

A QUALIDADE DO EUCALIPTO*

*Celso Edmundo Bochetti Foelkel
Ceslavas Zvinakevičius
José Orlando Mendonça de Andrade*

Recentemente passou-se a observar, principalmente em povoados de *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus grandis*, a incidência cada vez maior de uma doença que passou a se generalizar em inúmeras regiões do país, especialmente na região sudeste, onde há a maior concentração destas espécies de eucalipto e onde as condições ecológicas são mais propícias ao patógeno.

As primeiras observações sobre o cancro do *Eucalyptus* spp no Brasil, foram feitas em 1965 por Reis conforme citação de Hodges et alii, 1973. Atualmente, a doença está presente em inúmeros locais, principalmente nos Estados de Espírito Santo, São Paulo e Minas Gerais. Esta distribuição e intensidade da doença parece ser função primária da temperatura (Hodges & Reis, 1976). Ela não ocorre em regiões frias no sul do país e sua área de maior incidência concentra-se em regiões quentes e úmidas e também em regiões centrais de baixa altitude.

A doença consiste na mais importante conhecida para o eucalipto e sua

ocorrência foi também observada no Suriname e Cuba. As espécies susceptíveis são *Eucalyptus saligna* e *E. maculata*; espécies moderadamente susceptíveis são *E. grandis*, *E. alba*, *E. propinqua* e *E. tereticornis*; espécies moderadamente resistentes são *E. robusta*, *E. microcorys* e *E. paniculata* e espécies altamente resistentes são *E. citriodora*, *E. urophylla* e *E. torreliana* (Hodges & Reis, 1976). A resistência ou susceptibilidade dos híbridos é função do grau de hibridação. Existem evidências de se obterem variedades resistentes à doença dentro de espécies susceptíveis.

A doença é causada pelo fungo *Diaporthe cubensis* e em geral afeta plantas de todas as idades, principalmente após os primeiros sete meses de vida. Caracteriza-se por formar inicialmente lesões localizadas na casca, na região basal do caule (Kruger et alii, 1973). Em geral, estes sintomas são mais evidentes em árvores com mais de dois anos de idade, porém a doença pode ocorrer em árvores de todas as idades. O sintoma típico de cancro é uma ferida na casca, circundada por regiões entumescidas, relativamente gomosas, com a casca mostrando rachaduras.

Como conseqüência há uma exposição do lenho, o que possibilita uma penetração de outros agentes patogênicos e apodrecedores de madeira e de insetos perfuradores, debilitando a árvore. Observa-se também uma tendência de se separarem irregularmente cerne e separamo, e, nota-se em muitas árvores, invaginações da casca para dentro da madeira. A ferida desenvolve-se rapidamente e há casos em que atinge a mais de um metro de altura no tronco e outros casos, embora mais raros, que a ferida circunda totalmente a árvore, matando-a. É freqüente a formação de um calo ao redor do cancro, como reação da árvore, indicando um certo grau de resistência da mesma à doença.

Um dos maiores problemas econômicos advindos da incidência da doença é o fato da queda sensível da rebrota das touças na regeneração do povoamento florestal.

Tendo em vista as alterações morfológicas que surgem na madeira e pelo fato da fisiologia da árvore ser alterada, torna-se premente verificar como a qualidade da madeira é afetada e até que ponto esta qualidade influencia o uso industrial da mesma.

O objetivo deste primeiro traba-

* Trabalho apresentado no IX Congresso Anual da ABCP.

lho de uma série consistiu na avaliação da qualidade da madeira de árvores sadias e doentes de *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus grandis*, como uma primeira contribuição ao estudo do comportamento industrial de madeira de eucalipto atacada por cancro.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nada foi encontrado na literatura especializada acerca da influência deste estado patológico das árvores de eucalipto sobre a qualidade da madeira.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Material

O material utilizado neste experimento constituiu-se de discos amostrados na região basal de árvores sadias e doentes de *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus grandis*, com 5 anos de idade, provenientes de povoamentos localizados no Estado do Espírito Santo. Foram também incluídos na análise, discos basais de árvores doentes de *Eucalyptus saligna* e *E. grandis* com 15 anos de idade, amostrados em povoamentos homogêneos localizados no Estado de Minas Gerais.

3.2. Métodos

3.2.1. Separação das frações componentes dos discos

De todos os discos foram separados, quantitativamente, casca, cerne e alburno e a proporção de cada um, com base em peso absolutamente seco, foi determinada.

3.2.2. Análises anatômicas dos componentes lenhosos

Tendo em vista as possibilidades de se notarem alterações morfológicas na madeira, principalmente ao nível anatômico, foram adotados os seguintes procedimentos para sua verificação:

3.2.2.1 Individualização dos elementos anatômicos para mensuração

Os elementos anatômicos constituintes de cada material (casca, cer-

ne e alburno) foram individualizados pela adoção de técnicas de micro-cozimentos kraft. Nestas celulosas obtidas, e quando aplicáveis, foram determinados: comprimento e largura das fibras e vasos, espessura da parede das fibras e diâmetro do lúmen das fibras. Com base nestas dimensões fundamentais, determinou-se ainda: índices de Runkel e de enfeltramento, coeficientes de flexibilidade e frações parede (Foelkel & Barrichelo, 1975).

3.2.2.2. Cortes anatômicos das madeiras

Nas madeiras de cerne e alburno de árvores sadias e doentes foram obtidos cortes microscópicos das seções transversais, longitudinais e radiais e montadas lâminas para fotomicrografias.

3.2.2.3 Fotomicrografias

Tanto os materiais individualizados, como os cortes das diferentes seções das madeiras foram fotomicrografados (ver fotos).

3.2.2.4. Determinação dos teores de fibras, vasos e parênquima

Os teores volumétricos dos constituintes anatômicos do cerne e alburno das madeiras sadias e doentes foram determinados por micro-projeção.

3.2.3. Densidade básica da casca e das madeiras de cerne e alburno

A densidade básica foi determinada pelo método do máximo teor de umidade (Foelkel et alii, 1971).

3.2.4. Análises químicas das madeiras

As seguintes análises químicas foram realizadas em todos os materiais, conforme métodos da Associação Técnica Brasileira de Celulose e Papel — ABCP e da Technical Association of the Pulp and Paper Industry — TAPPI:

Solubilidade em água quente
Solubilidade em NaOH 1%

Solubilidade em álcool-benzeno
Teor de lignina
Teor de pentosanas
Teor de cinzas

3.2.5. Características dos discos integrais e da madeira integral

Com base nas características de cada tipo de estrutura anatômica (casca, cerne, alburno) e nas proporções de cada uma delas, calculou-se a média ponderal das características do que se chamou de disco integral (casca, cerne e alburno) e de madeira integral (cerne e alburno).

4. RESULTADOS

4.1. Características das cascas de árvores sadias e doentes de *Eucalyptus saligna* e *E. grandis* com 5 anos de idade.

Os resultados médios encontrados estão apresentados no quadro I.

4.2. Características da madeira de cerne de árvores sadias e doentes de *Eucalyptus saligna* e *E. grandis* com 5 anos de idade.

Os resultados médios aparecem no quadro II.

4.3. Características da madeira de alburno de árvores sadias e doentes de *Eucalyptus saligna* e *E. grandis* com 5 anos de idade.

Os resultados médios constam do quadro III.

4.4. Características médias da madeira integral (cerne + alburno) de árvores sadias e doentes de *Eucalyptus saligna* e *E. grandis* com 5 anos de idade.

Os resultados estão relatados no quadro IV.

4.5. Características médias dos discos integrais de árvores sadias e doentes de *Eucalyptus saligna* e *E. grandis* com 5 anos de idade.

Os resultados estão apresentados no quadro V.

4.6. Características médias da casca e das madeiras de alburno e cerne para árvores sadias e doentes de eucalipto, com 5 anos de idade.

Os resultados estão apresentados no quadro VI. Os resultados consistem em médias obtidas para as duas espécies em estudo neste trabalho.

4.7. Características médias da madeira e disco integrais de árvores sadias e doentes de eucalipto com 5 anos de idade.

Os resultados médios para estas características aparecem no quadro VII. Os resultados consistem em médias obtidas para as duas espécies em estudo neste trabalho.

4.8. Características da casca das madeiras de cerne e alburno e da madeira e disco integrais de árvores doentes de *Eucalyptus saligna* e *E. grandis* com 15 anos de idade.

Os resultados estão apresentados no quadro VIII.

5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS E CONCLUSÕES

5.1. Influência da espécie na qualidade da madeira

Neste primeiro item, procurou-se sumarizar as principais diferenças observadas entre idênticos tipos de material (sadio e doente), para as duas espécies em estudo, aos 5 anos de idade. As diferenças foram levantadas ao nível de cada uma das estruturas individualizadas ou agrupadas para análise (casca, cerne, alburno, disco integral e madeira integral).

5.1.1. Casca

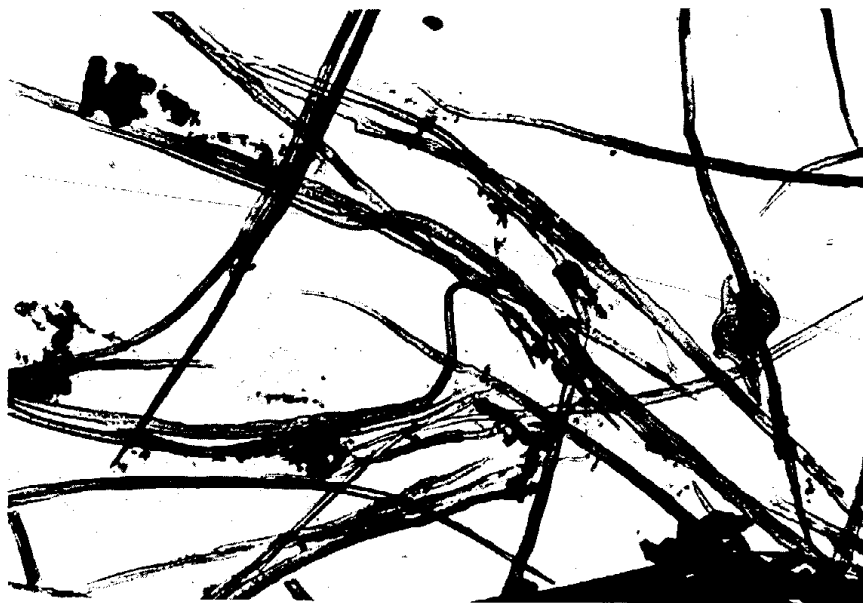
Uma das principais estruturas capazes de permitir a identificação da espécie do gênero *Eucalyptus*, a que se está trabalhando, é a casca. O material individualizado apresenta características particulares e desde que se esteja trabalhando com espécies bem definidas, torna-se mesmo possível a elaboração de uma chave siste-

mática para espécie.

Neste sentido, os autores deste trabalho já estão preparando, para apresentação em futuro próximo, uma chave para identificação microscópica de algumas madeiras de eucalipto.

Tanto para os materiais sadios,

como para os doentes, as principais diferenças para a casca foram: *E. saligna* apresentava menores densidade básica, comprimento de fibra, índices de Runkel e de enfeltramento, fração parede, extrativos em álcool-benzeno e em NaOH 1%, e teor de cinzas; e,



Fibras da casca de árvores sadias de E. grandis
Aumento: 93 x



Fibras da casca de árvores doentes de E. grandis
Aumento: 93 x
Observe-se que as fibras do material doente são mais curtas e mais largas que as do sadio.

maiores diâmetro do lúmen, coeficiente de flexibilidade, extrativos em água quente e teor de lignina.

5.1.2. Cerne

Através de distribuição anatômica dos tecidos na composição da madeira tornava-se difícil a separação das duas espécies. Os vasos, embora ligeiramente maiores para *E. saligna*, mostravam-se dispersos irregularmente, assim como para *E. grandis*.

Relativamente às características da madeira, as madeiras de *E. saligna* mostravam menores comprimento de fibra, índice de enfeltramento dos vasos, teor de parênquima, solubilidade em água quente, álcool-benzeno e NaOH 1% e teor de lignina; e, maiores densidade básica e comprimento e largura dos vasos.

5.1.3. Alburno

Anatomicamente e através dos arranjos estruturais observados no alburno, era possível diferenciar as duas espécies (vide fotos). A madeira de *E. saligna* mostrava os vasos agrupados em arranjos oblíquos, com parênquima axial em faixas, enquanto a madeira de *E. grandis* mostrava os vasos isolados, sem um arranjo ordenado para o parênquima axial.

Para o material de alburno, que é o xilema mais recente formado pela árvore, algumas das características que se mostravam diferentes no cerne passam a se equivaler entre espécies. Assim, ao mesmo tempo que os comprimentos das fibras tornaram-se similares, as fibras de *E. grandis* tenderam a mostrar-se ligeiramente mais largas e com paredes mais espessas. Isso possibilitou alterações em alguns dos índices calculados. Assim, no global para o alburno, *E. saligna* mostrava menores largura das fibras, espessura da parede das fibras, índice de Runkel e fração parede das fibras, teor de parênquima, solubilidade em água quente, álcool-benzeno e NaOH 1% e teor de cinzas; e, maiores densidade básica, índice de enfeltramento e coeficiente de flexibilidade das fibras e teor de fibras.

QUADRO I — Características das cascas das árvores sadias e doentes de *Eucalyptus saligna* e *E. grandis*, com 5 anos de idade.

| Espécie | <i>E. saligna</i> | | <i>E. grandis</i> | |
|---------------------------------------|-------------------|--------|-------------------|--------|
| | Sadio | Doente | Sadio | Doente |
| Material | | | | |
| Proporção de casca em peso (%) | 11,9 | 4,4 | 10,4 | 8,5 |
| Densidade básica (g/cm ³) | 0,274 | 0,364 | 0,343 | 0,418 |
| Comprimento das fibras (mm) | 0,875 | 0,618 | 0,902 | 0,695 |
| Largura das fibras (micro) | 20,0 | 17,0 | 14,0 | 19,0 |
| Diâmetro do lúmen (micro) | 15,2 | 13,2 | 9,0 | 13,2 |
| Espessura da parede (micro) | 2,4 | 1,9 | 2,5 | 2,9 |
| Índice de Runkel | 0,316 | 0,288 | 0,556 | 0,439 |
| Índice de enfeltramento | 43,8 | 36,4 | 64,4 | 36,6 |
| Coefficiente de flexibilidade (%) | 76,0 | 77,6 | 64,3 | 59,5 |
| Fração parede (%) | 24,0 | 22,4 | 35,7 | 30,5 |
| Solubilidade em | | | | |
| — Água quente (%) | 14,0 | 17,2 | 13,2 | 16,9 |
| — Alcool-benzeno (%) | 3,33 | 3,83 | 3,29 | 6,08 |
| — NaOH 1% (%) | 23,9 | 35,0 | 20,7 | 42,3 |
| Teor de | | | | |
| — Lignina (%) | 19,4 | 25,5 | 16,5 | 21,9 |
| — Pentosanas (%) | 13,8 | 10,9 | 13,0 | 12,8 |
| — Cinzas (%) | 3,59 | 3,36 | 4,60 | 3,88 |

QUADRO II — Características da madeira de cerne de árvores sadias e doentes de *Eucalyptus saligna* e *E. grandis*, com 3 anos de idade.

| Espécie | <i>E. saligna</i> | | <i>E. grandis</i> | |
|--|-------------------|--------|-------------------|--------|
| | Sadio | Doente | Sadio | Doente |
| Material | | | | |
| Proporção de cerne em peso (%) | 36,8 | 65,4 | 35,4 | 45,1 |
| Densidade básica (g/cm ³) | 0,507 | 0,557 | 0,494 | 0,464 |
| Comprimento das fibras (mm) | 0,676 | 0,790 | 0,807 | 0,735 |
| Largura das fibras (micro) | 16,0 | 14,0 | 13,0 | 17,0 |
| Diâmetro do lúmen das fibras (micro) | 11,0 | 9,8 | 7,8 | 12,8 |
| Espessura da parede das fibras (micro) | 2,5 | 2,1 | 2,6 | 2,1 |
| Índice de Runkel das fibras | 0,455 | 0,429 | 0,667 | 0,328 |
| Índice de enfeltramento das fibras | 42,3 | 56,4 | 62,1 | 43,2 |
| Coefficiente de flexibilidade das fibras (%) | 68,8 | 70,0 | 60,0 | 75,3 |
| Fração parede das fibras (%) | 31,3 | 30,0 | 40,0 | 24,7 |
| Comprimento dos vasos (mm) | 0,326 | 0,251 | 0,290 | 0,268 |
| Largura dos vasos (mm) | 0,108 | 0,139 | 0,078 | 0,072 |
| Índice de enfeltramento dos vasos | 3,0 | 1,8 | 3,7 | 3,7 |
| Teor de vasos (%) | 13 | 18 | 16 | 12 |
| Teor de fibras (%) | 75 | 71 | 66 | 76 |
| Teor de parênquima (%) | 12 | 11 | 18 | 12 |
| Solubilidade em | | | | |
| — Água quente (%) | 4,1 | 7,1 | 4,3 | 11,0 |
| — Alcool-benzeno (%) | 1,22 | 1,87 | 2,29 | 5,09 |
| — NaOH 1% (%) | 12,9 | 17,0 | 14,8 | 19,2 |
| Teor de | | | | |
| — Lignina (%) | 26,8 | 28,9 | 29,1 | 29,1 |
| — Pentosanas (%) | 17,5 | 13,0 | 13,9 | 11,5 |
| — Cinzas (%) | 0,21 | 0,38 | 0,44 | 0,20 |

5.1.4. Madeira integral

Conforme definido anteriormente, entende-se por características da madeira integral as médias ponderais das características de cerne e albúrnico. Desta forma, admitindo-se a madeira como um todo, *E. saligna* mostrou madeira com menores largura e índice de enfiamento dos vasos, teor de parênquima, solubilidades em água quente, álcool-benzeno e NaOH 1%, teores de lignina e cinzas; e, maiores densidade básica e teor de fibras. Comprovou-se assim uma relação positiva entre teor de fibras e densidade básica da madeira e negativa entre densidade e teor de parênquima.

5.1.5. Disco integral

Levando-se em conta a madeira com casca, as médias ponderais para as duas espécies mostraram as seguintes diferenças: *E. saligna* mostrava menores solubilidades em água quente, álcool-benzeno e NaOH 1% e teor de cinzas; e, maior densidade básica.

5.1.6. Conclusão

Como conclusão baseada nos dados, pode-se admitir que a madeira de *E. saligna* era mais densa e com menor teor de extrativos que a madeira de *E. grandis*, consideradas a um mesmo estado de sanidade.

5.2. Influência da doença na qualidade da madeira

Neste item, procurou-se sumarizar as principais diferenças encontradas, para as duas espécies conjuntamente, com relação ao estado de sanidade das madeiras com 5 anos de idade. Igualmente, as diferenças foram levantadas ao nível de cada uma das estruturas individualizadas ou agrupadas para análise.

5.2.1. Casca

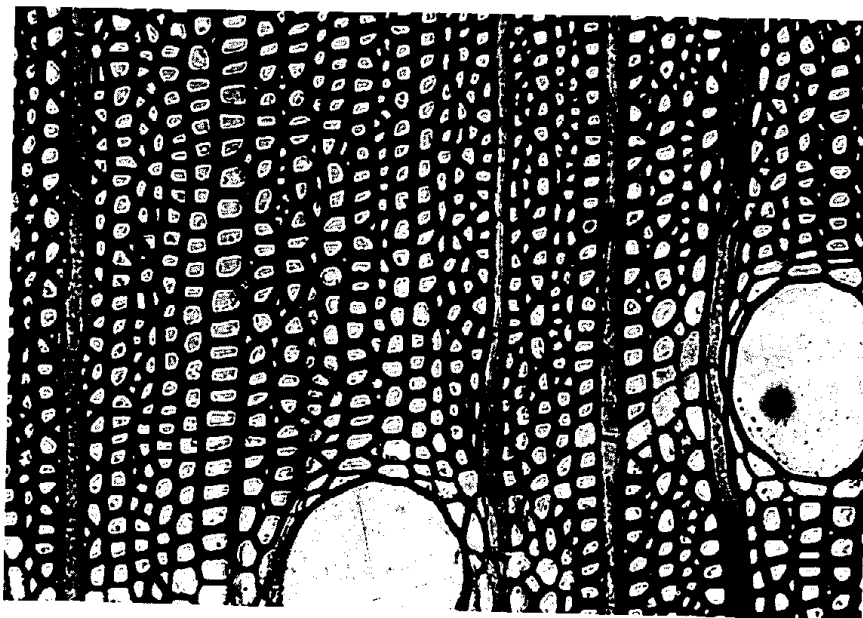
A casca das madeiras doentes era o local mais afetado pela doença. As diferenças morfológicas e químicas encontradas nos materiais doentes e sadios foram consideráveis.

Como primeira consideração, o

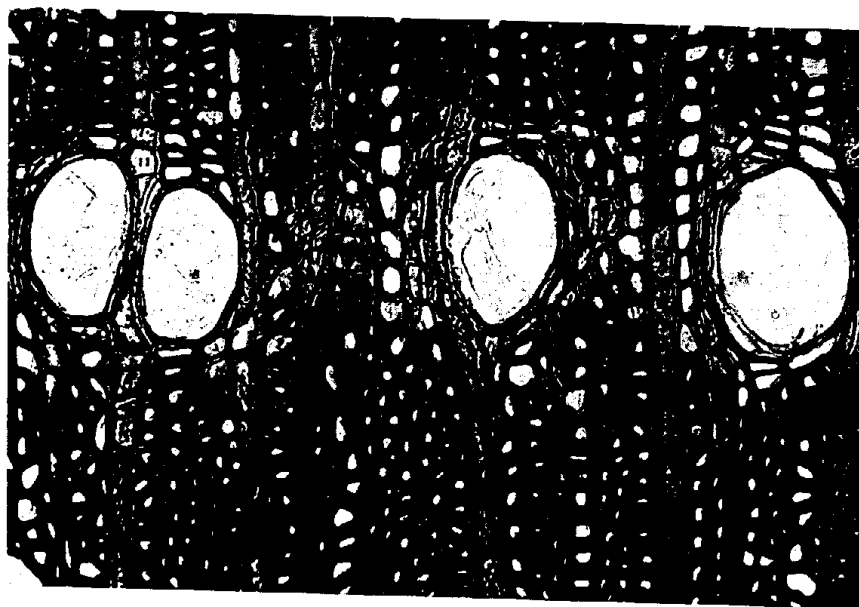
material doente apresentava menor proporção de casca, justamente porque a amostragem era realizada na região basal onde se encontrava localizada a ferida.

A casca das árvores doentes do eucalipto (média das duas espécies),

mostrava, em relação à das árvores sadias, maiores densidade básica, largura e diâmetro do lúmen das fibras, coeficiente de flexibilidade das fibras, solubilidades em água-quente, álcool-benzeno e NaOH 1% e teor de lignina; e, menores comprimento das fi-



Corte transversal de madeira de albúrnico de árvores sadias de *E. grandis*
Aumento: 235 x



Corte transversal de madeira de albúrnico de árvores doentes de *E. grandis*
Aumento: 235 x

Observe-se os parênquimas radiais mais largos e os agrupamentos de células dispostas irregularmente e com paredes bastante espessas, para a madeira doente.

bras, índices de Runkel e de enfeltramento das fibras, fração parede das fibras, teores de pentosanas e cinzas.

Nas fotos, pode-se observar o tipo drástico de modificação morfológica sofrida pelas fibras da casca.

5.2.2. Cerne

O cerne das árvores jovens (5 anos) doentes de eucalipto não se mostrava ainda danificado por outros agentes deterioradores ou insetos perforadores. O modelo de formação da ferida colocava justamente o cerne em contato com a atmosfera, ficando o alburno totalmente retorcido na região atacada. Embora as alterações ao nível de distribuição anatômica dos tecidos não tivessem sido tão notadas no cerne como no alburno, ocorreram sensíveis diferenças no que diz respeito a dimensões de fibras e composição química dos materiais.

Uma das primeiras diferenças entre árvores sadias e doentes era a consideravelmente maior proporção de cerne nas árvores doentes. Este cerne doente mostrava, em relação ao de árvores sadias, maiores densidade básica (especialmente para *E. saligna*), comprimento e largura das fibras, diâmetro do lúmen, coeficiente de flexibilidade das fibras, largura dos vasos, teor de fibras, solubilidades em água quente, álcool-benzeno e NaOH 1% e teor de lignina; e, menores espessura da parede das fibras, índices de Runkel e de enfeltramento das fibras, fração parede das fibras, comprimento e índice de enfeltramento dos vasos, teor de parênquima, teores de pentosanas e de cinzas. Entretanto deve-se observar que a maior densidade da madeira do cerne doente ocorria principalmente para *E. saligna*, sendo constatado o inverso para *E. grandis*.

5.2.3. Alburno

O alburno das árvores doentes era uma região bastante distorcida morfológica e anatomicamente. Ao nível microscópico, observava-se que nesta região a estrutura anatômica era bastante alterada. Notava-se uma mescla de áreas de fibras normais com fibras típicas de madeira de reação, estas últimas com paredes

QUADRO III — Características da madeira de alburno de árvores sadias e doentes de *Eucalyptus saligna* e *E. grandis*, com 5 anos de idade.

| Espécie | <i>E. saligna</i> | | <i>E. grandis</i> | |
|--|-------------------|--------|-------------------|--------|
| | Sadio | Doente | Sadio | Doente |
| Proporção de alburno em peso (%) | 51,3 | 30,2 | 54,2 | 46,6 |
| Densidade básica (g/cm ³) | 0,510 | 0,620 | 0,469 | 0,501 |
| Comprimento das fibras (mm) | 0,838 | 0,721 | 0,831 | 0,732 |
| Largura das fibras (micro) | 16,0 | 14,0 | 18,0 | 15,0 |
| Diâmetro do lúmen das fibras (micro) | 11,8 | 10,4 | 12,2 | 10,2 |
| Espessura da parede das fibras (micro) | 2,1 | 1,8 | 2,9 | 2,4 |
| Índice de Runkel das fibras | 0,356 | 0,346 | 0,344 | 0,471 |
| Índice de enfeltramento das fibras | 52,4 | 51,5 | 46,2 | 48,8 |
| Coefficiente de flexibilidade das fibras (%) | 73,8 | 74,3 | 67,8 | 68,0 |
| Comprimento dos vasos (mm) | 26,3 | 25,7 | 32,2 | 32,0 |
| Fração parede das fibras (%) | 0,300 | 0,243 | 0,306 | 0,255 |
| Largura dos vasos (mm) | 0,123 | 0,139 | 0,125 | 0,083 |
| Índice de enfeltramento dos vasos | 2,4 | 1,7 | 2,4 | 3,1 |
| Teor de vasos (%) | 15 | 13 | 12 | 16 |
| Teor de fibras (%) | 73 | 70 | 67 | 57 |
| Teor de parênquima (%) | 17 | 17 | 21 | 27 |
| Solubilidade em | | | | |
| — Água quente (%) | 2,1 | 4,3 | 2,8 | 15,1 |
| — Alcool-benzeno (%) | 0,74 | 1,43 | 0,94 | 1,21 |
| — NaOH 1% (%) | 11,1 | 13,1 | 12,5 | 25,4 |
| Teor de | | | | |
| — Lignina (%) | 26,0 | 26,7 | 25,7 | 28,8 |
| — Pentosanas (%) | 12,6 | 14,0 | 12,6 | 17,1 |
| — Cinzas (%) | 0,42 | 0,37 | 0,67 | 0,53 |

QUADRO IV — Características médias da madeira integral (cerne e alburno) de árvores sadias e doentes de *Eucalyptus saligna* e *E. grandis*, com 5 anos de idade.

| Espécie | <i>E. saligna</i> | | <i>E. grandis</i> | |
|--|-------------------|--------|-------------------|--------|
| | Sadio | Doente | Sadio | Doente |
| Proporção em peso (%) | 88,1 | 95,6 | 89,6 | 91,5 |
| Densidade básica (g/cm ³) | 0,508 | 0,576 | 0,479 | 0,482 |
| Comprimento das fibras (mm) | 0,771 | 0,769 | 0,821 | 0,733 |
| Largura das fibras (μ) | 16,0 | 14,0 | 16,0 | 15,0 |
| Diâmetro do lúmen (μ) | 11,4 | 10,0 | 10,4 | 11,5 |
| Espessura de parede das fibras (μ) | 2,3 | 2,0 | 2,8 | 1,8 |
| Índice de Runkel | 0,403 | 0,400 | 0,538 | 0,313 |
| Índice de enfeltramento das fibras | 48,2 | 54,9 | 51,3 | 48,9 |
| Coefficiente de flexibilidade das fibras (%) | 71,2 | 71,4 | 65,0 | 76,7 |
| Fração parede das fibras (%) | 28,8 | 28,6 | 35,0 | 24,0 |
| Comprimento dos vasos (mm) | 0,310 | 0,248 | 0,300 | 0,261 |
| Largura dos vasos (mm) | 0,117 | 0,139 | 0,107 | 0,076 |
| Índice de enfeltramento dos vasos | 2,6 | 1,8 | 2,8 | 3,4 |
| Teor de vasos (%) | 14 | 16 | 14 | 14 |
| Teor de fibras (%) | 74 | 70 | 67 | 66 |
| Teor de parênquima (%) | 12 | 14 | 19 | 20 |
| Solubilidade em | | | | |
| — Água quente (%) | 3,0 | 6,2 | 3,4 | 13,4 |
| — Alcool-benzeno (%) | 0,94 | 1,72 | 1,47 | 3,11 |
| — NaOH 1% (%) | 11,8 | 15,7 | 13,4 | 22,3 |
| Teor de | | | | |
| — Lignina (%) | 26,3 | 28,2 | 27,0 | 29,0 |
| — Pentosanas (%) | 12,6 | 13,3 | 13,1 | 11,8 |
| — Cinzas (%) | 0,34 | 0,38 | 0,58 | 0,37 |

bastante espessas. Por outro lado, os raios medulares ou parênquimas radiais, que eram relativamente estratificados e unisseriados na madeira normal, tornavam-se bi ou trisseriados na doente e perdiam bastante da estratificação. As fibras mostravam uma disposição anômala, inclinada, tendendo talvez a uma grã espiralada.

O alburno de árvores doentes, quando comparado ao de árvores sadias mostrava maiores densidade básica, solubilidade em água quente, álcool-benzeno e NaOH 1% e teor de lignina; e, menores comprimento e largura das fibras, diâmetro do lúmen, espessura da parede das fibras, comprimento e largura dos vasos e teor de cinzas.

5.2.4. Madeira Integral

Considerando-se a madeira como um todo, excluída a casca, o material doente mostrava-se mais denso, com fibras menores, mais estreitas e de paredes mais delgadas, conduzindo desta forma a menores índices de Runkel e fração parede e a maior coeficiente de flexibilidade. Os vasos do material doente eram mais curtos e estreitos. Quimicamente, as madeiras doentes eram muito mais ricas em extrativos em água quente, álcool-benzeno e NaOH 1% e em lignina, e, mais pobres em cinzas.

5.2.5. Disco Integral

A presença da casca, com mesmas tendências de diferenças entre materiais sadios e doentes, apenas veio intensificar nos discos integrais, os tipos de características encontrados para as madeiras integrais e relatados no item 5.2.4.

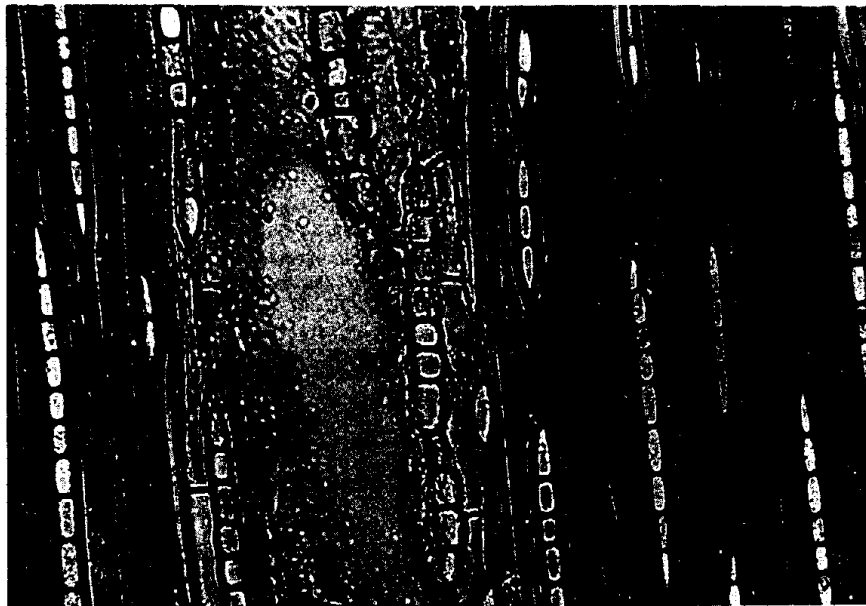
5.2.6. Conclusão

As principais características das madeiras doentes são maior densidade básica, fibras menores, mais estreitas e de paredes mais delgadas, índices de Runkel e fração parede das fibras menores, maior coeficiente de flexibilidade das fibras, vasos mais estreitos, altos teores de extrativos em água quente, álcool-benzeno e NaOH 1% e alto teor de lignina, enquanto os teores de cinzas eram menores.

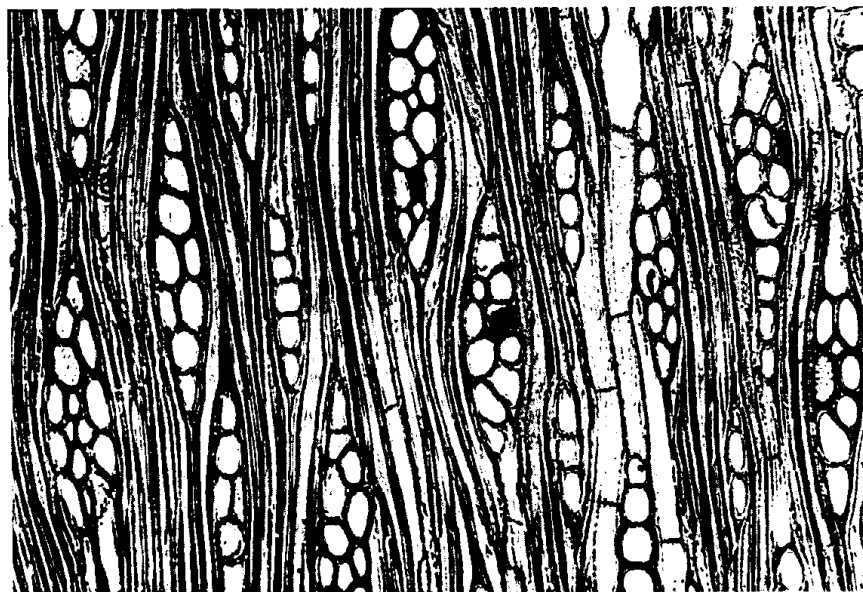
Estas características anormais eram conseqüência direta da anormalidade fisiológica que passava a ocorrer na árvore. Conforme se pode notar, o teor de cinzas nas madeiras de árvores doentes era consideravelmente menor. Por outro lado, é justamen-

te a madeira (xilema) que é o tecido responsável pela condução dos minerais absorvidos pelas raízes até as folhas.

As raízes vivem às expensas da seiva elaborada pelas folhas, que é conduzida até elas pelo floema, loca-



Corte tangencial da madeira de alburno de árvores sadias de *E. grandis*
Aumento: 235 x



Corte tangencial da madeira de alburno de árvores doentes de *E. grandis*
Aumento: 235 x
Observe-se as diferenças no arranjo das fibras libriformes e na seriação e estratificação dos raios.

lizado na casca. Isso posto, pode-se notar que a atividade das raízes era bastante reduzida, pois diminuíam os alimentos colocados à disposição das mesmas, devido ao estreitamento da casca na região da ferida. Por outro lado, ocorria uma menor absorção de sais minerais, indispensáveis ao metabolismo nas folhas, o que era mostrado pelo menor teor de cinzas na madeira doente. Desta forma, toda a fisiologia da árvore era alterada, com reflexos diretos na diminuição de seu crescimento e na morfologia e composição da madeira.

5.3. Variabilidade das madeiras sadias e doentes no sentido cerne/casca

Existem muito poucas informações na literatura sobre as diferenças nas qualidades da madeira de cerne e alburno, e na qualidade da casca de *Eucalyptus* spp.

Assim, tendo em vista disponibilidade de dados, foram consideradas brevemente as principais diferenças entre estes tipos de estruturas para as madeiras sadias e doentes de eucalipto.

5.3.1. Diferenças entre cerne e alburno de eucalipto

5.3.1.1. Material sadio

Para o material sadio, o cerne apresentava-se, em relação ao alburno, mais denso, com fibras menores e mais estreitas, porém com paredes de mesma espessura, o índice de Runkel e a fração parede das fibras era maior e o coeficiente de flexibilidade menor. Os vasos possuíam comprimento semelhante em ambas as estruturas, mas eram mais largos no alburno, resultando daí um maior índice de enfilamento dos mesmos para o cerne. Relativamente à composição química, a madeira de cerne possuía maiores teores de extrativos em água quente, álcool-benzeno e NaOH 1%, maiores teores de lignina e pentosanas e menor teor de cinzas.

5.3.1.2. Material doente

Quando a árvore apresentava-se doente, ocorriam diferenças estruturais que se manifestavam por modifi-

QUADRO V — Características médias dos discos integrais de árvores sadias e doentes de *Eucalyptus saligna* e *E. grandis*.

| Espécie | E. saligna | | E. grandis | |
|--|------------|--------|------------|--------|
| | Sadio | Doente | Sadio | Doente |
| Densidade básica (g/cm ³) | 0,480 | 0,567 | 0,465 | 0,477 |
| Comprimento das fibras (mm) | 0,783 | 0,762 | 0,830 | 0,730 |
| Largura das fibras (μ) | 16,5 | 14,1 | 16,2 | 15,8 |
| Diâmetro do lúmen (μ) | 11,9 | 10,1 | 10,3 | 11,6 |
| Espessura da parede das fibras (μ) | 2,3 | 2,2 | 3,0 | 2,1 |
| Índice de Runkel | 0,386 | 0,436 | 0,582 | 0,353 |
| Índice de enfilamento das fibras | 47,4 | 54,0 | 51,2 | 46,2 |
| Coefficiente de flexibilidade das fibras (%) | 72,1 | 71,6 | 63,6 | 73,4 |
| Fração parede das fibras | 27,9 | 31,2 | 37,0 | 26,6 |
| Solubilidade em | | | | |
| — Água quente (%) | 4,3 | 6,7 | 4,4 | 13,7 |
| — Alcool-benzeno (%) | 1,23 | 1,82 | 1,66 | 3,37 |
| — NaOH 1% (%) | 13,3 | 16,6 | 14,2 | 24,0 |
| Teor de | | | | |
| — Lignina (%) | 25,5 | 28,1 | 25,9 | 28,4 |
| — Pentosanas (%) | 12,7 | 13,2 | 13,1 | 11,9 |
| — Cinzas (%) | 0,73 | 0,51 | 1,00 | 0,67 |

QUADRO VI — Características médias da casca e das madeiras de alburno e cerne para árvores sadias e doentes de eucalipto, com 5 anos de idade.

| Material | Sadio | | | Doente | | |
|--|-------|---------|-------|--------|---------|-------|
| | Casca | Alburno | Cerne | Casca | Alburno | Cerne |
| Estrutura anatômica | | | | | | |
| Proporção em peso (%) | 11,1 | 52,8 | 36,1 | 6,4 | 38,3 | 55,2 |
| Densidade básica (g/cm ³) | 0,308 | 0,490 | 0,500 | 0,391 | 0,560 | 0,510 |
| Comprimento das fibras (mm) | 0,888 | 0,834 | 0,741 | 0,656 | 0,726 | 0,762 |
| Largura das fibras (μ) | 17,0 | 17,0 | 14,5 | 18,0 | 14,5 | 15,5 |
| Diâmetro do lúmen das fibras (μ) | 12,1 | 12,0 | 9,4 | 13,2 | 10,3 | 11,3 |
| Espessura de parede das fibras (μ) | 2,4 | 2,5 | 2,5 | 2,4 | 2,1 | 2,1 |
| Índice de Runkel das fibras | 0,397 | 0,417 | 0,532 | 0,364 | 0,407 | 0,372 |
| Índice de enfilamento das fibras | 54,1 | 49,3 | 52,2 | 36,5 | 50,2 | 49,8 |
| Coefficiente de flexibilidade das fibras (%) | 70,2 | 70,6 | 64,4 | 73,6 | 71,2 | 72,6 |
| Fração parede das fibras (%) | 29,8 | 29,2 | 35,6 | 26,4 | 26,8 | 27,4 |
| Comprimento dos vasos (mm) | — | 0,302 | 0,308 | — | 0,249 | 0,259 |
| Largura dos vasos (mm) | — | 0,124 | 0,093 | — | 0,111 | 0,105 |
| Índice de enfilamento dos vasos | — | 2,4 | 3,3 | — | 2,2 | 2,5 |
| Teor de vasos (%) | — | 14 | 14 | — | 14 | 15 |
| Teor de fibras (%) | — | 70 | 70 | — | 64 | 73 |
| Teor de parênquima (%) | — | 16 | 16 | — | 22 | 12 |
| Solubilidade em | | | | | | |
| — Água quente (%) | 13,6 | 2,4 | 4,2 | 17,1 | 9,7 | 9,4 |
| — Alcool-benzeno (%) | 3,31 | 0,54 | 1,76 | 4,96 | 1,32 | 3,48 |
| — NaOH 1% (%) | 22,3 | 11,6 | 13,8 | 38,6 | 19,2 | 18,0 |
| Teor de | | | | | | |
| — Lignina (%) | 17,9 | 25,8 | 28,0 | 23,7 | 27,8 | 29,0 |
| — Pentosanas (%) | 13,4 | 12,6 | 13,2 | 11,8 | 13,0 | 12,2 |
| — Cinzas (%) | 4,10 | 0,34 | 0,32 | 3,02 | 0,45 | 0,29 |

QUADRO VII — Características médias da madeira e disco integrais de árvores sadias e doentes de eucalipto, com 5 anos de idade.

| Material | Sadio | | Doente | |
|--|----------------|------------------|----------------|------------------|
| | Disco Integral | Madeira Integral | Disco Integral | Madeira Integral |
| Madeira | | | | |
| Proporção em peso (%) | 100,00 | 88,9 | 100,0 | 93,6 |
| Densidade básica (g/cm ³) | 0,473 | 0,494 | 0,520 | 0,529 |
| Comprimento das fibras (μ) | 0,806 | 0,796 | 0,740 | 0,746 |
| Largura das fibras (μ) | 16,1 | 16,0 | 15,3 | 15,1 |
| Diâmetro do lúmen das fibras (μ) | 11,1 | 10,9 | 11,0 | 10,9 |
| Espessura da parede das fibras (μ) | 2,5 | 2,6 | 2,2 | 2,1 |
| Índice de Runkel das fibras | 0,450 | 0,477 | 0,384 | 0,385 |
| Índice de enfieltramento das fibras | 50,1 | 49,8 | 48,4 | 49,4 |
| Coefficiente de flexibilidade das fibras (%) | 68,9 | 68,1 | 71,9 | 72,2 |
| Fração parede das fibras (%) | 31,0 | 32,5 | 28,8 | 27,2 |
| Comprimento dos vasos (mm) | — | 0,304 | — | 0,254 |
| Largura dos vasos (mm) | — | 0,111 | — | 0,108 |
| Índice de enfieltramento dos vasos | — | 2,7 | — | 2,4 |
| Teor de vasos (%) | — | 14 | — | 15 |
| Teor de fibras (%) | — | 70 | — | 69 |
| Teor de parênquima (%) | — | 16 | — | 16 |
| Solubilidade em | | | | |
| — Água quente (%) | 4,30 | 3,1 | 10,0 | 9,5 |
| — Álcool-benzeno (%) | 1,45 | 1,21 | 2,74 | 2,59 |
| — NaOH 1% (%) | 13,7 | 12,6 | 19,8 | 18,5 |
| Teor de | | | | |
| — Lignina (%) | 25,7 | 26,7 | 28,2 | 28,5 |
| — Pentosanas (%) | 12,9 | 12,2 | 12,5 | 17,5 |
| — Cinzas (%) | 0,86 | 0,85 | 0,56 | 0,35 |

QUADRO VIII — Características da casca, das madeiras de cerne e alborno e da madeira e disco integrais de árvores doentes de *Eucalyptus saligna* e *E. grandis*, com 15 anos de idade.

| Espécie | <i>Eucalyptus saligna</i> | | | | | <i>Eucalyptus grandis</i> | | | | |
|--|---------------------------|---------|-------|----------------|------------------|---------------------------|---------|-------|----------------|------------------|
| | Casca | Alborno | Cerne | Disco Integral | Madeira Integral | Casca | Alborno | Cerne | Disco Integral | Madeira Integral |
| Estrutura anatômica | | | | | | | | | | |
| Proporção em peso (%) | 15,5 | 42,9 | 41,6 | 100,0 | 84,5 | 12,1 | 45,9 | 42,0 | 100,0 | 87,9 |
| Densidade básica (g/cm ³) | 0,357 | 0,560 | 0,510 | 0,517 | 0,535 | 0,389 | 0,553 | 0,275 | 0,416 | 0,420 |
| Comprimento das fibras (mm) | 0,830 | 0,968 | 0,828 | 0,895 | 0,898 | 0,739 | 0,738 | 0,658 | 0,704 | 0,700 |
| Largura das fibras (μ) | 18,0 | 14,0 | 15,0 | 15,0 | 14,8 | 22,0 | 14,0 | 13,0 | 15,4 | 14,5 |
| Diâmetro do lúmen das fibras (μ) | 15,0 | 10,2 | 10,6 | 11,1 | 10,4 | 16,4 | 9,2 | 10,6 | 10,6 | 9,9 |
| Espessura da parede das fibras (μ) | 1,5 | 1,9 | 2,2 | 2,0 | 2,3 | 2,8 | 2,4 | 2,2 | 2,4 | 2,3 |
| Índice de Runkel das fibras | 0,200 | 0,373 | 0,415 | 0,360 | 0,423 | 0,342 | 0,322 | 0,415 | 0,453 | 0,463 |
| Índice de enfieltramento das fibras | 48,9 | 69,1 | 55,2 | 59,7 | 60,7 | 33,6 | 32,8 | 43,9 | 45,7 | 48,3 |
| Coefficiente de flexibilidade das fibras (%) | 83,3 | 72,9 | 70,7 | 74,0 | 78,3 | 74,3 | 63,7 | 70,7 | 68,8 | 68,3 |
| Fração parede das fibras (%) | 16,7 | 27,1 | 29,3 | 26,7 | 29,7 | 25,3 | 34,3 | 29,3 | 31,1 | 31,7 |
| Comprimento dos vasos (mm) | — | 0,237 | 0,275 | — | 0,256 | — | 0,301 | 0,152 | — | 0,230 |
| Largura dos vasos (mm) | — | 0,094 | 0,100 | — | 0,096 | — | 0,086 | 0,063 | — | 0,075 |
| Índice de enfieltramento dos vasos | — | 2,5 | 2,8 | — | 2,7 | — | 2,5 | 2,4 | — | 3,1 |
| Teor de vasos (%) | — | 13 | 9 | — | 11 | — | 13 | 11 | — | 12 |
| Teor de fibras (%) | — | 74 | 76 | — | 75 | — | 73 | 77 | — | 75 |
| Teor de parênquima (%) | — | 13 | 15 | — | 14 | — | 14 | 11 | — | 13 |
| Solubilidade em | | | | | | | | | | |
| — Água quente (%) | 26,1 | 9,8 | 5,2 | 10,0 | 7,53 | 17,6 | 5,2 | 6,3 | 7,2 | 5,7 |
| — Álcool-benzeno (%) | 5,65 | 2,44 | 1,54 | 2,56 | 2,00 | 5,79 | 1,28 | 1,75 | 2,02 | 1,10 |
| — NaOH 1% (%) | 31,2 | 25,0 | 20,2 | 23,9 | 22,6 | 36,7 | 14,9 | 14,2 | 17,2 | 14,6 |
| Teor de | | | | | | | | | | |
| — Lignina (%) | 23,3 | 33,4 | 27,7 | 28,4 | 30,6 | 23,9 | 30,8 | 28,8 | 29,1 | 29,8 |
| — Pentosanas (%) | 9,6 | 14,9 | 12,6 | 13,1 | 13,7 | 12,6 | 13,0 | 13,1 | 13,0 | 13,0 |
| — Cinzas (%) | 2,92 | 0,40 | 0,39 | 0,82 | 0,44 | 2,99 | 0,51 | 0,37 | 0,75 | |

cações tanto no cerne como no alburno e o tipo de relação entre cerne e alburno alterava-se. Assim sendo, o cerne de madeira doente era mais abundante que o alburno e sua madeira era menos densa com fibras menores e mais largas. O índice de Runkel e a fração parede das fibras era menor para o cerne. Comprimento e largura dos vasos eram semelhantes para cerne e alburno doentes. O teor de fibras era maior e o de parênquima menor para o cerne. Quimicamente, o cerne da madeira doente possuía maiores teores de extrativos em álcool-benzeno e NaOH 1%, maior teor de lignina e menor teor de cinzas, em relação ao alburno.

5.3.2. Diferenças entre casca e madeira integral do eucalipto

5.3.2.1. Material sadio

Uma comparação entre as características da casca e da madeira integral do eucalipto sadio mostrou que a casca possuía densidade básica menor, fibras mais longas e mais largas, índice de Runkel e fração parede menores e coeficiente de flexibilidade e índice de infiltração maiores. Os extrativos e cinzas eram consideravelmente mais abundantes na casca e o teor de lignina era maior. O teor de pentosanas era ligeiramente maior na casca.

5.3.2.2. Material doente

Para o material doente a casca mostrava menor densidade básica, o comprimento das fibras decrescia bastante e era inferior ao da madeira integral, a largura das fibras e o diâmetro do lúmen eram maiores e os índices de Runkel, enfiltração e a fração parede eram menores. Igualmente, casca da árvore doente possuía consideravelmente maiores teores de extrativos e cinzas e menor teor de lignina.

5.4. Considerações sobre a qualidade das madeiras doentes de *E. saligna* e *E. grandis* de 15 anos de idade

Em razão de amostragem não haver incluído árvores sadias de 15 anos para as duas espécies, comparações

entre as espécies tornam-se prejudicadas, visto que as diferenças podiam ser devidas a uma maior intensidade da doença para uma das espécies.

Entretanto, uma série de observações são novamente aqui repetidas no que diz respeito às principais características da madeira doente. A madeira doente aos 15 anos mostrava também valores extremamente altos para extrativos e lignina e a estrutura anatômica do alburno também se mostrava bastante afetada. Um detalhe bastante evidente no material de *E. grandis* era a baixa densidade do cerne, como conseqüência do estado de deterioração avançado em que se encontrava.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores desejam expressar seus sinceros agradecimentos às seguintes pessoas, que direta ou indiretamente colaboraram para a realização deste trabalho: Dr. Aldo Sani, Dr. Wolodymyr Galat, Dr. Tito da Silva, Dr. Aloir Rodrigues da Silva, Dr. Calvino Mainieri e Dr. João Peres Chimento.

BIBLIOGRAFIA

- Foelkel, C. E. B.; Brasil, M. A. M. & Barrichelo, L. E. G. — Métodos para determinação da densidade básica de cavacos para coníferas e folhosas, IPEF, Piracicaba, 2/3: 65-74, 1971.
- Foelkel, C. E. B. & Barrichelo, L. E. G. — Relações entre características da madeira e propriedades da celulose e papel. O Papel, São Paulo, 36 (9): 49-53, 1975.
- Hodges, C. S.; Reis, M. S. & May, L. C. — Duas enfermidades em plantações de essências florestais exóticas no Brasil. Brasil Florestal 4: 5-12, 1973.
- Hodges, C. S. & Reis, M. S. — A cancer disease of eucalyptus in Brazil caused by *Diaporthe cubensis* Bruner. Brazilian Institute for Forestry Development, Field document n.º 14, 6 p., 1976.
- Kruger, T. L.; Caneva, R. A. & Cardoso, C. O. N. — Nota sobre ocorrência do cancro do tronco em eucalipto. IPEF, Piracicaba, 6: 61-3, 2 Figuras, 1973.

ASSINE SILVICULTURA

Informações com a
Sociedade Brasileira de Silvicultura
Rua Conselheiro Crispiniano, 344/4.º/410
Tel.: 36-6834 — São Paulo — Sp. Cep.

SILVICULTURA

Sumário

POLÍTICA FLORESTAL:

Aspectos Econômicos e Ecológicos

Joaquim F. de Carvalho considera que a utilização das florestas deve ser regida por uma política integrada entre governo e setor privado.

14

FLORESTA AMAZÔNICA:

Equilíbrio entre Utilização e Conservação

Paulo de Tarso Alvim critica a forma de aproveitamento das florestas tropicais, comprometendo sua futura utilização. E propõe algumas culturas adequadas para o solo amazônico.

30

A DEVASTAÇÃO FLORESTAL NO PARANÁ

Uma análise de Gerhard Stohr e Jorge Malinowski sobre o acelerado desmatamento paranaense e suas consequências.

36

LEGISLAÇÃO SOBRE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO

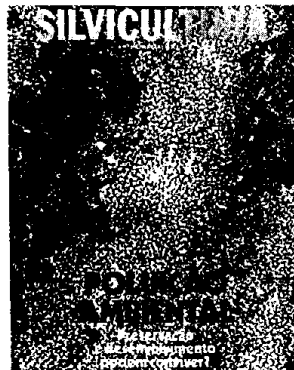
Os autores G. B. Wetterberg e Sonia Maria Pereira mostram como elaborar um projeto sobre unidades de conservação: desde os objetivos, procedimentos, até a aplicação da lei.

43

A QUALIDADE DO EUCALIPTO

Celso Foelkel, Ceslavas Zvinakevicius e José Mendonça de Andrade estudam o cancro do eucalipto e seus efeitos na qualidade da madeira.

53



POLUIÇÃO AMBIENTAL

A busca de uma legislação coerente que preserve o meio ambiente sem comprometer o desenvolvimento. Neste artigo, além dos problemas, estudos efetuados e soluções, gente do povo opina sobre como compatibilizar desenvolvimento com poluição.

Capa: arte de
Elizeu A. Padilha

21

SEÇÕES

| | |
|-------------|----|
| Cartas | 2 |
| Editorial | 5 |
| Atualidades | 6 |
| Legislação | 47 |