tronco (PANSIN e DE ZEEUW, 1970 e FOELKEL e BARRICHELO, 1975).

A análise das mesmas tabelas permite observar o comportamento das celulosas, provenientes de madeiras de todos os tratamentos, quando submetidos ao teste de tração. Embora não sejam totalmente evidentes para madeira juvenil e para a amostra composta, a madeira formada após os desbastes apresenta dados que indicam superioridade na resistência à tração para o tratamento mais intenso.

Paralelamente a isso constata-se uma redução

sensível na espessura das folhas de celulose em função da aceleração do ritmo de crescimento.

Considerando-se que os traqueídeos formados nessas condições apresentam-se com pouca variação na espessura de parede porém com aumento na largura e diâmetro do lúmen é muito provável que esses elementos se colapsem com mais facilidade durante o refino, como proposto por RYDHOLM (1965), ZVIEDRIS e KALWIN'S (1968) e CASEY (1960).

Esse mecanismo pode promover maior área de contato entre os elementos, favorecendo as propriedades de liga-ção (BROWN, PANSIN e FORSAITH, 1970). O mesmo processo tende a gerar polpas com maior resistência à tração. Por outro lado ocorrem geralmente prejuízos na resistência ao rasgo, principalmente por aumento do número de células de paredes menos espessas decorrentes do aumento do teor de lenho inicial, como foi realmente constatado nesse estudo.

O volume específico das folhas de celulose provenientes de madeiras cujo ritmo de crescimento foi acelerado apresentaram-se sensivelmente decrescentes, reforçando a hipótese do colapso dos traqueídeos mais largos, principalmente pelo comportamento inverso do peso específico, que aumentou gradativamente em função dos tratamentos.

Os dados indicam que o mecanismo acionado pe-

los desbastes levou a uma diminuição do volume de espaços vazios dentro do sistema laminar da folha. O reflexo direto desse fenômeno, além dos parâmetros já analisados, se fez sentir na porosidade das folhas de celulose, que diminuiu para as polpas originadas de indivíduos de rápido crescimento.

Embora não ocorram distinções nítidas para os tratamentos iniciais, quando a intensidade de desbaste atinge 75% os valores de porosidade passam a se destacar dos demais. Os traqueídeos provenientes do último tratamento apresentam-se mais maleáveis ao refino, requerendo provavelmente menores quantidades de energia para refinação.

Em síntese, o que se pode constatar é que o ritmo de crescimento mais elevado implicou em produção de traqueídeos mais largos, mais curtos, com maior diâmetro do lúmen. As folhas consequentemente apresentaram-se com menor resistência ao rasgo, maior resistência à tração, menor volume específico, maior peso específico e menor porosidade, quando submetida a altos graus de refino.

Esses dados obtidos servem para justificar os projetos de manipulação das características da madeira em função das propriedades requeridas na celulose final.

6. CONCLUSÕES

Com base nas discussões dos resultados foi possível concluir que:

1. Os desbastes com intensidade de 25, 50 e 75% promoveram, respectivamente, incrementos volumétricos da ordem de 47, 51 e 161% em relação à testemunha.

2. Os tratamentos promoveram incrementos na largura dos anéis de crescimento sendo que para os níveis de 25, 50 e 75% o alargamento médio constatado foi, respectivamente de 53, 87 e 200%.

3. Os tratamentos de desbaste com 25 e 50% de intensidade promoveram acréscimo de 10% em volume para o lenho inicial, enquanto que o tratamento onde o nível de desbaste foi de 75% o acréscimo do referido parâmetro chegou a 30%.

4. Em relação à densidade básica:

4.1. Os valores da densidade básica média da árvore sofreram uma redução de 7% confrontando-se as parcelas testemunhas com aquelas submetidas a 75% de desbaste. Não foi constatada influência gradativa e definida em função dos tratamentos.

4.2. O fenômeno de redução da densidade básica em virtude da aceleração do ritmo de crescimento apresentou-se correlacionado com o aumento em largura e diâmetro do lúmen dos traqueídeos e redução de seu comprimento.

4.3. Ocorreu uma redução na amplitude de variação da densidade básica no sentido longitudinal do tronco. No sentido radial ficou constatado que os desbastes atenuaram as variações de densidade dos lenhos em função da idade. Os tratamentos induziram, porém, maior amplitude de variação entre os valores de densidade dos lenhos inicial e tardio.

5. Quanto às características anatômicas:

5.1. O tratamento de desbaste com 75% de intensidade apresentou traqueídeos com menores comprimentos. O fenômeno foi interpretado como uma estabilização dessa dimensão após a fase juvenil, ao contrário do que ocorreu para os

traqueídeos originados de indivíduos submetidos a regimes de competição.

5.2. Ocorreram incrementos para os valores de largura e diâmetro do lúmen em função dos desbastes, embora a espessura de parede dos traqueídeos não tenha mostrado variações definidas em função dos tratamentos.

6. Em relação à composição química da madeira:

6.1. Para os tratamentos de desbaste com 50 e 75% de intensidade verificou-se acréscimo de, respectivamente, 54 e 48% no teor de solúveis em água quente.

6.2. O desbaste mais intenso, com 75% de intensidade, promoveu redução de 2,8% no teor de holocelulose em relação a testemunha.

6.3. Os tratamentos não mostraram influenciar os teores de cinzas, lignina e pentosanas.

7. Quanto ao processo de deslignificação:

7.1. Os valores de rendimento bruto sofreram redução de 4 a 7% para o tratamento mais intenso em relação à testemunha.

7.2. O nível de deslignificação obtido, expresso pelo número kappa sofreu uma redução de 9 a 13% para o

tratamento mais intenso.

7.3. Confrontando-se os níveis extremos do experimento constatou-se uma redução nos valores para viscosidade de 6 a 10%.

8. Considerando-se as propriedades físico-mecânicas da celulose produzida:

8.1. Os desbastes promoveram melhorias nas propriedades de ligação com aumento na resistência à tração, sem que tenha ocorrido, contudo, nítidas diferenças entre tratamentos.

8.2. A resistência ao rasgo apresentou um gradativo decréscimo à medida em que os tratamentos de desbaste foram intensificados.

8.3. Para um mesmo grau de refinação ocorreu um aumento progressivo do peso específico em função dos tratamentos associado à redução na espessura e porosidade da folha.

7. LITERATURA CITADA

ANDRULOT, E.R., 1972. *Effects of thinning on yield of loblolly pine in Central Louisiana*. Ruston, Louisiana Tech. University. 145 p.

ASSOCIAÇÃO TÉCNICA BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL, 1968. *Normas de Ensaio*.

BARRICHELO, L.E.G., 1979. Estudo das características físicas, anatômicas e químicas da madeira de *Pinus caribaea* Mor. var. *hondurensis* Barr. e Golf. para produção de celulose kraft. Piracicaba, 167 p. (Tese de Livre-Docência - ESALQ-USP).

- BARRICHELO, L.E.G. e J.O. BRITO, 1978. A madeira de *Pinus taeda* como matéria prima para celulose kraft. I. Influência dos teores de lenhos. Congresso Florestal Brasileiro, Manaus (3): 1-18.
- BARRICHELO, L.E.G. e J.O. BRITO, 1978. Correlações entre o teor de lenho tardio e densidade básica para espécies do gênero *Pinus*. *Circular Técnica - IPEF*, Piracicaba, (30) : 1-6.
- BARRICHELO, L.E.G. e C.E.B. FOELKEL, 1982. Processo nítrico acético para maceração de madeira. *Silvicultura*, São Paulo 8(28): 732-3, jan/fev., 1983.
- BARRICHELO, L.E.G., J.O. BRITO e A.J. MIGLIORINI, 1982. Estudo da variação longitudinal da densidade básica de *Eucalyptus* spp. *Silvicultura*, São Paulo (8)28: 726-31.
- BASSET, J.R., 1964. Thinning loblolly pine from above and below. USDA. Forest Service, Research Note.
- BRASIL, Ministério da Agricultura, 1973. Levantamento de reconhecimento dos solos do Rio Grande do Sul. Divisão de Pesquisas Pedológicas. 431 p. *Boletim* (39): 1-431.
- BRAYTON, F.W., 1964. A model for cell production by the cambium of conifer. In: ZIMMERMANN, M.H. *The formation of wood in forest trees*. New York, Academic Press. p. 19-86.

- BRAZIER, J.D., 1970. Timber improvement: 2-The effect of vigour on young - growth sitka spruce. *Forestry*, 43(2): 135-150.
- BRAZIER, J.D., 1976. The effect of forest practices on quality of the harvested crop. In: IUFRO WORLD CONGRESS, 16, Oslo, 1976. *Proceedings*. Oslo, Norwegian Forest Research Institute. v. 4, p. 83-9.
- BROWN, H.P., A.J. PANSHIN e C.C. FORSAITH, 1952. *Textbook of wood technology*. New York, Mc-Graw Hill. v. 2.
- BYRD, V.L., 1965. Wood properties and kraft paper properties of four selected loblolly pines: Part 2 - Wood Chemical constituents and their relationship to fiber morphology. *Forest Products Journal*, Madison, 15(8): 313-20.
- CAMPBELL, T.E., s/d. Growth in a loblolly pine spacing study in southwest Louisiana. p. 108-15.
- CASEY, J.P., 1960. *Pulp and Paper*. Chemistry and chemical technology. New York, Interscience publishers, v. II.
- COWN, D.J., 1974. Comparision of the effects of two thinnings regimes on some wood properties. *New Zeland, Journal of Forestry Science*, Rotowa, 4(3): 540-51.
- DADSWELL, H.E., 1957. *The growth characteristics and their influence on wood structure and properties*. Canberra, CSIRO, 18 p.

- ECHOLS, R.M., 1959. Effects of growing space on wood specific gravity in loblolly pine. *Proc. Soc. Am. For.*, 140-143.
- ESAU, K., 1974. *Anatomia das plantas com sementes*. São Paulo, Edgar Blucher. 293 p.
- FERRAZ, E.S.B., 1976. Determinação da densidade de madeiras por atenuação de radiação gama de baixa energia. IPEF, Piracicaba, (12): 61-8.
- FOELKEL, C.E.B., 1977. A penetração dos licores de cozimento no interior da madeira. Ipatinga CENIBRA/UFV. 7 p.
- FOELKEL, C.E.B. e L.E.G. BARRICHELO, 1975. *Tecnologia de Celulose e Papel*. Piracicaba, USP-ESALQ-CALQ. 207 p.
- FOELKEL, C.E.B., L.E.G. BARRICHELO, W. GARCIA e J.O. BRITO, 1976. Celulose kraft de madeira juvenil e adulta de *Pinus elliottii*. IPEF, Piracicaba, (12): 127-42.
- FOELKEL, C.E.B., M.A.M. BRASIL e L.E.G. BARRICHELO, 1971. Métodos para determinação da densidade básica de cavacos para coníferas e folhosas. IPEF, Piracicaba (2/3): 65-74.
- FORREST, W.G., 1974. Profitability of thinning in Radiata Pine plantations. *New Zealand Journal of Forestry Science*. Rotowa, 1(3): 529-39.

HALL, J.L., T.J. FLOWERS e R.M. ROBERTS, 1974. *Plant Cell Structure and Metabolism*. London, Longman, 426 p.

HARRINGTON, C.A. e J.J. KARNIG, 1975. Growth increase after moderate thinning in a 70 year old mixed Oak stand. Black Rock Forest Papers. nº 31, 8 pp. Apud: Forestry abstracts, Oxford, 37: 568, 1976.

HARRIS, J.M., 1963. The influence of environment on the wood density of radiata pine growth in New Zeland. In: WORLD CONSULTATION ON FOREST GENETICS AND TREE IMPROVEMENT, 1, Stockolm, August 23-30, 1963. *Proceedings*. Rome, FAO, cap 7/3. p. 1-9.

KARANI, P.K., 1976. Interim results of research on *Cupressus lusitanica* in Uganda. *Commonwealth Forestry Review*. 55(1): 41-55.

KOCH, P., 1972. *Utilization of the southern pines*. Washington. U.S. Department of Agriculture Forest Service. 2 v.

KRAMER, P.J. e T.T. KOZLOWSKI, 1972. *Fisiologia das árvores*. Lisboa, Calouste, Gulbenkian. 745 p.

- KROMHOUT, C.P., 1968. The influence of stand density on certain anatomical wood properties of *Pinus pinaster* in two C.C.T. stands. Bosb. Suid. Afr. 196B(9) (45-66).
Apud: *Forestry Abstracts*, Oxford, 31: 163. 1970.
- LARSON, P.R., 1957. Effect of environment on the percentage of summerwood and specific gravity of slash pine. *Bulletin. Yale University. School of Forestry*, New Haven, (63): 1-89.
- LARSON, P.R., 1969. Wood formation and the concept of wood quality. *Bulletin Yale University, School of Forestry*, New Haven (74): 1: 53.
- LOBZANIDZE, E.D., 1968. Change in the cambial activity and wood structure of Oak in relation to thinnings. Trudy Tbilissk. Int. Lesa (17), (275-90). Apud: *Forestry abstracts*, Oxford, 31: 382.
- LOBZANIDZE, E.D., 1969. Change in the cambial activity and wood structure of pole stage scots-pine after thinng. Lesorved., Moskva (1) (35-42). Apud: *Forestry Abstracts*, Oxford, 31: 163, 1970.
- MARTON, R., G.E. STAIRS e E.J. SCHREINER, 1968. Influence of growth rate and clonal effects on wood anatomy and pulping properties for hybrids poplars. TAPPI (51) n° 5: 230-235.

- MEIER, H., 1964. General chemistry of cell walls and distribution of the chemicals constituents across the walls. In: ZIMMERMANN, M.H. *The formation of wood in forest trees*, New York, Academic Press. p. 137-152.
- MELLO, H.A., 1974. *Silvicultura Geral e Dendrologia*. Piracicaba, USP-ESALQ-CALQ. 207 p.
- MITCHELL, H.L., 1956. Breeding for high quality wood. *USDA Forest Service FPL Research Paper*, Madison, (2050): 1-13.
- MOORE, W.E. e D.B. JOHNSON, 1967. *Procedures for the chemical analysis of wood and wood products*. Madison, FPL. 8 p.
- MOORE, W.E. e M. EFFLAND, 1974. Chemical composition of fast growth juvenil wood and slow-growth mature sycamore and cotton-wood. *TAPPI*, Atlanta, 57(8): 96-8.
- MOREY, P.R., 1976. *O crescimento das árvores*. São Paulo. E.P.V./EDUSP. 72 p.
- MOTA, F.S. da, M.I.C. BERSDORF e J.R.B. GARCEZ, 1971. *Zoneamento Agroclimático do Rio Grande do Sul e Santa Catarina: Normais Agroclimáticas*.

- PANSHIN, A.J. e C. de ZEEW, 1970. *Textbook of wood technology*. 3. ed. New York, Mc Graw-Hill, 905 p.
- PARKER, M.L., K. HUNT, W.G. WARREN, R.W. KENNEDY, 1976. Effects of thinning and fertilization on intraring characteristics and kraft pulp yield of Douglas-fir. Applied Polymer Symposium, Vancouver, 1975. nº 28, 1075-86. Apud: *Forestry Abstracts*, Oxford, 39: 62, 1978.
- PEREIRA, J.C.D., 1982. A influência do ritmo de crescimento na densidade da madeira de *Pinus elliottii* Engelm. var. *elliottii*. Piracicaba, ESALQ/USP, 98 p. (Dissertação de Mestrado).
- REUKEMA, D.L. e D. BRUCE, 1977. Effect of thinning on yield of Douglas fir: concepts and some estimates obtained by simulation. USDA Forest Service. PNW general technical report, Portland, (58): 1-36.
- RICHARDSON, S.D., 1974. The external environment and tracheid size in conifers. In: ZIMMERMANN, M.H. *The formation of wood in forest trees*. New York, Academic Press. p. 367-388.

- RYDHOLM, S.A., 1965. *Pulping process*. New York, John Wiley, 1269 p.
- SAVINA, A.V. e I.V. YAKIMOV, 1976. Effect of tending fallings on the growth of development of Pine. Lesnoe Khozyaistvo. 1976. n° 6 (25-27). Apud: *Forestry Abstracts*, Oxford, 39: 231, 1977.
- SIEGEL, A.E.A., F.F. WANGAARD, F.N. TAMOLANG, 1968. Relationships between fiber characteristics and pulp-sheet properties of philipine hardwoods. TAPPI, Atlanta (51) n° 6, 261-267.
- SPURR, S.H. e W. SHIUNG, 1954. Growth rate and specific gravity in conifers. *Journal of forestry*, Washington, 52 (3): 191-200.
- SUTTON, W.R. e J.M. HARRIS, 1973. Effect of heavy thinning on wood density in Radiata pine. *N.Z. For. Sc.* 4(1): 112-115.
- SYDE, H.A. VAN DER, 1976. Resin infiltrated heart shakes in *Pinus elliottii* grown in the transvaal. South African Forestry Journal. 1976. n° 97 (29-35). Apud: *Forestry Abstracts*, Oxford, 38: 166. 1977.
- TAPPI. *Testing Procedures of Technical Association of the Pulp and Paper Industry*. Atlanta.

- THOMAS, R.J., 1976. Anatomical features affecting liquid penetrability in three hardwood species. *Wood and Fiber*, 7(4): 256-263.
- VAN BUIJTENEN, J.P., 1969. Relationships between wood properties and pulp and paper properties. *Seconde World consultation on forest tree breeding*, Washington.
- WANGARD, F.F. e G.E. WOODSON, 1972. Fiber length-fiber strength interrelationships for slash pine and its effect on pulp-sheet properties. *Wood Science* (5) n° 3 235-240.
- WATSON, A.J. e H.E. DADSWELL, 1964. Influence of fiber morphology on paper properties. 3. Length: Diameter (L/D) Ratio. *APPITA* (17) 6.
- WAKELEY, P.C., 1969. Single commercial thinnings in variously spaced slash and loblolly pine plantations. U.S. Forestry Service Research Paper. 5 th For. Exp. Sta. No. 50.48 pp 12. 1969. Apud: *Forestry Abstracts*, Oxford 31: 308, 1970.
- ZOBEL, B., 1961. Juvenility in wood production. In: *Recent advances in Botany*. Toronto, Academic Press. p. 1663-5.
- ZVIEDRIS, A.I. e A.J.A. KALNIN'S, 1968. The effect of thinning on the annual rings of scots pine. *Lesn. Hoz.* (12):(19-21). Apud: *Forestry Abstracts*, Oxford. 31: 309, 1970.

A P P E N D I C E

TABELA 19. Valores relativos à alturas total e comercial, DAP e densidade básica (DAP).

Tratamento de desbaste (%)	Nº da árvore	Altura (m)		DAP (cm)	Densidade bá- sica no DAP (g/cm³)
0	1	19,6	16,8	29,2	0,406
	2	21,3	18,4	32,0	0,361
	3	21,5	17,2	24,5	0,416
	4	19,8	16,0	23,0	0,368
	5	20,5	17,4	26,0	0,382
	6	20,0	16,6	23,7	0,455
	7	19,8	16,6	22,7	0,409
	8	20,3	17,2	27,5	0,430
	9	17,2	12,8	16,0	0,380
	10	19,5	16,4	26,0	0,395
	11	19,5	16,0	28,7	0,328
	12	21,2	18,0	31,7	0,422
	13	20,9	17,8	35,2	0,384
	14	20,9	18,0	37,7	0,376
	15	19,6	16,5	28,2	0,388
	16	15,9	9,2	12,0	0,438
	17	21,3	18,0	24,5	0,401
	18	18,8	15,4	20,2	0,438
	19	19,9	17,4	35,5	0,358
	20	20,5	17,8	30,5	0,371
25	21	19,3	16,0	32,2	0,367
	22	20,7	17,3	27,2	0,375
	23	20,5	17,6	34,0	0,415
	24	20,0	18,0	34,0	0,394
	25	20,6	17,7	25,2	0,404
	26	20,7	18,4	34,5	0,376
	27	20,6	18,2	30,0	0,398
	28	21,6	18,9	30,0	0,448
	29	21,0	18,4	33,7	0,374
	30	21,6	18,8	33,0	0,400
	31	21,0	18,0	33,2	0,431
	32	20,7	18,0	36,2	0,414
	33	19,9	17,4	36,0	0,342
	34	21,1	18,0	34,5	0,416
	35	21,1	18,6	33,5	0,350
	36	19,9	17,4	34,7	0,366
	37	21,0	18,3	31,0	0,366
	38	19,1	16,0	32,7	0,393
	39	21,1	18,5	32,2	0,411
	40	20,4	17,7	37,2	0,383

- continua -

TABELA 19. (continuação)

Tratamento de desbaste (%)	Nº da árvore	Altura (m)		DAP (cm)	Densidade bá- sica no DAP (g/cm³)
50	41	19,1	16,6	30,0	0,384
	42	20,2	17,4	34,0	0,402
	43	20,4	17,3	31,0	0,378
	44	19,5	16,9	35,7	0,298
	45	19,0	16,5	29,5	0,420
	46	19,6	16,9	37,7	0,438
	47	19,2	16,8	29,5	0,357
	48	19,2	16,3	34,0	0,408
	49	20,4	17,4	39,2	0,420
	50	19,0	16,4	38,0	0,384
	51	21,4	18,5	33,0	0,404
	52	20,6	18,0	34,5	0,438
	53	18,5	16,8	27,7	0,402
	54	20,6	17,7	32,7	0,446
	55	21,0	18,8	32,7	0,387
	56	20,3	17,9	34,2	0,388
	57	20,3	17,4	35,0	0,466
	58	21,0	18,0	32,0	0,398
	59	20,6	17,8	35,0	0,394
	60	21,0	18,0	33,5	0,390
75	61	20,0	18,1	45,0	0,346
	62	20,3	18,3	45,7	0,338
	63	19,2	16,7	37,7	0,414
	64	20,0	16,7	40,7	0,371
	65	19,2	16,4	47,2	0,354
	66	19,8	17,9	41,5	0,326
	67	20,6	17,8	40,7	0,342
	68	20,4	18,0	49,7	0,303
	69	21,0	18,6	49,0	0,352
	70	21,5	19,0	43,2	0,393
	71	20,0	17,7	41,0	0,360
	72	19,7	17,3	45,0	0,330
	73	21,0	19,0	48,0	0,378
	74	21,0	18,2	50,0	0,327
	75	19,0	16,3	47,0	0,362
	76	19,9	18,2	47,7	0,361
	77	20,6	18,0	41,2	0,401
	78	22,6	20,4	45,2	0,340
	79	19,6	17,2	47,5	0,360
	80	19,5	17,0	39,0	0,390

TABELA 20. Resultados das determinações da densidade básica comercial e percentagem de casca.

Tratamento de desbaste (%)	Nº da árvore	db média comercial (g/cm³)	Percentagem de casca
0	1	0,376	20,05
	2	0,319	15,44
	3	0,377	16,54
	4	0,350	19,41
	5	0,356	20,62
	6	0,410	26,74
	7	0,358	20,77
	8	0,394	15,92
	9	0,334	18,97
	10	0,368	5,05
	11	0,324	29,29
	12	0,374	25,40
	13	0,356	19,56
	14	0,332	19,96
	15	0,357	34,39
	16	0,394	25,23
	17	0,374	20,77
	18	0,398	17,59
	19	0,336	16,67
	20	0,330	21,26
25	21	0,342	23,57
	22	0,346	20,97
	23	0,365	18,88
	24	0,348	20,13
	25	0,368	25,27
	26	0,347	21,43
	27	0,369	17,36
	28	0,383	19,23
	29	0,346	18,89
	30	0,347	17,79
	31	0,402	19,93
	32	0,356	19,93
	33	0,332	20,23
	34	0,379	21,41
	35	0,341	13,76
	36	0,328	19,29
	37	0,337	18,12
	38	0,357	17,84
	39	0,381	20,29
	40	0,357	18,28

- continua -

TABELA 20. (continuação).

Tratamento de desbaste (%)	Nº da árvore	db média comercial (g/cm³)	Percentagem de casca
50	41	0,361	18,15
	42	0,374	18,53
	43	0,348	17,12
	44	0,379	17,80
	45	0,377	16,23
	46	0,393	21,91
	47	0,332	20,37
	48	0,369	16,66
	49	0,380	18,83
	50	0,345	19,25
	51	0,371	15,37
	52	0,380	17,42
	53	0,358	19,90
	54	0,392	18,62
	55	0,361	18,24
	56	0,357	15,63
	57	—	—
	58	0,361	19,85
	59	0,353	15,03
	60	0,352	16,50
75	61	0,329	19,81
	62	0,308	17,95
	63	0,360	21,60
	64	0,354	18,66
	65	0,374	17,20
	66	0,303	21,52
	67	0,319	17,32
	68	0,293	19,29
	69	0,339	16,79
	70	0,339	21,24
	71	0,337	20,28
	72	0,321	20,02
	73	0,344	18,22
	74	0,299	20,19
	75	0,326	20,86
	76	0,326	15,74
	77	0,363	16,82
	78	0,358	19,09
	79	0,340	20,21
	80	0,361	21,28

TABELA 21. Volume e peso comercial de madeira e volume comercial de casca.

Tratamento de desbaste (%)	Nº da árvore	Volume comercial (dm³)		Peso co- mercial (kg)	Vol. de casca (dm³)
		com casca	sem casca		
0	1	591,20	472,65	177,774	118,551
	2	954,06	806,72	257,067	147,338
	3	525,92	438,91	165,463	87,004
	4	381,43	307,37	107,651	74,061
	5	523,28	415,36	147,760	107,916
	6	444,34	325,52	133,651	118,817
	7	438,15	347,11	124,410	91,040
	8	588,44	494,72	194,842	93,721
	9	165,47	134,06	44,895	31,405
	10	552,33	524,44	192,891	27,898
	11	469,79	332,17	107,751	137,619
	12	818,23	610,33	228,328	207,905
	13	989,27	765,68	283,311	193,587
	14	1137,33	910,32	302,075	227,015
	15	547,28	359,05	128,336	188,227
	16	62,05	46,39	18,273	15,658
	17	485,52	384,67	143,815	100,856
	18	307,88	253,71	100,949	54,170
	19	953,63	794,58	267,060	159,041
	20	736,84	580,14	191,606	156,694
25	21	670,73	512,58	175,382	158,146
	22	599,12	473,44	164,047	125,678
	23	941,17	763,44	278,506	177,733
	24	879,11	702,13	244,663	176,983
	25	468,22	349,87	128,667	118,347
	26	965,94	758,87	263,575	207,064
	27	790,83	653,49	241,184	137,343
	28	837,20	676,19	258,944	161,017
	29	879,36	713,17	246,828	166,197
	30	966,49	794,50	276,021	171,994
	31	853,18	683,14	274,554	170,040
	32	935,17	748,77	266,383	186,406
	33	1005,56	802,10	266,726	203,457
	34	962,83	756,62	286,501	206,206
	35	870,57	750,72	256,076	119,846
	36	879,49	709,83	233,099	169,657
	37	824,55	675,08	227,675	149,464
	38	873,05	717,22	255,925	155,828
	39	876,47	698,62	266,187	177,844
	40	1096,57	896,11	319,690	200,460

-continua -

TABELA 21. (continuação)

Tratamento de desbaste (%)	Nº da árvore	Volume comercial (dm³)		Peso co- mercial (kg)	Vol. de casca (dm³)
		com casca	sem casca		
50	41	695,88	569,52	205,658	126,367
	42	985,78	803,07	300,787	182,717
	43	804,63	666,82	232,154	137,810
	44	1027,39	844,49	319,807	182,895
	45	654,03	547,86	206,605	106,172
	46	1020,92	797,21	313,297	223,710
	47	714,08	568,59	188,695	145,488
	48	774,40	645,34	237,164	129,055
	49	1232,41	1000,27	380,476	232,141
	50	1071,78	865,41	298,453	206,367
	51	880,56	745,15	276,414	135,404
	52	985,01	813,36	309,112	171,646
	53	610,83	489,26	175,303	121,574
	54	794,82	646,80	253,795	148,025
	55	923,81	755,30	272,521	168,515
	56	995,48	839,85	300,226	155,636
	57	834,90	—	—	—
	58	805,11	645,24	233,914	159,872
	59	981,40	833,81	294,106	147,591
	60	870,58	726,91	255,719	143,672
75	61	1549,33	1242,32	409,349	307,011
	62	1647,12	1351,42	416,493	295,706
	63	1063,34	833,58	299,977	229,759
	64	1288,70	1048,16	371,580	240,545
	65	1466,37	1214,06	454,275	252,307
	66	1390,09	1090,84	330,300	299,252
	67	1263,58	1044,67	333,364	218,914
	68	1899,33	1532,82	448,942	366,504
	69	1757,66	1462,39	495,211	295,280
	70	1663,77	1310,35	443,818	353,420
	71	1374,69	1095,79	369,743	278,900
	72	1422,94	1137,94	364,910	285,002
	73	1898,90	1552,79	533,569	346,105
	74	1785,80	1425,21	426,667	360,590
	75	1404,70	1111,64	362,526	293,057
	76	1968,32	1658,36	540,464	309,955
	77	1326,20	1103,12	400,563	223,077
	78	1759,83	1423,87	509,413	335,964
	79	1512,10	1206,39	410,477	305,710
	80	1158,98	912,29	329,684	246,689

TABELA 22. Volume e peso total de lenho.

Tratamento de desbaste (%)	Nº da árvore	Volume total (dm³)		Peso total (kg)
		com casca	sem casca	
0	1	592,84	475,29	178,658
	2	956,79	809,45	257,876
	3	529,97	442,97	166,979
	4	385,01	310,95	108,912
	5	526,20	418,28	148,809
	6	447,54	328,73	134,766
	7	441,16	350,12	125,375
	8	591,36	497,64	195,864
	9	169,61	138,21	46,156
	10	555,25	527,36	193,882
	11	473,08	335,47	108,688
	12	821,25	613,34	229,275
	13	992,19	798,60	284,304
	14	1140,07	913,05	302,917
	15	550,20	361,97	129,315
	16	68,36	52,71	20,350
	17	488,63	387,78	144,885
	18	311,08	256,91	102,122
	19	955,98	796,94	267,842
	20	739,38	582,69	192,441
25	21	673,84	515,69	176,365
	22	602,32	476,64	165,047
	23	943,91	766,17	279,457
	24	881,00	704,01	245,277
	25	470,95	352,61	129,665
	26	968,10	761,04	264,280
	27	793,09	655,75	241,924
	28	839,75	678,73	259,733
	29	881,81	715,62	247,563
	30	969,13	797,14	276,882
	31	856,01	685,97	275,611
	32	937,72	751,31	267,223
	33	1007,91	804,46	267,447
	34	965,75	759,54	287,547
	35	872,93	753,08	256,854
	36	881,84	712,19	233,773
	37	827,09	677,63	228,453
	38	875,97	721,14	256,860
	39	878,92	701,08	267,069
	40	1099,12	898,66	320,524

- continua -

TABELA 22. (continuação).

Tratamento de desbaste (%)	Nº da árvore	Volume total (dm³)		Peso total (kg)
		com casca	sem casca	
50	41	698,24	571,87	206,408
	42	988,42	805,71	301,637
	43	807,55	669,74	233,154
	44	1029,84	846,94	320,650
	45	656,38	550,21	207,383
	46	1023,46	799,75	314,183
	47	716,34	570,85	189,410
	48	777,13	648,08	238,055
	49	1235,24	1003,10	381,454
	50	1074,23	867,86	299,220
	51	883,29	747,88	277,363
	52	987,46	815,81	309,926
	53	612,43	490,86	175,771
	54	797,55	649,53	254,697
	55	925,89	757,37	273,261
	56	997,74	842,11	300,910
	57	837,64	—	—
	58	807,94	648,07	234,807
	59	986,09	838,50	295,823
	60	873,41	729,74	256,615
75	61	1551,12	1244,11	409,927
	62	1649,01	1353,30	417,051
	63	1065,69	835,93	300,764
	64	1291,81	1051,27	372,713
	65	1469,01	1216,70	455,230
	66	1391,88	1092,63	330,803
	67	1266,22	1047,31	334,188
	68	1901,59	1535,09	449,620
	69	1759,93	1464,65	495,989
	70	1666,13	1312,71	444,529
	71	1376,86	1097,96	370,430
	72	1425,20	1140,20	365,575
	73	1900,78	1554,68	534,169
	74	1788,44	1427,85	427,390
	75	1407,24	1114,19	363,325
	76	1969,92	1659,96	541,031
	77	1328,65	1105,57	401,403
	78	1761,90	1425,94	510,081
	79	1514,37	1208,66	411,174
	80	1161,33	914,64	330,395

TABELA 23. Diâmetro e densidade básica dos discos das árvores provenientes dos talhões sem desbaste.

Árvore	Disco	Diâmetro		Densidade básica (g/cm ³)
		com casca	sem casca	
1	A	34,0	28,5	0,428
	B	29,2	24,2	0,406
	C	24,5	22,2	0,365
	D	20,0	18,8	0,362
	E	14,0	12,9	0,350
	F	6,0	5,3	0,335
2	A	41,0	36,2	0,376
	B	32,0	29,4	0,361
	C	30,0	28,2	0,313
	D	24,0	22,6	0,291
	E	17,5	16,1	0,283
	F	6,0	5,0	0,296
3	A	30,0	26,0	0,413
	B	24,5	22,0	0,416
	C	22,0	20,4	0,386
	D	19,5	18,3	0,355
	E	15,0	14,0	0,337
	F	6,0	5,4	0,373
4	A	29,5	24,7	0,365
	B	23,0	19,8	0,368
	C	19,0	17,7	0,355
	D	16,0	15,0	0,342
	E	12,0	11,0	0,318
	F	6,0	5,3	0,352
5	A	31,5	26,4	0,390
	B	26,0	22,8	0,382
	C	22,5	20,5	0,348
	D	18,5	17,1	0,332
	E	13,0	11,9	0,360
	F	6,0	5,0	0,359
6	A	29,0	22,9	0,448
	B	23,7	21,2	0,445
	C	21,5	17,9	0,452
	D	17,5	16,3	0,358
	E	12,5	11,7	0,360
	F	6,0	5,2	0,348

- continua -

TABELA 23. (continuação)

Árvore	Disco	Diâmetro		Densidade básica (g/cm ³)
		com casca	sem casca	
7	A	28,0	23,9	0,409
	B	22,7	19,8	0,409
	C	20,5	18,5	0,353
	D	17,0	15,5	0,339
	E	15,0	13,5	0,338
	F	6,0	5,4	0,320
8	A	32,5	28,3	0,482
	B	—	—	0,429
	C	24,5	22,8	0,383
	D	20,0	19,0	0,356
	E	14,0	13,0	0,352
	F	6,0	5,4	0,349
9	A	20,5	17,6	0,375
	B	16,0	14,4	0,380
	C	14,0	13,0	0,342
	D	12,0	11,0	0,312
	E	9,5	8,6	0,299
	F	6,0	5,4	0,304
10	A	34,0	29,2	0,411
	B	26,0	23,2	0,395
	C	24,0	23,2	0,371
	D	19,0	22,3	0,345
	E	13,5	12,4	0,335
	F	6,6	5,1	0,339
11	A	33,5	26,0	0,321
	B	28,7	22,7	0,328
	C	22,5	19,2	0,356
	D	17,0	15,4	0,299
	E	11,0	10,0	0,280
	F	6,0	5,2	0,284
12	A	37,5	29,9	0,451
	B	31,7	25,9	0,422
	C	27,0	23,7	0,371
	D	24,0	21,5	0,341
	E	17,0	15,5	0,340
	F	6,0	5,6	0,313

- continua -

TABELA 23. (continuação)

Árvore	Disco	Diâmetro		Densidade básica (g/cm ³)
		com casca	sem casca	
13	A	42,0	36,1	0,367
	B	35,2	31,5	0,384
	C	32,0	28,8	0,360
	D	24,5	22,7	0,347
	E	17,5	16,3	0,339
	F	6,0	5,4	0,340
14	A	46,0	39,4	0,383
	B	37,7	32,4	0,375
	C	33,0	29,7	0,320
	D	27,0	25,0	0,315
	E	18,0	16,7	0,303
	F	6,0	5,2	0,308
15	A	34,0	21,8	0,369
	B	28,2	23,7	0,388
	C	24,0	21,2	0,363
	D	19,0	16,8	0,354
	E	12,5	11,2	0,331
	F	6,0	5,2	0,335
16	A	15,0	12,0	0,411
	B	12,0	10,0	0,437
	C	10,0	8,8	0,413
	D	8,0	7,2	0,389
	E	7,0	6,4	0,364
	F	6,0	5,4	0,329
17	A	31,0	26,7	0,416
	B	24,5	21,1	0,401
	C	20,0	18,0	0,352
	D	17,5	15,9	0,357
	E	13,0	11,9	0,397
	F	6,0	5,2	0,343
18	A	25,6	22,1	0,401
	B	20,2	17,5	0,437
	C	17,5	16,1	0,424
	D	16,0	15,1	0,378
	E	10,0	9,7	0,365
	F	6,0	5,2	0,366

- continua -

TABELA 23. (continuação).

Árvore	Disco	Diâmetro		Densidade básica (g/cm ³)
		com casca	sem casca	
19	A	42,0	36,7	0,367
	B	35,5	31,7	0,357
	C	30,0	28,0	0,321
	D	26,5	24,8	0,340
	E	17,0	15,5	0,313
	F	6,0	5,1	0,332
20	A	38,0	32,5	0,352
	B	30,5	27,0	0,371
	C	26,5	23,9	0,353
	D	21,0	19,1	0,272
	E	15,0	13,5	0,317
	F	6,0	5,2	0,327

TABELA 24. Diâmetro e densidade básica dos discos das árvores provenientes dos talhões que sofreram desbaste com 25% de intensidade.

Árvore	Disco	Diâmetro		Densidade básica (g/cm ³)
		com casca	sem casca	
21	A	38,0	31,6	0,362
	B	32,2	27,0	0,367
	C	27,0	23,6	0,348
	D	21,0	19,4	0,327
	E	15,0	13,6	0,318
	F	6,0	5,3	0,316
22	A	33,0	27,7	0,373
	B	27,2	23,7	0,375
	C	25,0	22,6	0,350
	D	19,5	17,8	0,331
	E	14,0	13,0	0,322
	F	6,0	5,2	0,312
23	A	41,0	35,5	0,413
	B	34,0	27,3	0,415
	C	30,0	27,3	0,358
	D	26,0	24,2	0,355
	E	17,0	15,3	0,320
	F	6,0	5,3	0,348
24	A	42,5	35,9	0,394
	B	34,0	29,6	0,394
	C	28,5	26,5	0,336
	D	23,0	21,1	0,334
	E	15,0	13,5	0,323
	F	6,0	5,0	0,326
25	A	31,0	25,4	0,404
	B	25,2	21,5	0,404
	C	20,5	18,1	0,360
	D	16,5	14,9	0,355
	E	12,5	11,0	0,344
	F	6,0	5,2	0,365
26	A	42,5	35,1	0,377
	B	34,5	29,7	0,375
	C	29,5	27,0	0,345
	D	24,0	22,0	0,332
	E	17,5	15,8	0,328
	F	6,0	5,1	0,325

(continua)

TABELA 24 . (continuação).

Árvore	Disco	Diâmetro		Densidade básica (g/cm ³)
		com casca	sem casca	
27	A	40,0	35,2	0,388
	B	30,0	27,1	0,397
	C	27,0	25,0	0,378
	D	21,0	19,4	0,357
	E	15,0	13,9	0,326
	F	6,0	5,4	0,327
28	A	37,0	31,6	0,450
	B	30,0	25,6	0,447
	C	27,0	24,7	0,403
	D	23,5	21,8	0,336
	E	16,5	15,0	0,320
	F	6,0	5,0	0,310
29	A	40,0	34,6	0,381
	B	33,7	30,0	0,374
	C	28,0	25,6	0,365
	D	24,0	22,3	0,309
	E	16,0	14,5	0,301
	F	6,0	5,0	0,300
30	A	44,0	38,1	0,385
	B	33,0	29,3	0,400
	C	28,0	26,1	0,337
	D	24,0	22,4	0,337
	E	16,5	15,2	0,327
	F	6,0	5,0	0,326
31	A	42,0	36,1	0,427
	B	33,2	29,1	0,431
	C	27,0	24,6	0,404
	D	23,0	21,2	0,391
	E	16,0	14,6	0,367
	F	6,0	5,2	0,373
32	A	42,0	36,2	0,392
	B	36,2	32,0	0,414
	C	31,6	28,3	0,369
	D	23,0	20,9	0,301
	E	16,0	14,6	0,343
	F	6,0	5,0	0,330

(continua)

TABELA 24. (continuação).

Árvore	Disco	Diâmetro		Densidade básica (g/cm ³)
		com casca	sem casca	
33	A	44,0	37,5	0,413
	B	36,0	32,3	0,342
	C	31,5	28,9	0,319
	D	26,0	24,1	0,296
	E	17,0	14,7	0,287
	F	6,0	5,0	0,306
34	A	42,0	36,0	0,415
	B	34,5	31,2	0,415
	C	30,0	27,0	0,386
	D	24,5	21,8	0,354
	E	18,0	16,6	0,336
	F	6,0	5,1	0,357
35	A	37,0	33,4	0,384
	B	33,5	30,8	0,349
	C	28,0	26,6	0,336
	D	25,0	23,5	0,326
	E	16,5	15,0	0,316
	F	6,0	5,1	0,329
36	A	40,0	34,1	0,360
	B	34,7	29,4	0,365
	C	30,0	27,4	0,326
	D	24,5	22,8	0,314
	E	16,0	14,6	0,314
	F	6,0	5,0	0,285
37	A	37,0	31,3	0,387
	B	31,0	27,0	0,365
	C	28,0	25,9	0,325
	D	23,5	21,9	0,332
	E	16,0	15,0	0,303
	F	6,0	5,2	0,306
38	A	40,0	34,4	0,405
	B	32,7	29,3	0,393
	C	31,0	28,5	0,353
	D	26,0	24,3	0,341
	E	18,0	16,6	0,323
	F	6,0	5,1	0,320

(continua)

TABELA 24 . (continuação).

Árvore	Disco	Diâmetro		Densidade básica (g/cm ³)
		com casca	sem casca	
39	A	39,5	33,0	0,423
	B	32,2	27,5	0,411
	C	27,5	25,2	0,395
	D	23,5	21,8	0,339
	E	17,5	16,0	0,347
	F	6,0	5,0	0,360
40	A	44,0	38,5	0,426
	B	37,2	33,2	0,383
	C	33,0	30,0	0,344
	D	27,5	25,6	0,329
	E	18,0	16,4	0,323
	F	6,0	5,1	0,328

TABELA 25. Diâmetro e densidade básica dos discos das árvores provenientes dos talhões que sofreram desbaste com 50% de intensidade.

Árvore	Disco	Diâmetro		Densidade básica (g/cm ³)
		com casca	sem casca	
41	A	36,0	31,3	0,420
	B	30,0	28,0	0,383
	C	27,0	24,6	0,367
	D	22,0	20,5	0,324
	E	16,0	14,8	0,320
	F	6,0	5,1	0,318
42	A	41,5	35,5	0,415
	B	34,0	29,8	0,402
	C	31,0	28,5	0,387
	D	27,5	25,5	0,338
	E	17,0	15,6	0,347
	F	6,0	5,4	0,322
43	A	37,0	31,9	0,407
	B	31,0	27,2	0,378
	C	28,0	26,0	0,344
	D	24,0	22,4	0,327
	E	17,5	16,2	0,304
	F	6,0	5,3	0,342
44	A	43,5	37,8	0,429
	B	35,7	31,1	0,297
	C	32,0	29,4	0,391
	D	28,0	26,2	0,348
	E	18,0	16,3	0,317
	F	6,0	5,3	0,344
45	A	36,0	29,5	0,449
	B	29,5	26,7	0,420
	C	25,5	23,0	0,363
	D	21,5	19,2	0,350
	E	15,5	13,3	0,344
	F	6,0	5,3	0,330
46	A	44,5	37,5	0,423
	B	37,7	32,7	0,437
	C	32,0	28,5	0,416
	D	26,5	24,5	0,362
	E	18,5	16,5	0,337
	F	6,0	5,4	0,348

(continua)

TABELA 25. (continuação).

Árvore	Disco	Diâmetro		Densidade básica (g/cm ³)
		com casca	sem casca	
47	A	35,0	29,2	0,381
	B	29,5	26,9	0,357
	C	26,5	24,2	0,335
	D	24,0	22,0	0,306
	E	16,0	14,6	0,301
	F	6,0	5,4	0,316
48	A	38,5	33,6	0,408
	B	34,0	30,2	0,408
	C	28,5	26,6	0,367
	D	24,0	22,4	0,355
	E	16,5	15,1	0,324
	F	6,0	5,4	0,326
49	A	48,0	41,3	0,423
	B	39,2	35,0	0,419
	C	35,0	32,2	0,398
	D	28,5	26,4	0,344
	E	20,0	18,1	0,317
	F	6,0	5,2	0,346
50	A	44,5	38,7	0,384
	B	38,0	33,0	0,384
	C	34,0	31,1	0,343
	D	28,0	25,4	0,320
	E	19,5	17,7	0,334
	F	6,0	5,1	0,313
51	A	38,5	33,7	0,407
	B	33,0	29,0	0,404
	C	28,0	26,3	0,375
	D	25,0	23,5	0,350
	E	16,0	15,0	0,339
	F	6,0	5,4	0,347
52	A	41,0	35,4	0,434
	B	34,5	30,1	0,437
	C	30,0	28,0	0,369
	D	27,5	25,5	0,371
	E	16,5	15,1	0,346
	F	6,0	5,0	0,332

(continua)

TABELA 25 . (continuação).

Árvore	Disco	Diâmetro		Densidade básica (g/cm³)
		com casca	sem casca	
53	A	35,0	29,3	0,399
	B	27,7	23,4	0,402
	C	24,0	22,0	0,365
	D	20,5	19,3	0,335
	E	15,0	13,6	0,329
	F	6,0	5,0	0,292
54	A	38,0	32,9	0,477
	B	32,7	28,9	0,445
	C	27,0	25,0	0,384
	D	23,0	21,1	0,361
	E	17,0	15,4	0,335
	F	6,0	5,0	0,330
55	A	38,5	32,7	0,400
	B	32,7	29,0	0,387
	C	28,5	26,5	0,363
	D	25,0	23,3	0,334
	E	17,5	15,9	0,341
	F	6,0	5,2	0,357
56	A	42,5	38,5	0,395
	B	34,2	30,8	0,387
	C	30,0	27,9	0,382
	D	25,5	23,5	0,317
	E	19,0	17,5	0,299
	F	6,0	4,8	0,301
57	A	41,0	35,2	0,468
	B	35,0	30,7	0,465
	C	28,0	25,0	0,413
	D	23,0	21,0	0,381
	E	16,5	15,1	0,367
	F	6,0	5,4	0,343
58	A	38,0	32,4	0,416
	B	32,0	28,0	0,398
	C	28,0	25,5	0,366
	D	23,0	21,4	0,327
	E	15,0	13,4	0,328
	F	6,0	5,1	0,316

(continua)

TABELA 25. (continuação).

Árvore	Disco	Diâmetro		Densidade básica (g/cm ³)
		com casca	sem casca	
59	A	40,0	35,9	0,376
	B	35,0	32,5	0,394
	C	30,0	28,1	0,358
	D	26,0	24,2	0,338
	E	20,0	18,5	0,324
	F	8,0	6,9	0,366
60	A	39,0	33,9	0,403
	B	33,5	29,5	0,390
	C	28,5	26,6	0,350
	D	24,5	22,9	0,332
	E	16,5	15,4	0,310
	F	6,0	5,1	0,317

TABELA 26. Diâmetro e densidade básica dos discos das árvores provenientes dos talhões que sofreram desbaste com 75% de intensidade.

Árvore	Disco	Diâmetro		Densidade básica (g/cm ³)
		com casca	sem casca	
61	A	57,0	49,8	0,371
	B	45,0	38,2	0,346
	C	37,0	33,5	0,328
	D	32,0	29,4	0,300
	E	18,0	16,0	0,293
	F	6,0	5,1	0,323
62	A	53,0	46,0	0,318
	B	45,7	40,0	0,337
	C	39,0	35,8	0,289
	D	35,5	33,1	0,331
	E	19,5	17,7	0,299
	F	6,0	5,0	0,296
63	A	49,6	42,2	0,381
	B	37,7	32,1	0,413
	C	32,5	29,4	0,362
	D	27,5	25,0	0,337
	E	13,5	12,2	0,351
	F	6,0	5,2	0,334
64	A	51,5	44,8	0,480
	B	40,7	37,0	0,371
	C	35,0	32,0	0,348
	D	31,0	28,6	0,343
	E	20,0	18,4	0,343
	F	6,0	5,0	0,364
65	A	55,0	48,6	0,363
	B	47,2	42,3	0,353
	C	40,0	36,8	0,403
	D	31,0	28,8	0,344
	E	21,5	19,8	0,357
	F	6,0	5,2	0,362
66	A	48,5	41,7	0,337
	B	41,7	36,6	0,326
	C	36,0	32,2	0,302
	D	32,0	28,9	0,375
	E	21,0	18,7	0,304
	F	6,0	5,0	0,281

(continua)

TABELA 26 - (continuação).

Árvore	Disco	Diâmetro		Densidade básica (g/cm ³)
		com casca	sem casca	
67	A	47,5	42,0	0,347
	B	40,7	35,5	0,341
	C	36,0	33,0	0,317
	D	28,5	26,5	0,305
	E	19,0	17,4	0,295
	F	6,0	5,1	0,312
68	A	58,0	50,0	0,312
	B	49,7	43,7	0,303
	C	43,0	39,4	0,292
	D	36,0	33,0	0,281
	E	23,0	20,8	0,278
	F	6,0	5,1	0,299
69	A	57,0	50,9	0,369
	B	49,0	44,1	0,351
	C	40,5	37,3	0,341
	D	33,0	30,7	0,311
	E	21,0	19,0	0,312
	F	6,0	5,3	0,343
70	A	55,0	47,2	0,383
	B	43,2	35,5	0,393
	C	36,5	32,8	0,345
	D	34,0	30,8	0,300
	E	21,0	19,0	0,311
	F	6,0	5,1	0,302
71	A	51,0	44,3	0,382
	B	41,0	44,9	0,359
	C	36,0	32,7	0,330
	D	30,0	26,9	0,308
	E	21,0	19,1	0,333
	F	6,0	5,3	0,317
72	A	52,0	44,8	0,339
	B	45,0	39,9	0,329
	C	37,0	33,4	0,320
	D	33,0	30,3	0,310
	E	19,0	17,3	0,313
	F	6,0	5,2	0,294

(continua)

TABELA 26 . (continuação).

Árvore	Disco	Diâmetro		Densidade básica (g/cm ³)
		com casca	sem casca	
73	A	57,0	50,0	0,378
	B	48,0	42,7	0,378
	C	41,0	37,5	0,334
	D	35,5	33,0	0,327
	E	22,5	20,1	0,346
	F	6,0	5,1	0,318
74	A	60,0	53,1	0,326
	B	50,0	48,8	0,327
	C	42,0	37,7	0,296
	D	34,5	31,1	0,278
	E	15,0	13,3	0,292
	F	6,0	5,1	0,274
75	A	55,0	47,5	0,374
	B	47,0	41,0	0,361
	C	37,5	33,6	0,322
	D	30,0	27,3	0,300
	E	23,5	21,4	0,293
	F	6,0	5,1	0,314
76	A	58,0	51,7	0,352
	B	47,7	42,8	0,316
	C	44,0	40,7	0,324
	D	36,0	33,6	0,299
	E	24,0	22,5	0,328
	F	6,0	5,0	0,353
77	A	50,5	44,5	0,391
	B	41,2	36,1	0,401
	C	37,5	34,9	0,360
	D	27,0	25,0	0,344
	E	18,0	16,6	0,348
	F	6,0	5,0	0,343
78	A	53,0	45,7	0,370
	B	45,2	39,1	0,340
	C	39,0	35,7	0,399
	D	33,0	30,6	0,299
	E	19,0	16,9	0,320
	F	6,0	5,3	0,322

(continua)

TABELA 26 . (continuação).

Árvore	Disco	Diâmetro		Densidade básica (g/cm³)
		com casca	sem casca	
79	A	58,5	50,6	0,353
	B	47,5	41,0	0,359
	C	40,5	37,0	0,346
	D	28,0	25,5	0,323
	E	18,0	16,1	0,314
	F	6,0	5,2	0,307
80	A	48,5	42,0	0,396
	B	39,0	33,2	0,390
	C	33,0	29,6	0,357
	D	30,0	27,1	0,353
	E	17,0	15,1	0,326
	F	6,0	5,0	0,302

TABELA 27. Valores relativos da densidade básica média da árvore e ao nível do DAP para cada tratamento de desbaste.

Arv.	T ₁		T ₂		T ₃		T ₄	
	DAP	MED	DAP	MED	DAP	MED	DAP	MED
1	0,406	0,376	0,367	0,342	0,383	0,361	0,346	0,329
2	0,361	0,319	0,375	0,346	0,402	0,374	0,337	0,307
3	0,416	0,376	0,415	0,365	0,378	0,348	0,413	0,360
4	0,368	0,350	0,394	0,348	0,297	0,379	0,371	0,354
5	0,382	0,356	0,404	0,368	0,420	0,376	0,353	0,374
6	0,445	0,411	0,375	0,347	0,437	0,393	0,326	0,327
7	0,409	0,358	0,397	0,369	0,357	0,332	0,341	0,319
8	0,429	0,394	0,447	0,383	0,408	0,367	0,303	0,293
9	0,380	0,335	0,374	0,346	0,419	0,380	0,351	0,338
10	0,395	0,367	0,400	0,347	0,384	0,345	0,393	0,338
11	0,328	0,327	0,431	0,402	0,404	0,371	0,359	0,337
12	0,422	0,374	0,414	0,356	0,437	0,380	0,329	0,321
13	0,384	0,356	0,342	0,332	0,402	0,358	0,378	0,344
14	0,375	0,331	0,415	0,378	0,445	0,392	0,327	0,299
15	0,388	0,357	0,349	0,342	0,387	0,361	0,361	0,326
16	0,437	0,394	0,365	0,328	0,387	0,357	0,361	0,326
17	0,401	0,374	0,365	0,337	0,465	0,411	0,401	0,363
18	0,437	0,398	0,393	0,356	0,398	0,362	0,340	0,358
19	0,357	0,336	0,411	0,380	0,394	0,353	0,359	0,340
20	0,371	0,330	0,383	0,356	0,390	0,352	0,390	0,361

TABELA 28. Valores relativos às médias de densidades dos lenhos obtidos a partir da radiação gama (g/cm^3).

Nº do anel	T_0		T_1		T_2		T_3	
	LI	LT	LI	LT	LI	LT	LI	LT
1	0,12400	0,30710	0,18401	0,42864	0,18424	0,50626	0,17408	0,48246
2	0,15290	0,31825	0,18744	0,47241	0,18667	0,63313	0,15794	0,46979
3	0,19146	0,52740	0,18892	0,47999	0,21885	0,59239	0,19794	0,50566
4	0,21756	0,52220	0,20488	0,51511	0,26948	0,60543	0,23719	0,53330
5	0,20274	0,56740	0,21230	0,57898	0,22843	0,58407	0,20219	0,56516
6	0,24168	0,61175	0,21320	0,55231	0,22947	0,65184	0,22529	0,52436
7	9,23529	0,58429	0,23035	0,57583	0,22619	0,59948	0,21202	0,53325
8	0,25138	0,64170	0,21307	0,57228	0,20958	0,64446	0,22033	0,58925
9	0,25839	0,63508	0,27052	0,58335	0,28576	0,66963	0,23162	0,58602
10	9,28717	0,70919	0,26506	0,62254	0,22043	0,66231	0,21614	0,54893
11	0,35678	0,64505	0,27768	0,63641	0,23424	0,68346	0,22889	0,51089
12	0,45628	0,61908	0,35428	0,55929	0,26219	0,72210	0,24433	0,56614
13	0,41820	0,71965	0,36625	0,69394	0,25902	0,75813	0,23162	0,55944
14	0,44752	0,68048	0,47096	0,70742	0,28425	0,68514	0,21639	0,52733

T_0 = Testemunha

T_1 = 25% de desbaste

T_2 = 50% de desbaste

T_3 = 75% de desbaste

LI = lenho inicial

LT = lenho tardio

TABELA 29. Comprimento médio dos traqueídeos (C).

Nº do anel	T ₀		T ₁		T ₂		T ₃	
	LI	LT	LI	LT	LI	LT	LI	LT
1	2,0	2,0	2,5	2,6	2,4	2,4	2,3	2,3
2	2,3	2,4	2,8	3,0	2,6	3,0	2,7	2,6
3	2,6	2,8	3,1	3,3	3,1	3,5	3,0	3,2
4	2,9	3,0	3,4	3,6	3,3	3,7	3,2	3,2
5	3,2	3,3	3,5	3,5	3,6	3,7	3,3	3,4
6	3,5	3,5	3,6	3,7	3,7	4,0	3,4	3,5
7	3,6	3,7	3,6	3,7	3,9	4,0	3,8	3,6
8	3,7	3,8	3,8	3,8	3,8	4,1	3,7	3,9
9	3,8	4,1	3,9	4,0	3,9	4,1	3,8	4,0
10	4,0	4,0	4,1	4,0	4,1	3,9	3,9	3,7
11	4,0	4,2	4,0	4,1	3,8	4,1	3,7	3,7
12	4,1	4,2	4,1	4,3	4,1	4,2	3,7	3,7
13	4,2	4,2	4,3	4,3	4,3	4,1	3,7	3,9
14	4,3	4,4	4,4	4,4	4,1	4,2	4,0	4,0

T₀ = testemunhaT₁ = 25% de desbasteT₂ = 50% de desbasteT₃ = 75% de desbaste

LI = lenho inicial

LT = lenho tardio

% de redução média do componente comparando-se T₀ com T₃ = 8,5%

TABELA 30. Largura dos traqueídeos (L).

Nº do anel	T ₀		T ₁		T ₂		T ₃	
	LI	LT	LI	LT	LI	LT	LI	LT
1	41,8	37,8	48,3	43,5	47,0	42,1	45,4	40,8
2	45,5	39,8	51,6	43,3	51,9	43,4	51,0	43,6
3	48,0	40,8	51,8	43,4	52,3	44,0	51,7	45,1
4	48,0	41,1	52,1	44,9	52,7	44,8	50,3	45,3
5	48,7	41,0	52,1	45,0	53,2	45,7	53,6	46,1
6	50,4	42,7	52,2	44,9	53,4	47,3	55,4	46,7
7	50,3	43,7	52,8	46,0	54,5	48,0	54,3	47,7
8	50,6	43,3	54,1	45,3	55,0	46,4	54,6	46,2
9	50,9	42,2	53,0	45,1	56,1	48,3	55,9	47,7
10	49,6	43,3	52,2	45,3	55,0	48,4	56,8	47,6
11	49,8	42,8	53,1	45,8	53,5	47,8	56,1	46,7
12	50,3	42,1	54,8	46,3	55,0	47,9	56,2	47,8
13	45,2	41,9	54,3	46,9	55,8	47,0	55,6	48,4
14	48,5	42,8	54,6	48,0	58,8	48,9	59,1	50,6

T₀ = testemunhaT₁ = 25% de desbasteT₂ = 50% de desbasteT₃ = 75% de desbaste

LI = lenho inicial

LT = lenho tardio

TABELA 31. Diâmetro do lúmen(DL).

Nº do anel	T ₀		T ₁		T ₂		T ₃	
	LI	LT	LI	LT	LI	LT	LI	LT
1	33,5	23,5	39,6	27,5	38,8	26,0	39,9	26,3
2	36,8	24,0	43,3	26,6	43,1	25,3	41,9	27,4
3	38,8	24,2	43,3	27,4	43,2	25,8	42,8	27,3
4	38,3	25,0	42,8	27,9	43,5	26,0	44,1	28,3
5	39,2	24,7	42,8	27,6	43,7	26,1	44,3	28,2
6	40,5	25,7	42,8	28,6	44,0	28,4	45,8	29,5
7	40,6	26,2	43,2	28,3	44,9	29,5	44,6	30,4
8	40,8	28,2	44,5	28,6	45,0	26,4	45,5	28,5
9	41,3	23,5	43,4	26,8	46,4	28,4	46,3	29,3
10	39,7	23,9	41,9	27,0	45,2	29,7	46,8	29,7
11	39,7	24,4	43,5	27,7	43,7	28,7	46,2	29,2
12	40,2	23,3	45,2	25,9	45,5	27,4	46,4	28,9
13	38,6	22,2	44,6	25,7	46,3	26,4	45,6	28,8
14	38,2	23,2	45,4	27,1	47,4	28,2	48,7	30,3

T₀ = testemunhaT₁ = 25% de desbasteT₂ = 50% de desbasteT₃ = 75% de desbaste

LI = lenho inicial

LT = lenho tardio

TABELA 32. Espessura de parede do traqueídeo (EP).

Nº do anel	T ₀		T ₁		T ₂		T ₃	
	LI	LT	LI	LT	LI	LT	LI	LT
1	4,2	7,2	4,3	8,0	4,1	8,1	4,8	7,3
2	4,3	7,9	4,2	8,3	4,4	9,0	4,5	8,1
3	4,6	8,3	4,3	8,0	4,5	9,1	4,4	8,9
4	4,9	8,5	4,6	8,5	4,6	9,4	3,1	8,5
5	4,8	8,2	4,6	8,7	4,7	9,8	4,6	8,9
6	4,9	8,5	4,7	8,1	4,7	9,4	4,8	8,6
7	4,8	8,7	4,8	8,9	4,8	9,2	4,8	8,7
8	4,8	7,6	4,8	8,4	5,0	10,0	4,6	8,8
9	4,8	9,3	4,8	9,2	4,8	10,0	4,8	9,2
10	4,9	9,7	5,1	9,1	4,9	9,3	5,0	9,0
11	5,0	9,2	4,8	9,1	4,9	9,5	5,0	8,7
12	5,0	9,4	4,8	10,2	4,8	10,2	4,9	9,4
13	3,3	9,8	4,8	10,6	4,7	10,3	5,0	9,8
14	5,2	9,8	4,6	10,5	5,7	10,4	5,2	10,1

T₀ = testemunhaT₁ = 25% de desbasteT₂ = 50% de desbasteT₃ = 75% de desbaste

LI = lenho inicial

LT = lenho tardio

TABELA 33. Índice de enfeitramento (C/L).

Nº do anel	T ₀		T ₁		T ₂		T ₃	
	LI	LT	LI	LT	LI	LT	LI	LT
1	48	53	52	60	51	57	51	56
2	50	60	54	69	50	70	53	60
3	54	69	60	76	60	79	58	71
4	60	73	65	80	63	83	63	71
5	66	80	67	78	68	81	62	74
6	69	82	69	82	70	84	61	75
7	71	85	68	80	71	83	70	75
8	85	88	70	84	69	88	68	84
9	75	97	74	89	70	85	68	84
10	81	92	79	88	75	81	68	78
11	80	98	75	89	71	86	66	80
12	82	100	75	93	74	88	66	77
13	93	100	78	92	77	87	67	81
14	89	103	80	92	70	86	68	79

T₀ = testemunhaT₁ = 25% de desbasteT₂ = 50% de desbasteT₃ = 75% de desbaste

LI = lenho inicial

LT = lenho tardio

TABELA 34. Fração parede.

Nº do anel	T_0		T_1		T_2		T_3	
	LI	LT	LI	LT	LI	LT	LI	LT
1	20	38	18	37	17	38	21	36
2	19	40	16	38	17	42	18	37
3	19	41	16	37	17	41	17	39
4	20	41	18	38	17	41	13	37
5	19	40	18	39	18	42	17	39
6	19	40	18	36	18	40	17	37
7	19	40	18	30	18	39	18	36
8	19	35	18	37	18	43	17	38
9	19	44	18	41	18	41	17	38
10	20	45	20	41	17	39	18	38
11	20	43	18	40	18	40	18	37
12	20	45	17	44	17	43	17	39
13	15	47	18	45	17	44	18	40
14	21	43	17	44	18	42	18	40

T_0 = testemunha

T_1 = 25% de desbaste

T_2 = 50% de desbaste

T_3 = 75% de desbaste

LI = lenho inicial

LT = lenho tardio

TABELA 35. Índice de Runkel.

Nº do anel	T ₀		T ₁		T ₂		T ₃	
	LI	LT	LI	LT	LI	LT	LI	LT
1	0,247	0,609	0,219	0,582	0,212	0,620	0,238	0,552
2	0,233	0,659	0,191	0,621	0,204	0,713	0,216	0,593
3	0,237	0,685	0,197	0,585	0,210	0,704	0,208	0,652
4	0,253	0,680	0,217	0,608	0,212	0,720	0,141	0,600
5	0,242	0,661	0,217	0,630	0,217	0,748	0,208	0,631
6	0,243	0,661	0,220	0,569	0,214	0,665	0,210	0,583
7	0,239	0,667	0,220	0,626	0,212	0,625	0,216	0,569
8	0,237	0,536	0,215	0,584	0,221	0,705	0,200	0,620
9	0,232	0,793	0,220	0,683	0,209	0,670	0,208	0,627
10	0,248	0,812	0,244	0,676	0,215	0,651	0,214	0,604
11	0,252	0,753	0,222	0,654	0,225	0,691	0,214	0,597
12	0,250	0,806	0,213	0,786	0,213	0,775	0,210	0,654
13	0,170	0,885	0,217	0,823	0,204	0,781	0,218	0,679
14	0,270	0,845	0,203	0,772	0,24	0,734	0,213	0,669

T₀ = testemunhaT₁ = 25% de desbasteT₂ = 50% de desbasteT₃ = 75% de desbaste

LI = lenho inicial

LT = lenho tardio

TABELA 36. Coeficiente de flexibilidade.

Nº do anel	T ₀		T ₁		T ₂		T ₃	
	LI	LT	LI	LT	LI	LT	LI	LT
1	80	62	82	63	82	62	88	64
2	79	60	84	61	83	58	82	63
3	81	60	83	63	83	59	83	60
4	80	61	82	62	75	58	87	62
5	80	60	82	61	96	57	83	61
6	80	60	82	64	82	60	83	63
7	81	60	82	61	82	61	82	64
8	81	65	82	63	82	57	83	62
9	81	56	82	60	83	59	83	61
10	80	55	80	60	82	61	82	61
11	80	57	82	60	82	60	82	62
12	80	55	82	56	83	57	83	60
13	85	53	82	55	83	56	82	59
14	99	54	83	56	80	58	82	60

T₀ = testemunhaT₁ = 25% de desbasteT₂ = 50% de desbasteT₃ = 75% de desbaste

LI = lenho inicial

LT = lenho tardio

Nas Tabelas 37 e 38 estão apresentados os resultados, referentes aos cozimentos de madeira pelo processo kraft, utilizando-se separações de regiões do lenho formado antes e depois do desbaste.

A Tabela 39 mostra os dados obtidos para os cozimentos em que se utilizou uma amostragem composta do material lenhoso proveniente de cada tratamento.

TABELA 37. Resultados relativos ao cozimento com separação de regiões.

Tratamentos de desbaste	Região interna - madeira for mada antes do desbaste				Região externa - madeira for mada depois do desbaste			
	RB	RD	NK	Viscosidade (cps)	RB	RD	NK	Viscosidade (cps)
0,00	51,0	49,0	71,2	29,4	52,2	50,0	74,7	28,7
0,25	51,6	50,0	70,0	30,1	53,6	50,0	73,9	29,7
0,50	50,8	50,0	69,3	29,6	51,0	49,0	76,8	30,1
0,75	46,6	46,5	67,0	26,1	49,0	49,0	63,6	27,5

cozimento nº 1

TABELA 38. Resultados relativos ao cozimento com separação de regiões.

Tratamento de desbaste	Região interna - madeira for mada antes do desbaste			Região externa - madeira for mada depois do desbaste		
	RB	RD	NK	RB	RD	NK
	Viscosidade (cps)			Viscosidade (cps)		
0	49,5	48,0	70,2	51,2	50,0	73,0
25	49,4	48,5	64,6	50,1	49,0	68,9
50	51,9	50,0	70,8	47,6	47,5	67,2
75	46,7	46,0	62,2	47,6	47,3	64,8
cozimento nº 2						

TABELA 37. Resultados relativos ao cozimento com separação de regiões.

Tratamentos de desbaste	Região interna - madeira for mada antes do desbaste				Região externa - madeira for mada depois do desbaste			
	RB	RD	NK	Viscosidade (cps)	RB	RD	NK	Viscosidade (cps)
0,00	51,0	49,0	71,2	29,4	52,2	50,0	74,7	28,7
0,25	51,6	50,0	70,0	30,1	53,6	50,0	73,9	29,7
0,50	50,8	50,0	69,3	29,6	51,0	49,0	76,8	30,1
0,75	46,6	46,5	67,0	26,1	49,0	49,0	63,6	27,5

cozimento nº 1

TABELA 38. Resultados relativos ao cozimento com separação de regiões.

Tratamento de desbaste	Região interna - madeira for mada antes do desbaste			Região externa - madeira for mada depois do desbaste		
	RB	RD	NK	RB	RD	NK
			Viscosidade (cps)			Viscosidade (cps)
0	49,5	48,0	70,2	51,2	50,0	73,0
25	49,4	48,5	64,6	50,1	49,0	68,9
50	51,9	50,0	70,8	47,6	47,5	67,2
75	46,7	46,0	62,2	47,6	47,3	64,8
cozimento nº 2						

TABELA 39. Resultados referentes ao cozimento sem separação de regiões.

Tratamento de desbaste (%)	Amostra composta formada a partir de todos os discos à diferentes alturas							
	RB	RD	NK	Viscosidade	RB	RD	NK	Viscosidade
0	51,4	50,6	76,8	28,0	51,0	50,5	72,6	27,5
25	53,3	51,0	63,6	28,4	52,0	51,0	67,0	29,8
50	51,0	50,0	71,8	27,5	50,1		68,1	28,3
75	48,0	48,0	61,0	27,0	49,0	49,0	57,6	27,2